

ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ
ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА
FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

УДК 633.8:581.522.4:581.14

© О. З. Глухов, Т. Ю. Жаворонкова
БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР ПРИ ІНТРОДУКЦІЇ
НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ

Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр-т Ілліча, 110
e-mail: donetsk-dbs@mail.ru

Глухов О. З., Жаворонкова Т. Ю. Біологічні особливості технічних культур при інтродукції на південному сході України. – Наведено результати досліджень щодо фенологічних спостережень за ростом та розвитком *Oenothera biennis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn. та *Carthamus tinctorius* L., надано оцінку успішності їх інтродукції, урожайності насіння та вмісту рослинних жирів у природно-кліматичних умовах південного сходу України.

Ключові слова: біопаливо, біодизель, технічні культури, ріст, розвиток, насіння, врожайність.

Вступ

Погіршення екологічного стану, зростання світових цін на традиційні види палива та підвищення залежності більшості країн від їх імпорту сприяє пошуку альтернативних джерел енергії. На думку вчених, найбільш перспективною альтернативою мінеральному паливу є біопаливо (будь-яке паливо з 80% вмістом матеріалів, отриманих від живих організмів після переробки їх біомаси). В енергетичних цілях можна використовувати біомасу безпосередньо для її спалювання (деревина, солома, рослинні залишки сільськогосподарського виробництва, гній, органічна частина твердих побутових відходів та іноді торф), а також у переробленому вигляді як рідке (біодизель, з ефірів рослинної олії, біоетанол, на основі спиртів) або газоподібне (біогаз – газова суміш, основним компонентом якої є метан) паливо [1-2]. Із біомаси в світі щороку отримують близько 2 млрд. т умовного палива, що складає близько 14% від загальної потреби в енергоносіях. Вклад біомаси в загальний енергобаланс Євросоюзу в 2004 р. складав 3,6%, а до 2010 р. його планується підвищити до 12%. У Фінляндії біопаливо покриває 19,6% від загальної потреби первинної енергії, в Швеції – 16,1%, в Австрії – 11%, в Данії – 10,3%, в Польщі – 4,5%, в Німеччині – 2,1% і т. д. Значних успіхів досягли Латвія (28%), Естонія (10,5%), Литва (7,6%) [2-3]. Сировиною для виробництва біопалива залежно від регіону виступають соя, ріпак, пшениця, кукурудза, цукрові буряки (США, Європа), цукрова тростина (Бразилія), пальмова, касторова, кокосова олії (Південно-Східна Азія), ятрофа (Індія) [1-3].

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування культур з високим рівнем накопичення енергії біомаси під час вегетації [1-2].

На сьогодні для України одним з найбільш перспективних видів біопалива вважається біодизель на основі рапсової олії, посівні площі якого збільшуються з кожним роком, при цьому середня врожайність насіння сильно коливається залежно від природно-кліматичних умов регіону та року вирощування як в Україні (від 6,6 до 16,3), так і в світі в цілому [4-6]. За програмою розвитку ріпаківництва в Україні на 2008-2015 рр., що була затверджена у лютому 2006 р., планується розширення посівних площ по всій Україні до 2000 тис. га, а також подальше збільшення валового збору за рахунок підвищення врожайності з 11,14 ц/га (середня за 10 р.) до 30 ц/га, що прирівнюється до показників середньоевропейської врожайності цієї культури [6].

Південний схід України є зоною нестійкого землеробства. Регіон характеризується складними природно-кліматичними умовами для ведення сільського господарства, що виявляється в різкому коливанні температур при незначній кількості опадів влітку, а також у чергуванні відлиг і льодяної кірки, різкому зниженні температури з незначним сніговим покривом взимку, тому вирощування *Brassica napus* var. *oleifera* DC. є проблематичним [7].

Тому для вирішення проблеми біодизеля на південному сході України необхідно вести пошук пристосованих видів рослин, що мають високі показники врожайності насіння та вмісту рослинних жирів для виробництва економічно вигідного біопалива.

Мета дослідження – на основі досліджень біологічних особливостей технічних культур розглянути перспективність розширення асортименту видів, що можуть використовуватися як сировина для виробництва біодизеля на південному сході України.

