

БЛЮМ Р.Я.<sup>1,2✉</sup>, ЛАНТУХ Г.В.<sup>2</sup>, ГОЛУБЕЦЬ О.В.<sup>3</sup>, РАХМЕТОВА С.О.<sup>4</sup>, ЄМЕЦЬ А.І.<sup>2</sup>, РАХМЕТОВ Д.Б.<sup>4</sup>, БЛЮМ Я.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

Україна, 03022, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 2, e-mail: blume.rostislav@gmail.com

<sup>2</sup> Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України,

Україна, 04123, м. Київ, вул. Осиповського, 2а, e-mail: cellbio@cellbio.freenet.viaduk.net

<sup>3</sup> ДП «Укрметртестстандарт»,

Україна, 02000, м. Київ, вул. Метрологічна, 4

<sup>4</sup> Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України,

Україна, 01014, м. Київ, вул. Тимирязєвська, 1, e-mail: jamal\_r@bigmir.net

✉ blume.rostislav@gmail.com

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ОСОБЛИВОСТЕЙ СКЛАДУ ОЛІЇ З НАСІННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ТА ЇЇ ВРОЖАЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЯК НОВОЇ ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

**Мета.** На сьогодні в більшості країн Європи, в тому числі й в Україні, основним джерелом олії для виробництва дизельного біопалива є ріпак. Однак останнім часом все більшу увагу привертають менш поширені олійні культури, зокрема представники родини Хрестоцвіті, що можуть стати сировиною для виробництва біодизелю. Нами було досліджено селекційні форми та сорти редьки олійної (*Raphanus sativus* var. *oleifera*), створені у відділі нових культур Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України за участю ДУ «Інституту харчової біотехнології та геноміки НАН України». **Результати.** У ході проведених досліджень визначено урожайність насіння (сягає 3440 кг/га у сорту Кияночка), вміст олії (30–42%) та енергетичну цінність (8847–9306 ккал/кг) залежно від формових та сортових особливостей редьки олійної. За результатами хроматографічного аналізу встановлено, що досліджені зразки редьки олійної містять значну кількість олеїнової (18:1) кислоти – до 37,89% у сорту Кияночка; та значну кількість ерукової (22:1) та лінолевої (18:2) – до 17,3% та до 17,04% відповідно у селекційної форми ЕОРДОФ-8. Отримано пробну партію дизельного біопалива з олії насіння сорту Кияночка, що відповідає усім нормам ДСТУ для дизпалива. **Висновки.** Зразки редьки олійної вирізняються високим вмістом олеїнової (18:1) кислоти – до 46,92%, а також більшим вмістом такої поліненасиченої жирної кислоти з коротким ланцюгом, як лінолева (18:2) – до 21,17%.

**Ключові слова:** редька олійна, жирні кислоти, біодизель.

Однією з найважливіших світових проблем за останні майже півстоліття стало питання пошуку дешевої та якісної альтернативи викопному паливу. У короткостроковій перспективі такою перевіреною альтернативою традиційним видам палива, які отримуються з нафти, є біопаливо. Після стрімкого росту протягом останнього десятиріччя світова індустрія біопалива ввійшла в нову епоху, для якої характерним є стійкий розвиток, гнучкий зворотний зв'язок зі споживачем та безпечність продукції. Русійними факторами розповсюдження біопалива, як одного з відновлювальних джерел енергії, є загрози, пов'язані з енергетичною безпекою, змінами клімату та економічним спадом [1].

Загалом світове розширення виробництва біопалива сприяє збільшенню частки споживання екологічно чистого палива, особливо на транспорті, зниженню залежності багатьох країн від імпорту нафти, зниженню викидів парникових газів та розвитку економіки. Оскільки в ході Паризького саміту в 2015 р. більшість розвинених країн продовжили обраний шлях на збереження довкілля та зменшення кількості викидів до атмосфери, то можна з впевненістю стверджувати, що інтерес до відновлювальних джерел енергії лише посилиться і, перш за все, до рідких біопалив, зокрема біодизелю [2]. Збільшення ринку споживання біодизелю забезпечи-

---

© БЛЮМ Р.Я., ЛАНТУХ Г.В., ГОЛУБЕЦЬ О.В., РАХМЕТОВА С.О., ЄМЕЦЬ А.І., РАХМЕТОВ Д.Б., БЛЮМ Я.Б.