Матеріал та методи дослідження

На базі Донецького ботанічного саду (ДБС) НАН України у 2008 р. було закладено колекцію технічних культур, яка нараховує 63 види, 26 сортів і 4 гібриди, які відносяться до 43 родів та 15 родин. Найбільш представлені родини: *Brassicaceae* (41 зразок, 17 видів, 10 сортів і 3 гібриди), *Linaceae* (23 зразки, 6 видів, 15 сортів), *Asteraceae* (18 зразків, 6 видів і 1 сорт). Дослідні ділянки на території ДБС НАН України розташовані на висоті 235 м над рівнем моря, з середньорічною кількістю опадів за рік 400-500 мм, середнім багаторічним числом днів з опадами 140, кількістю днів із відносною вологістю повітря нижче 30-40% близько 80-125 днів, абсолютною максимальною температурою повітря +40,5°C, мінімальною – -38,5°C. Клімат помірно-континентальний, ґрунти – чорноземи звичайні на лісовидному суглинку. Агротехніка в досліді загальноприйнята для цієї групи рослин, зрошування рослин не проводилося.

До колекції технічних культур були залучені традиційні олійні культури (*Brassica napus var. oleifera* DC. f. *annua* Metzg., *B. napus var. oleifera* DC f. *biennis* Metzg., *Brassica juncea* (L.) Czern., *Camelina glabrata* Zing. (DC.), *Sinapis alba* L., *Ricinus communis* L.), культури комплексного використання, що дають олію як побічний продукт (*Linum usitatissimum* L., *Carthamus tinctorius* L.), культивовані рослини України, які мають значний вміст жирів у насінні, але не використовуються як олійні (*Salvia sclarea* L., *Coriandrum sativum* L., *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn., *Foeniculum vulgare* Mill., *Carum carvi* L., *Raphanus sativus var. oleifera* L.) та деякі дикорослі види, рекомендовані для первинного випробування в культурі (*Crambe pontica* Stev., *C. cordifolia* Stev., *Oenothera biennis* L.) [8].

За даними дослідницької компанії "Abercade", при добірї нових технічних культур як сировини для виробництва біодизеля потрібно відбирати рослини, жирнокислотний склад олії яких має максимальний вміст олеїнової кислоти та мінімальні значення ліноленової, пальмітинової і стеаринової кислот [9].

Вивчення розвитку рослин велися за методиками фенологічних спостережень, що прийняті в ботанічних садах [10], насіннева продуктивність – за І. В. Вайнагієм [11], вміст рослинних жирів – за Рушковським [12], польові дослідження – за Б. А. Доспеховим [13], якість насіння – за І. Г. Леурда, Л. В. Белинских [14]. Контролем у досліді з одно- та дворічними культурами були *Brassica napus var. oleifera* DC. із відповідним циклом розвитку.

Результати та обговорення

Отримані дані показали, що серед досліджених технічних культур найбільш перспективними за показниками врожайності насіння, оцінкою успішності інтродукції, вмістом та жирнокислотним складом рослинних жирів є *Oenothera biennis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn. та *Carthamus tinctorius* L.

Oenothera biennis L. (енотера дворічна) – трав'янистий полікарпик із родини *Onagraceae*, в умовах південного сходу України з дворічним циклом розвитку. Інтродукційне вивчення *O. biennis* L. у Донецькому ботанічному саду НАН України розпочато в 1997 р. [15-17]. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком *O. biennis* L. показали, що при висіві в ґрунт у першій декаді квітня сходи з'являються на 21-й день, перший справжній листок розгортається на 9 день після сходів, другий лист – на 20-22-й день, третій – на 29-30-й день (табл. 1).

**Фази розвитку технічних культур у природно-кліматичних умовах
південного сходу України**

Вид	Етапи вегетаційного розвитку, дата						
	Посів	Сходи	Відростання	Бутонізація	Цвітіння	Плодоношення	Дозрівання
<i>Brassica napus var. oleifera f. annua</i> DC.	15.04 - 24.04	27.04 - 05.05	03.05 - 10.06	03.06 - 12.06	09.06 - 30.06	29.06 - 13.07	10.07 - 19.07
<i>Carthamus tinctorium</i> L.	15.04 - 22.04	28.04 - 05.05	05.05 - 22.06	17.06 - 20.07	30.06 - 18.07	14.07 - 16.08	14.08 - 19.08
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	15.04 - 22.04	01.05 - 05.05	05.05 - 16.07	03.07 - 15.07	12.07 - 24.07	11.07 - 13.08	08.08 - 17.08
<i>Brassica napus var. oleifera</i> DC <i>f. biennis</i> Metzg.	03.09 - 15.09	09.09 - 22.09	25.03 - 15.05	02.05 - 13.07	12.05 - 10.07	02.07 - 18.07	14.07 - 22.07
<i>Oenothera biennis</i> L.	15.04 - 10.09	30.04 - 01.10	25.03 - 09.06	08.06 - 20.06	18.06 - 26.06	03.07 - 11.09	03.09 - 12.10