ло б суттєвий внесок у вирішення проблеми надмірної кількості викидів парникових газів та інших забруднювачів до атмосфери [3–5].

На жаль, на сьогодні обсяги виробництва біопалив, зокрема біодизелю, не в змозі задовольнити зростаючі потреби людства в рідких паливах. Це зумовлено низкою певних проблем, головними шляхами розв'язання яких є пошук високопродуктивної дешевої сировини, нових технологічних рішень та достатніх інвестицій. Саме тому забезпечення власним паливом із відновлювальних джерел, зокрема дизельним біопаливом, є одним із найважливіших стратегічних завдань сучасної України, особливо з урахуванням нинішнього курсу на енергетичну незалежність [6, 7].

На сьогодні запропоновано різноманітні технологічні варіанти отримання біодизелю з рослинної сировини. В більшості країн Європи, в тому числі й в Україні, основним джерелом олії для виробництва дизельного біопалива є ріпак [8]. Однак, окрім традиційних сільськогосподарських рослин, на більшу увагу заслуговують й інші, менш поширені олійні культури [9–14]. Раніше нами було проведено комплексну оцінку форм та сортів рижю посівного (*Camelina sativa*), тифону (*Brassica campestris* f. *biennis* × *B. rapa* L.), редьки олійної (*Raphanus sativus* var. *oleifera* L.) і суріпиці ярої та озимої (*B. campestris* f. *annua*, f. *biennis*) [15]. Ці культури з родини Хрестоцвітих можуть використовуватися як високопродуктивне джерело олії для виробництва компонентів дизельного біопалива. Редька олійна є однією з культур, яка завдяки своєму цінному жирнокислотному складу олії насіння та високій продуктивності заслуговує на окрему увагу [16–18]. Саме тому метою нашої роботи стало проведення більш детальної оцінки біохімічних особливостей складу олії насіння та врожайного потенціалу редьки олійної (*Raphanus sativus* var. *oleifera* L.), над селекційними формами якої було продовжено роботу в Національному ботанічному саду (НБС) ім. М.М. Гришка НАН України.

### Матеріали і методи

Для досліджень було використано насіння селекційних форм та сортів редьки олійної (*Raphanus sativus* var. *oleifera* L.), створених у відділі нових культур Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України за участю ДУ «Інституту харчової біотехнології та генетики НАН України». Редька олійна була пред-

ставлена формами ЕОРДОФЛ-2, ЕОРДОФЛ-3, ЕОРДОФ-5, ЕОРДОФ-6, ЕОРДОФ-8 та сортами Кияночка, Тамбовчанка та Райдуга-ФОЛ.

Ліпіди досліджуваних зразків одержували за допомогою ручного преса «ПРОМ-1». Вміст ліпідів визначали за масою сухого знежиреного залишку на апараті «Сокслета». Визначення енергетичної цінності олії здійснювали за допомогою калориметра «ИСО 200».

Визначення жирнокислотного складу олії насіння зазначених форм та сортів здійснювали за допомогою методу газорідинної хроматографії. Хроматографічний аналіз проводили на газорідинному хроматографі GC-2014 («Шимадзу», Японія), (колонка Stabil faks, L=50 м; FFAP, 0,50-0,32 мм). Як газ-носії використовували азот. Кислоти ідентифікували шляхом порівняння отриманих хроматограм метилових естерів кислот у гексані з хроматограмами стандартних розчинів метилових естерів жирних кислот C<sub>6</sub>–C<sub>24</sub>.

### Результати та обговорення

На першому етапі досліджень нами було здійснено оцінку продуктивного потенціалу редьки олійної. Зокрема, у табл. 1 наведено дані щодо вмісту олії у насінні редьки та її загального виходу з урожаєм у досліджуваних генотипів. Редька олійна – одна з ярих культур, яка представляє значну перспективу для кліматичних умов України [17]. Вона є досить холодостійкою рослиною, її насіння починає проростати за температури плюс 1–2°C, а сходи переносять приморозки до мінус 4–5°C. У багатьох випадках вегетуючі рослини витримують не лише короточасні приморозки, а й тривалі зниження температури до -3°C [15, 18]. Різні форми та сорти редьки олійної мають високий потенціал урожайності насіння, який у досліджуваних зразків складав від 2640 до 3440 кг/га. Залежно від формового та сортового різноманіття редьки олійної вміст олії в її насінні коливається від 30% до 42%.

Високий вміст олії в насінні та відповідна урожайність дозволяють отримувати значний вихід олії з одиниці площі – від 874 до 1291 кг/га. Високим вмістом олії в насінні вирізняються сорти Либідь та Тамбовчанка, а також форма ЕОРДОФ-8; виходом олії – ті ж самі сорти та форма ЕОРДОФ-8. Теплоємність олії редьки залежить від формових і сортових особливостей рослин та змінюється від 8847 до 9306 ккал/кг. Завдяки високому виходу олії та її ка-

лорійності забезпечується високий вихід енергії з одиниці площі: від 7,16 до 13,45 Гкал/га.

Окрім олійної продуктивності, ще одним визначальним фактором для виробництва компонентів дизельного біопалива є хімічний склад, власне, самої рослинної олії, який суттєво впливає на якість кінцевого продукту. Тому нами було проведено порівняльний аналіз жирнокислотного складу олії з насіння різних форм та сортів редьки олійної власної селекції (табл. 2).

Перш за все, варто відзначити високий вміст таких важливих мононенасичених жирних кислот, як олеїнова (18:1) та ерукова (22:1), що знаходяться в межах від 32,45% до 37,89% та від 13,06% до 17,3% відповідно. Найвищими значеннями вмісту олеїнової кислоти характеризуються сорти Кияночка (37,89%), Райдуга-ФЛ (37,33%) та сортозразок ЕОРДОФ-6 (37,14%), а найбільше ерукової кислоти в олії містять селекційні форми ЕОРДОФЛ-2 (16,33%), ЕОРДОФЛ-3 (16,7%) та ЕОРДОФ-8 (17,3%). Варто також відзначити вміст таких поліненасичених жирних кислот, які можуть суттєво впливати на окисну стабільність олії, як лінолева (18:2) та ліноленова (18:3). Найбільша їхня кількість міститься в ЕОРДОФ-8 (17,04%) та ЕОРДОФЛ-3 (12,74%) відповідно. Також олія містить значну кількість такої рідкісної кислоти, як нервонова (24:1) у кількості 1,38–1,73%. Серед мононенасичених жирних кислот, що містяться в зразках у значній кількості, можна виділити гондоїнову (20:1) кислоту, яка наявна в межах 9,18–10,36%. Також жирнокислотний склад олії редьки олійної характеризується високим вмістом мононенасичених жирних кислот – до 65,32% у сорту Кияночка – та відносно невеликим вмістом насичених жирних кислот (у межах 9,02–10,71%).

Як відомо, залежно від якісних характеристик олії можливі різні напрями її використання, зокрема отримання етилових або метилових естерів жирних кислот, що можуть виступати в якості автомобільного дизельного палива та навіть у якості добавки до авіаційного палива. Довжина ланцюга вуглеводнів, що застосовуються як авіаційне паливо, складає  $C_{12}$ – $C_{21}$ , в той час як у дизельного палива –  $C_{16}$ – $C_{25}$ . Саме тому олії з вищим вмістом жирних кислот із коротким ланцюгом (значення  $C$  не перевищує 18-ти) краще підходять для використання у суміші з більш легкими видами пального (авіагас), а високий вміст таких жирних кислот, як ерукової, найбільш позитивно відображається на якості саме

важчих видів палива (дизельне пальне). Таким чином, найбільш універсальним буде дизельне біопаливо, отримане з легких жирних кислот із меншою довжиною карбонового ланцюга – не більше  $C_{18}$ . Також вміст естерів моно- та поліненасичених жирних кислот у пальному зумовлює його вищу стійкість до низьких температур. Такі палива мають нижчу точку загустіння, тому можуть бути придатними для використання за несприятливих температурних режимів. Ці переваги забезпечуються завдяки присутності у першу чергу олеїнової (18:1), лінолевої (18:2), а особливо ліноленової (18:3) жирних кислот. Однак варто звернути увагу й на те, що високий вміст поліненасичених жирних кислот зменшує окисну стабільність як сировини, так і продукту, що може значно скоротити строк зберігання компонентів дизельного палива або вимагатиме спеціальних умов для зберігання [4, 8, 9].