До кінця вегетаційного періоду рослина першого року життя формує розетку діаметром $18,9 \pm 0,98$ см, із середньою кількістю листків $13,25 \pm 1,11$ см, довжиною кореня $21,1 \pm 1,51$ см та його діаметром $1,1 \pm 0,06$. При висіві в ґрунт у другій та третій декаді серпня *O. biennis* L. формує розетку діаметром $8,3 \pm 0,67$ см, із середньою кількістю листків $7,35 \pm 0,71$ см, довжиною кореня $12,1 \pm 0,72$ см та його діаметром $0,6 \pm 0,07$.

На другий рік *O. biennis* у польових умовах відростає рано – наприкінці березня. Рослина має мало розгалужене довге стрижневе кореневище, білого або світло-коричневого забарвлення. Галуження починається в період інтенсивного розвитку центрального стебла наприкінці травня – напочатку червня. Стебло прямостояче від 1 до 1,85 м висотою, ребристе коротко опушене, у фазі початку плодоношення верхівка стебла має червонувате забарвлення. Прикореневі листки у розетці яйцевидно-видовжені, суцільнокраї; стеблові – сидячі, із почерговим розміщенням. Суцвіття колосовидне, квітка жовта, двостатева, 4-х пелюсткова, 2-2,5 см у діаметрі з відігнутими назад чашолисточками. Зав'язь нижня, видовжена, розвивається в чотириохгранный плід – коробочку, розділену чотирма перегородками. Насіння майже не осипається, але, щоб його не втратити при збиранні і особливо механізованому, краще починати збір при повному побурінні коробочок.

Silybum marianum (L.) Gaertn. (розторопша плямиста) та *Carthamus tinctorius* L. (сафлор фарбувальний) із родини *Asteraceae* в природно-кліматичних умовах південного сходу України проходять повний цикл розвитку за один рік. Інтродукційне вивчення *S. marianum* (L.) Gaertn. у Донецькому ботанічному саду розпочато з 1999 р., *C. tinctorius* L. – з 1984 р. Фенологічні спостереження за *S. marianum* (L.) Gaertn. та *C. tinctorius* L. показали, що при висіві в ґрунт у другій та третій декаді квітня сходи з'являються на 10-15 день, а ще через 10 діб відбувається розгортання першої пари справжніх листків. Рослини розвиваються повільно до фази стеблуння, вегетативна частина формується до кінця червня. Стебло прямостояче, розгалужене, корінь стрижневий, розеткові листки мають довгі черешки, стеблові – коротші, листки на генеративних пазухах сидячі. Листок у *S. marianum* (L.) Gaertn. обернено-яйцевидний, у *C. tinctorius* L. – довгасто-ланцетовидний з виїмчастим краєм, зубці закінчуються колючкою. Колючки на молодих листях нездерев'янілі, в період цвітіння і повної стиглості дерев'яніють, гострішають. Цвітіння триває протягом липня і починається із суцвіття на центральному пагоні. Суцвіття – кошик, прицвітник формує колючу обгортку, *S. marianum* (L.) Gaertn. має квітки рожево-лілового забарвлення, *C. tinctorius* L. – жовті, помаранчеві або оранжево-червоні, трубчаті. Розторопша плямиста формує плід – видовжену сім'янку, світло-сірого кольору, гладеньку з блискучою поверхнею, сафлор фарбувальний – білу ребристу. Залежно від річних коливань температури та кількості опадів відмічено розбіжності розмірів рослин. Так, у жаркий більш посушливий рік (2009) висота розторопші плямистої в середньому дорівнювала $63,78 \pm 3,11$ см, тоді як у вологіший рік (2008) –

92,13±2,23 см, при цьому кількість кошиків на одну рослину не змінювалось, тобто висота рослин мало впливає на їхню продуктивність.

Вивчення якості насінневого матеріалу (врожаю 2008-2009 рр.) показало, що *O. biennis* L., *S. marianum* (L.) Gaertn. і *C. tinctorius* L. мають вищі середнього показники лабораторної та польової схожості (57,3-76,3%), врожайність їх насіння в два рази перевищує значення *Brassica napus var. oleifera f. DC* при таких же умовах вирощування, відмічена висока стійкості до осипання, вилягання та ураження хворобами, при цьому культури менш вимогливі до ґрунтів (табл. 2).

Таблиця 2

Господарські ознаки технічних культур у природно-кліматичних умовах південного сходу України (2008-2009 рр.)

Назва зразку	Показники									
	Схожість (в %)	Маса 1000 нас. (в г)	Врожайність в ц/га	Вміст олії (в %)	Стійкість до (бал)					
					вилягання	осипання	посухи	морозів	уражень хворобами	успішність інтродукції
<i>Brassica napus var. oleifera DC. f. annua</i> Metzg.	73,2	3,90	6,43	39,2	7	6	6	-	6	6
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	76,3	32,51	13,65	30,5	9	8	9	-	8	9
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	62,4	27,52	15,46	32,3	9	8	9	-	9	9
<i>Brassica napus var. oleifera DC f. biennis</i> Metzg.	68,5	6,17	15,83	42,6	7	7	6	6	6	6
<i>Oenothera biennis</i> L.	57,3	0,68	21,82	31,5	10	9	9	9	9	9

За вмістом рослинних жирів порівняно з традиційними олійними культурами (*Brassica napus var. oleifera f. biennis* DC., *B. napus var. oleifera annua* L.) відібрані зразки мали нижчі показники олійності лише на 10-13%, при тому, що їхній селекційний відбір у цьому напрямку ще не робився (див. табл. 2). Вивчення жирнокислотного складу, яке проводилося на основі досліджень літературних джерел, показало, що відібрані нами види можуть використовуватися як сировина для виробництва біодизеля (табл. 3).

Таблиця 3

Жирнокислотний склад рослинної олії технічних культур*

	Кислота, %					
	Олеїнова (C _{18:1})	Линолева (C _{18:2})	Пальмітінова (C _{16:0})	Стеаринова (C _{18:0})	Линоленова (C _{18:3})	Ерукова (C _{22:1})
<i>Brassica napus var. oleifera</i> DC. (техн.)	5,0-60,0	11,0-42,0	2,0-6,5	1,0-3,0	1,0-12,5	5,0-60,0
<i>Helianthus annuus</i> L.	14,0-50,0	42,0-70,0	3,0-7,0	1,0-4,0	-	-
<i>Glycine max</i> (L.) Merrill.	20,0-36,0	44,0-60,0	2,0-12,0	2,0-7,5	2,0-14,0	-
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	5,9-25,8	68,2-90,5	3,4-7,6	0,2-4,0	0,2	-
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gartn.	30,1	51,0	7,1	6,3	4,1	-
<i>Oenothera biennis</i> L.	8,8-11,8	69,6-71,0	7,1-10,0	1,2-3,5	9,0-10,7	-

Примітка. * – таблицю укладено на основі літературних даних [18-22].

Висновки

Таким чином, за показниками врожайності насіння, оцінкою успішності інтродукції, вмістом та жирнокислотним складом рослинних жирів найбільш перспективними в порівнянні з традиційними технічними культурами, що використовуються як сировина для виробництва біодизеля в Україні, у природно-кліматичних умовах південного сходу є *Oenothera biennis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn. та *Carthamus tinctorius* L., тому вважаємо доцільним їх подальше вивчення в цьому аспекті для наукового обґрунтування промислового використання цих культур у нашому регіоні.