Таким чином, на основі оцінки жирнокислотного складу олії можна підсумувати, що найбільш універсальним буде дизельне біопаливо, отримане з легких жирних кислот із меншою довжиною карбонового ланцюга – не більше  $C_{18}$ . Крім того, вміст естерів поліненасичених жирних кислот (олеїнової (18:1), лінолевої (18:2), ліноленової (18:3)) у пальному зумовлює його нижчу окисну стабільність, але вищу стійкість до низьких температур, тобто такі палива мають нижчу точку загустіння, тому можуть бути придатними для використання за несприятливих температурних режимів [5].

Враховуючи описані вище вимоги до олійної сировини для виробництва біопалива, нами було виділено такі сорти та селекційні форми: найвищим вмістом ерукової кислоти характеризується форма ЕОРДОФ-8 (17,3%), олеїнової – ЕОРДОФ-6 (37,14%), сорти Кияночка (37,89%) та Райдуга-ФЛ (37,33%); найвищим вмістом коротколанцюгових жирних кислот – Райдуга-ФЛ (73,49%); найвищим вмістом мононенасичених жирних кислот – Кияночка (65,36%), найнижчим вмістом поліненасичених жирних кислот – також сорт Кияночка (24,7%).

З огляду на високий продуктивний потенціал (найвища урожайність насіння – 3440 кг/га і найвищий вміст олії у насінні – 42%) та ряд виявлених у ході біохімічного аналізу таких переваг, як найвищий вміст олеїнової кислоти (37,89%), достатньо високий вміст коротколанцюгових жирних кислот (70,31%), найвищий загальний вміст мононенасичених жирних кислот (65,36%) та найнижчий вміст поліненасиче-

них жирних кислот (24,7%), для отримання про-  
бної партії дизельного біопалива нами було об-  
рано сорт Кияночка. Отриманий зразок відпові-

дав нормам ДСТУ для дизпалива (табл. 3), зок-  
рема мав значно нижчу масову частку сірки –  
0,015% (норма – не більше 0,05%).

Таблиця 1. Вихід олії з насіння різних форм та сортів редьки олійної та їх енергетична цін-  
ність

Форма, сорт суріпиці озимої	Урожайність насіння, кг/га	Вміст ліпідів у насінні, %	Вихід олії з насіння, кг/га	Енергетична цінність олії, ккал/кг	Вихід енергії з олії, Гкал/га
ЕОРДОФЛ-2	2640	30	792	9037	7,16
ЕОРДОФЛ-3	2720	35	952	9014	8,58
ЕОРДОФ-5	2880	36	1037	9175	9,51
ЕОРДОФ-6	3040	37	1125	9081	10,21
ЕОРДОФ-8	3320	41	1361	8847	12,04
ЕОРДОФ-НАУ	2800	37	1036	9060	9,39
Радуга-ФОЛ	3120	37	1154	9123	10,53
Тамбовчанка	3160	40	1264	9202	11,63
Кияночка	3440	42	1445	9306	13,45

Таблиця 2. Жирнокислотний склад олії з насіння різних селекційних форм та сортів редьки  
олійної

№ з/п	Жирні кислоти	Тривіальна назва кислоти	ЕОРДОФЛ-2	ЕОРДОФЛ-3	ЕОРДОФ-5	ЕОРДОФ-6	ЕОРДОФ-8	Кияночка	Радуга- ФОЛ	Тамбовчан- ка
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	C 14:0	Міристинова	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08
2	C 16:0	Пальмітинова	5,49	5,16	5,42	5,59	5,42	5,59	5,58	5,46
3	C 16:1	Пальмітолейнова	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14	0,16	0,13	0,14
4	C 17:0	Маргарінова	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
5	C 17:1	Гептадецена	0,03	0,03	—	—	0,03	0,04	0,03	—
6	C 18:0	Стеаринова	2,08	2,07	2,25	2,23	2	2,3	2,84	2,59
7	C 18:1	Олеїнова	33,86	33,84	36,64	37,14	32,45	37,89	37,33	33,54
8	C 18:2	Лінолева	16,93	15,93	15,8	16,51	17,04	14,14	16,92	16,57
9	C 18:3	Ліноленова	11,94	12,74	10,92	10,73	11,54	10,07	10,54	11,92
10	C 20:0	Арахінова	0,81	0,8	0,85	0,8	0,79	0,96	1,06	1,03
11	C 20:1	Гондоїнова	9,85	9,87	9,84	9,62	9,84	10,36	9,32	9,18
12	C 20:2	Ейкозадієнова	0,42	0,43	0,38	0,38	0,45	0,32	0,39	0,43
13	C 20:3	Ейкозатрієнова	0,11	0,12	0,1	0,09	0,11	0,09	0,08	0,1
14	C 22:0	Бегенова	0,36	0,36	0,37	0,34	0,37	0,44	0,48	0,51
15	C 22:1	Ерукова	16,33	16,7	14,98	13,81	17,3	15,48	13,06	15,94
16	C 22:2	Докозадієнова	0,1	0,11	0,09	0,09	0,12	0,08	0,09	0,11
17	C 24:0	Лігноцерінова	0,51	0,52	0,53	0,51	0,52	0,55	0,63	0,67
18	C 24:1	Нервонова	1,63	1,7	1,57	1,57	1,73	1,43	1,38	1,65
Сума насичених жирних кислот			9,36	9,02	9,53	9,58	9,2	9,96	10,71	10,38
Сума мононенасичених жирних кислот			61,85	62,28	63,17	62,29	61,49	65,36	61,25	60,45
Сума поліненасичених жирних кислот			29,5	29,33	27,29	27,8	29,26	24,7	28,02	29,13
Сума жирних кислот з ланцюгом C<18			70,59	70,02	71,28	72,46	68,72	70,31	73,49	70,34

Таблиця 3. Результати випробовувань отриманої партії біодизелю у порівнянні з нормами ДСТУ для дизельного палива

№ з/п	Назва показника	Норма за ДСТУ на дизпаливо	Отриманий зразок біодизелю
1	Цетанове число	Не менше 45	48,0
2	Масова частка сірки, %	Не більше 0,05	0,015
3	Вміст сірководню	Відсутній	Відсутній
4	Випробування на мідній пластинці	Витримує	Витримує
5	Зольність, %	Не більше 0,01	0,005

### Висновки

У ході проведених досліджень визначено урожайність насіння, вміст олії та її енергетичну цінність залежно від формових та сортових особливостей редьки олійної (*Raphanus sativus var. oleifera L.*) селекції Національного ботанічного саду ім. М.М.Гришка НАН України. Встановлено, що енергетична цінність олії досліджуваних зразків знаходиться в межах 8847–9306 ккал/кг, урожайність насіння сягає 3440 кг/га (сорт Кияночка). Вміст олії у насінні сягає 42% також у сорту Кияночка. Відібрано генотипи з найбільшою продуктивністю за виходом олії на одиницю площі: сорт Тамбовчанка (1264 кг/га), форма ЕОРДОФ-8 (1361 кг/га) та сорт Кияночка (1445 кг/га).

За результатами хроматографічного аналізу встановлено, що досліджені зразки редьки олійної містять значну кількість олеїнової (18:1) кислоти – до 37,89% у сорту Кияночка; та значну кількість ерукової (22:1) та лінолевої (18:2) – до 17,3% та до 17,04% відповідно – у селекційної форми ЕОРДОФ-8. Зразки редьки олійної вирізняються високим вмістом олеїнової (18:1) кислоти – до 46,92%, а також більшим вмістом такої поліненасиченої жирної кислоти з коротким ланцюгом, як лінолева (18:2), – до 21,17%.