Список літератури

1. Рахметов Д. Б. Нові інтродуценти в фітоенергетиці України / Д. Б. Рахметов // Мат. Міжнар. конф. "Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку". – Донецьк, 2007. – С. 370-376.
2. Гелетуха Г. Г. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная, Н. М. Жовтоир, Ю. Б. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 2005. – Т. 27, № 1. – С. 78–85.
3. Ковальський В. С. Роль біоенергетики у формуванні енергетичної та екологічної безпеки / В. С. Ковальський // Наукові праці Кіровоградського національного університету: Економічні науки. – 2005. – Вип. 8. – С. 140–145.
4. Компетенція в високорентабельном вирощуванні масличних культур [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.apk-inform.com/showart.php?id=57735>
5. Урожайность рапса в мире 1990-2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fodder.ru/content/view/42/40/>
6. Програма розвитку ріпаківництва в Україні на 2008-2015 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.minagro.gov.ua
7. Рекомендации по выращиванию сельскохозяйственных культур в колхозах и совхозах Донецкой области на 1982-1985 гг. – Донецк, 1982. – С. 101–103.
8. Барбарис А. І. Жироолійні рослини України: Довідник / А. І. Барбарис, О. М. Дубовик, Д. В. Стрілко. – К., 1973. – 132 с.
9. Виды сырья для производства биодизеля и их преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.abercade.ru/research/analysis/2314.html>
10. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях. – М.-Л.: Наука, 1966. – С. 5–71.
11. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений / И. В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.
12. Калмыков С. Т. Определение качества кормовых жиров / С. Т. Калмыков. – М.: Колос, 1976. – 192 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
14. Леурда И. Г. Определение качества семян. Альбом / И. Г. Леурда, Л. В. Белинских. – М.: Колос, 1974. – 100 с.
15. Купенко Н. П. Интродукция *Oenothera biennis* L. в Донецкий ботанический сад НАН Украины / Н. П. Купенко, И. Н. Остапко // Тез. докл. VI Междунар. науч.-практ. конф. "Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье" (г. Алушта, 8-14 сентября 1997 г.). – Симферополь, 1997. – Гл. 2. – С. 117.
16. Glukhov A. Z. Adaptive potentialities of some species of the invasive genus *Oenothera* L. in the anthropogenous conditions / A. Z. Glukhov, V. K. Tokhotar, I. N. Ostapko // Committee for SCOPE and Department of Ecology FHLE SAV Nitra. "Invasions and invasive organisms II". – Slovakia: Nitra, 1998. – P. 9.
17. Tokhotar V. K. The investigation of microelement composition in population of the genus *Oenothera* L. (Oenagraceae) in the South-East of Ukraine / V. K. Tokhotar, I. N. Ostapko / 13th

Symposium Morphology, Anatomy and Systematics (Leuven, 7-11 April 1997). – Meise: National Botanic Garden of Belgium, 1997. – P. 151.

18. *Расторопша* пятнистая – от интродукции к использованию [монография] / В. С. Кисличенко, С. В. Поспелов, В. Н. Самородов и др. – Полтава: Полтавський літератор, 2008. – 288 с.

19. *Handbook of Seed Vigour Test Methods* / Ed. J. G. Hampton, D. M. TeKrony. – ISTA Vigour Test Committee. – Zurich, 1995. – 120 p.

20. Куцик Р. В. *Oenothera biennis* L. subsp. *muricata* Rouy et Gamus. (син. *Onagra biennis* L.) [Електронний ресурс] / Р. В. Куцик, Б. М. Зузук. – Режим доступу: www.provisor.com.ua/archive/2005/N2/art_11.html

21. Рудаков О. Б. Развитие метода интерпретации хромогрaмм при идентификации растительных масел / О. Б. Рудаков // Химия растительного сырья. – 2001. – № 4. – С. 77–82. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.nioch.nsc.ru/mirrors/press/chemwood/volume5/2001_04/0104_077.pdf

22. Шиков А. Е. Растительные масла и масляные экстракты / А. Е. Шиков, В. Г. Макаров, В. Е. Рыженков // Провизор. – 2005. – № 2-4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.provisor.com.ua/archive/2005/N2/art_11.html

Глухов А. З., Жаворонкова Т. Ю. Биологические особенности технических культур при интродукции на юго-востоке Украины. – Приводятся результаты исследований фенологических наблюдений за ростом и развитием *Oenothera biennis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn. и *Carthamus tinctorius* L., дана оцeнка успешности их интродукции, урожайности семян и содержания растительных жиров в природно-климатических условиях юго-востока Украины.

Ключевые слова: биотопливо, биодизель, технические культуры, рост, развитие, семя, урожайность.

Glukhov A. Z., Zhavoronkova T. Yu. Characteristic biological properties of industrial crops for using of the introduction in the south-east of Ukraine. – It was produced the result of exploration have respect to phenological follow-up of growing in progressing *Oenothera biennis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Carthamus tinctorius* L., some successfulness their introductions and of the yield of seed in content of vegetable oil was given by the mark in natural climatic conditions in the south-east of Ukraine.

Key words: biofuel, biodiesel, industrial crops, growth, progress, seed, yield.