Встановлено, що у зразках олії з насіння сорту Кияночка наявна найбільша кількість мононенасичених жирних кислот – 65,36% та найменша кількість поліненасичених жирних кислот – 24,7%. Найбільшу кількість кислот із карбоновим ланцюгом (коротшим за 18) відмічено у сорту Райдуга-ФОЛ – 73,49%. Вміст насичених жирних кислот у досліджених нами зразках змінюється у межах від 9,02% до 10,71%.

### Література

1. Обзор мирового рынка биотоплива. Технологии и прогнозы. URL: <http://vsegdavkurse.ru/page/obzor-mirovogo-rynka-biotopliva> (дата звернення: 11.03.2018).
2. OECD/FAO Biofuels. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015. Paris: *OECD Publ.*, 2015. doi: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-13-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-13-en).

Отримано пробну партію дизельного біопалива з олії насіння сорту Кияночка, який було відібрано з урахуванням таких показників, як врожайність, продуктивність олії та особливості жирнокислотного складу. Сорт Кияночка вирізняється найвищим вмістом олії у насінні (42%), її високим виходом на одиницю площі (1445 кг/га) та найоптимальнішим жирнокислотним складом для отримання легких видів дизельного біопалива: найвищий вміст олеїнової (18:1) кислоти – 37,89%, високий вміст коротколанцюгових жирних кислот – 70,31%, найнижчий вміст поліненасичених жирних кислот – 24,7% та найвищий вміст мононенасичених жирних кислот – 65,36%. Отриманий зразок палива відповідає усім нормам ДСТУ для дизпалива: витримує випробування на мідній пластинці, не містить сірководню, має достатнє метанове число – 48, має низьку зольність 0,005% та містить незначну кількість сірки – 0,015% (за вимоги 0,05%). Передбачається, що отримане паливо може використовуватись у якості добавки до авіаційного палива, оскільки не матиме проблем із використанням за несприятливих температурних режимів (матиме вищу точку запуску) та буде мати достатньо високу окисну стабільність у порівнянні з іншими дослідженими зразками.

*Робота виконувалася за підтримки проекту «Комплексна оцінка продуктивних характеристик ризію як енергетичної сировини для виробництва компонентів дизельного біопалива у порівнянні з іншими олійними хрестоцвітими культурами» цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з розроблення наукових засад раціонального використання природно-ресурсного потенціалу та сталого розвитку (2015–19 рр.).*

3. Ebinger C.K. Transforming the global energy environment. URL: <http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Reports/2015/11/16-paris-climate-talks/transforming-the-global-energy-environment-ebinger.pdf?la=en> (дата звернення: 11.03.2018)..
4. Kumar N., Varun, Chauhan S.R. Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins: A review. *Renew. Sust. Energy Rev.* 2013. Vol. 21. P. 633–658.
5. Verma P., Sharma M.P. Performance and emission characteristics of biodiesel fuelled diesel engines. *Int. J. Renew. Energy Res.* 2015. Vol. 5 (1). P. 245–250.
6. Кушнір І.В. Перспективи розвитку виробництва біодизелю в Україні. *Зб. наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки.* 2011. № 1 (48). С. 41–45.
7. Самойленко А.Г. Перспективи виробництва біодизеля в Україні. *Економіка АПК.* 2008. № 4. С. 72–78.
8. Bereczky Á., Török Á. International literature review on the possibilities of biodiesel production. *Period. Polytech. Transp. Eng.* 2011. Vol. 39 (1). P. 31–37.
9. Atabani A.E., Silitonga A.S., Ong H.C., Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., Badruddin I.A., Fayaz H. Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2013. Vol. 18. P. 211–245.
10. Balat M. Potential alternatives to edible oils for biodiesel production – A review of current work. *Energy Convers. Manag.* 2011. Vol. 52. P. 1479–1492.
11. Wittkop B., Snowdon R.J., Friedt W. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. *Euphytica.* 2009. Vol. 170. P. 131–140.
12. Блюм Я.Б., Григорюк І.П., Дмитрук К.В., Дубровін А.В., Ємець А.І., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Сибірний А.А., Циганков С.П. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив. К.: Аграр Медіа Груп, 2014. 359 с.
13. Ratanapariyanuch K., Clancy J., Emami S., Cutler J., Reaney M.J.T. Physical, chemical, and lubricant properties of *Brassicaceae* oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2013. Vol. 115. P. 1005–1012.
14. Рахметов Д.Б. Роль нових культур у фітоенергетиці України. *Наук. вісн. НАУ.* 2007. № 116. С. 13–20.
15. Блюм Р. Я., Бойчук Ю. М., Ємець А. І., Рахметова С. О., Блюм Я. Б., Рахметов Д. Б. Порівняльна оцінка жирнокислотного складу олій насіння форм та сортів тифону, редьки олійної і рижію як перспективної сировини для отримання біодизелю. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2016. № 18. С. 61–66.
16. Рахметов Д.Б., Вергун О.М., Рахметова С.О., Пашина О.О. Перспективи інтродукції та селекції високоолійних малопоширених рослин – як джерело для біодизеля. *Інтродукція, селекція та захист рослин: матеріали III міжнар. наук. конференції (м. Донецьк, 25–28 вересня 2012 р.).* Донецьк. 2012. С. 104–105.
17. Gumbyte M., Makarevichiene V., Kalenskaia S., Junik A. The possibility of biodiesel production from oily plant oil. *International Journal of Environmental Science and Technology.* 2013. Vol. 7. P. 183–213 (in Lithuanian).
18. Рахметов Д.Б., Андрущенко О.Л., Рахметова С.О., Фіщенко В.В., Блюм Р.Я., Ємець А.І., Грахов В.П., Блюм Я.Б. Редька олійна і тифон – цінні олійні рослини для біопалива. *Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив: матеріали наукової конференції (м., 9–11 вересня 2014 р.).* Київ, 2014. С. 73–82.

## References

1. Review of world biofuel market. Technologies and predictions. URL: <http://vsegdavkurse.ru/page/obzor-mirovogo-rynka-biotopliva> (Last accessed: 11.03.2018) (in Russian).
2. OECD/FAO Biofuels. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015. Paris: *OECD Publ.*, 2015. doi: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-13-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-13-en).
3. Ebinger C.K. Transforming the global energy environment. URL: <http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Reports/2015/11/16-paris-climate-talks/transforming-the-global-energy-environment-ebinger.pdf?la=en> (Last accessed: 11.03.2018).
4. Kumar N., Varun, Chauhan S.R. Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins: A review. *Renew. Sust. Energy Rev.* 2013. Vol. 21. P. 633–658.
5. Verma P., Sharma M.P. Performance and emission characteristics of biodiesel fuelled diesel engines. *Int. J. Renew. Energy Res.* 2015. Vol. 5 (1). P. 245–250.
6. Kushnir I.V. Perspectives of biodiesel production development. *Digest of scientific articles Vinnytsia National Agrarian University. Series: Economy sciences.* 2011. V. 1 (48). P. 41–45 (in Ukrainian).
7. Samoilenko A.G. Perspectives of biodiesel production in Ukraine. *Economics of agro-industrial complex.* 2008. Vol. 4. P. 72–78 (in Ukrainian).
8. Bereczky Á., Török Á. International literature review on the possibilities of biodiesel production. *Period. Polytech. Transp. Eng.* 2011. Vol. 39 (1). P. 31–37.
9. Atabani A.E., Silitonga A.S., Ong H.C., Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., Badruddin I.A., Fayaz H. Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2013. Vol. 18. P. 211–245.
10. Balat M. Potential alternatives to edible oils for biodiesel production – A review of current work. *Energy Convers. Manag.* 2011. Vol. 52. P. 1479–1492.
11. Wittkop B., Snowdon R.J., Friedt W. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. *Euphytica.* 2009. Vol. 170. P. 131–140.

12. Blyum Ya.B., Hruhoryuk I.P., Dmyruk K.V., Dubrovin A.V., Yemets A.I., Kaletnik G.M., Melnychuk M.D., Myronenko V.G., Rakhmetov D.B., Sybirnyy A.A., Tsygankov S.P. System of bioresources usage in new biotechnologies of alternative fuel productio. Kyiv: Agrar Media Group, 2014. 359 p. (in Ukrainian).
13. Ratanapariyanuch K., Clancy J., Emami S., Cutler J., Reaney M.J.T. Physical, chemical, and lubricant properties of *Brassicaceae* oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2013. Vol. 115. P. 1005–1012.
14. Rakhmetov D.B. Role of new cultures in phytoenergetics of Ukraine. *Scientific Bulletin of National Aviation University.* 2007. Vol. 116. P. 13–20 (in Ukrainian).
15. Blyum R.Ya., Boichuk Yu.M., Yemets A.I., Rakhmetova S.O., Blyum Ya.B., Rakhmetov D.B. 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. *Factors in Experimental Evolution of Organisms.* 2016. Vol. 18. P. 61–66 (in Ukrainian).
16. Rakhmetov D.B., Vergun O.M., Rakhmetova S.O., Pashina O.O. Perspectives of introduction and breeding of high-productive uncommon oil cultures – as a biodiesel source. *Introduction, breeding and plant protection: materials of III international scientific conference* (Donetsk, 25–28 September, 2012). Donetsk, 2012. P. 104–105 (in Ukrainian).
17. Gumbyte M., Makarevichiene V., Kalenskaya S., Junik A. The possibility of biodiesel production from oily plant oil. *International Journal of Environmental Science and Technology.* 2013. Vol. 7. P. 183–213 (in Lithuanian).
18. Rakhmetov D.B., Andrushchenko O.L., Rakhmetova S.O., Fishchenko V.V., Blyum R.Ya., Yemets A.I., Grahov V.P., Blyum Ya.B. Oil radish and tyfon – valuable oil plants for biofuel. *Biological resources and new biotechnologies of biofuel production: materials of scientific conference* (Kyiv, 9–11 September, 2014). 2014. P. 73–82 (in Ukrainian).

**BLUME R.Ya.<sup>1,2</sup>, LANTUKH G.V.<sup>2</sup>, HOLUBETS O.V.<sup>3</sup>, RAKHMETOVA S.O.<sup>4</sup>, YEMETS A.I.<sup>2</sup>, RAKHMETOV D.B.<sup>4</sup>, BLUME Ya.B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine, 03022, Kyiv, Akademika Glushkova ave., 2, e-mail: blume.rostislav@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Food Biotechnology and Genomics NAS of Ukraine, Ukraine, 04123, Kyiv, Osypovskogo str., 2a, e-mail: cellbio@cellbio.freenet.viaduk.net

<sup>3</sup> SE "Ukrmetrteststandart",

Ukraine, 02000, Kyiv, Metrolohichna str., 4

<sup>4</sup> M.M. Gryshko National Botanical Garden Natl. Acad. Sci. of Ukraine, Ukraine, 01014, Kyiv, Tymiryazevska str., 1, e-mail: jamal\_r@bigmir.net

## **INTEGRATED EVALUATION OF SEED OIL COMPOSITION AND YIELD POTENTIAL OF OIL RADISH AS NEW HIGH-PRODUCTIVE BIODIESEL SOURCE**

**Aim.** Main aim of this research was a comparison of fatty acid composition for seed oils from oil radish breeding forms and varieties produced in Natl. Botanical Garden of Natl. Academy of Sciences of Ukraine. **Methods.** Biochemical analysis of oil content as well as chromatographic analysis of fatty acid composition of oil radish and its genotypes were conducted out. **Results.** Oil content in seeds of oil radish (*Raphanus var. oleifera sativus* L.) was determined. The highest oil content was indicated for variety Kyyanochka – 42 %. Basing on chromatographic analysis of fatty acids of oil radish genotypes most optimal fatty acid composition for biodiesel production was identified in Kyyanochka variety due to high content of short-chained and monounsaturated fatty acids and highest oleic (18:1) acid content – 37.89 %. **Conclusions.** Taking in account results of chromatographic analysis and agronomic productivity the best genotype for biodiesel production were identified: variety Kyyanochka. Chosen genotype could be used for production of light types of biofuel which have potential to be used as additive for aviation fuel according to the optimal fatty acid composition **Keywords:** Brassicaceae, oil radish, varieties, breeding forms, oil, fatty acids, biodiesel production.