

УДК 631.529:631.52:636.086.3:633.8:664.8/.9:635.1/.8(477)

**Д.Б. РАХМЕТОВ**

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

### ГЕНЕТИЧНІ РЕСУРСИ ФІТОЕНЕРГЕТИЧНИХ ІНТРОДУЦЕНТІВ В УКРАЇНІ

---

*Розглянуто результати багаторічної інтродукційної роботи з мобілізації фітоенергетичних рослин у відділі нових культур НБС ім. М.М. Гришка. Наведено дані щодо селекційної роботи зі створення цінного генофонду високопродуктивних енергетичних рослин різних напрямів використання. На основі комплексної оцінки біологічних, екологічних особливостей та продуктивного потенціалу рослин встановлено, що поряд з традиційними культурами, низка інтродукованих видів та сорти, створені на їх основі, становлять інтерес як сировина для виробництва фітопалива.*

Передбачається, що поновлювальні джерела енергії у майбутньому становитимуть значну частку в енергетичному балансі світу. В Україні щорічно використовується близько 200 млн т умовного палива, з яких лише 80 млн т власного видобутку із природних джерел. У цій ситуації важливим енергетичним ресурсом може стати біопаливо [1, 2].

Біологічне паливо (англ. *biofuels*) — це поновлювальне джерело енергії, на відміну від інших природних ресурсів, таких як нафта, вугілля та ядерне паливо. Біопаливом вважається будь-яке паливо, що містить не менше 80% (за об'ємом) матеріалів, отриманих від живих організмів.

Біомасу для енергетичних цілей можна використовувати безпосередньо для спалювання (деревина, солома, сапрпель (органічні донні відкладення)), а також у переробленому вигляді як рідке (ефіри ріпакової олії, спирти) або газоподібне (біогаз — газова суміш, основним компонентом якої є метан) паливо. Розкладена мікроорганізмами продукція промисловості, сільського та лісового господарства і побутові відходи та-

кож можуть використовуватися для отримання біоенергії.

Поняття "біопаливо" включає дуже широкий сортимент різноманітних органічних продуктів. Тому рослинну сировину, яку використовують для енергетичних цілей, на нашу думку, краще називати "фітопаливом" (англ. *phytofuels*), а енергію, яку отримують, — "фітоенергією", напрям діяльності, який включає виробництво фітомаси та енергії на її основі, — "фітоенергетикою".

Перетворення фітомаси на носії енергії може здійснюватися фізичними, хімічними та біологічними методами, останні є найперспективнішими.

Залежно від регіону світу для енергетичних цілей використовують різні культури. Так, у США — це кукурудза та соя, в Європі — ріпак, льон та цукровий буряк, у Бразилії — цукрова тростина, в Південно-Східній Азії — пальмова олія тощо.

Використання біопалива з відновлювальних ресурсів у країнах-членах ЄС становить 2% на рік і до 2010 року збільшиться до 6%. За попередніми даними, потреба України в біопаливі у 2006 р. становила понад 200 тис. т, а до 2010 р. цей показник перевищуватиме 500 тис. т.

Одним із перспективних напрямів у не-традиційній енергетиці України є викорис-тання фітодизеля та фітомаси. Відомо, що насіння високоолійних культур (ріпаку, суріпиці, гірчиці, льону та редьки олійної, сафлору, чуфи, рижю) є одним із найбільш перспективних джерел отримання альтер-нативного палива — біодизеля [3, 4]. В Ук-раїні заплановано розширити посіви ріпаку для отримання 9 млн т насіння, що може за-безпечити до 3 млн т біодизельного палива (75% потреби агропромислового комплексу країни).

Україна, яка має унікальні погодно-клі-матичні умови, є регіоном, де можна вирощувати значну кількість високопродук-тивних енергетичних рослин. Тому важ-ливе значення має скринінг світових рос-линних ресурсів та відбір і мобілізація найбільш перспективних рослин для вико-ристання у фітоенергетиці. В зв'язку з

цим, робота з комплексної оцінки нових енергетичних рослин, яка проводиться у відділі нових культур Національного бо-танічного саду ім. М.М. Гришка, має важ-ливе наукове та практичне значення. З по-чатку 90-х років минулого століття у відділі здійснюється цілеспрямована ро-бота з інтродукції, акліматизації та се-лекції високопродуктивних рослин як джерел фітопалива. На сьогодні створено колекцію технічно-енергетичних рослин, яка включає понад 70 таксонів із 18 родин (табл. 1).

Метою створення експозиційно-колек-ційної ділянки "Технічні рослини" є збага-чення видового та сортового різноманіття технічних рослин за рахунок мобілізації но-вих видів з природної флори України та інших країн і створення нових патентоспро-можних сортів. У колекційному фонді, крім енергетичних, зібрані інші групи рослин: целюлозовмістні, волокнисті, ефіроолійні, цукроносні, крохмалоносні, фітопести-цидні, каучуконосні, дубильні, фарбувальні тощо. Ця колекція є базою для популяри-зації нових технічних рослин і поширення їх в Україні та за її межами.

У колекції є 7 сортів технічних культур, створених селекціонерами відділу, на які отримано авторські свідоцтва і які рекомен-довані для вирощування в Україні.

Ураховуючи те, що сьогодні особливого значення набуває використання біопалива як заміника нафтопродуктів, велику ува-гу приділено високоолійним культурам як джерелу ліпідів, що є сировиною для ви-робництва фітодизеля. У зв'язку з цим на колекційних ділянках відділу проходять комплексні випробування понад 20 видів високоолійних рослин для виділення най-перспективніших для використання в ози-мих та ярих посівах. Поряд з традиційни-ми, добре відомими олійними культурами, які можна використовувати для виробни-цтва дизпалива, на особливу увагу заслу-говують нові та малопоширені інтродуцен-ти, які характеризуються високою еколо-

Таблиця 1. Генофонд технічно-енергетичних рослин відділу нових культур НБС ім. М.М. Гришка НАН України

Родина	Кількість родів	Кількість видів	Кількість сортів
Brassicaceae	5	7	1
Fabaceae	5	6	1
Euphorbiaceae	2	2	—
Apiaceae	2	2	—
Syngnathaceae	1	1	—
Linaceae	1	5	2
Asteraceae	6	10	—
Malvaceae	5	7	—
Ranunculaceae	1	2	—
Solanaceae	3	3	—
Chenopodiaceae	2	2	—
Phytolaccaceae	1	1	—
Lamiaceae	2	2	—
Dipsacaceae	1	1	—
Polygonaceae	2	5	2
Urticaceae	1	1	—
Poaceae	2	3	—
Amaranthaceae	1	3	1
Разом	43	63	7

**Генетичні ресурси фітоенергетичних інтродуцентів в Україні**

**Таблиця 2. Потенційна продуктивність традиційних та малопоширених олійних культур як сировини для рідкого біопалива**

Вид	Родина	Урожайність насіння, т/га	Вміст ліпідів, %	Вихід ліпідів, кг/га
Ріпак озимий — <i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i> f. <i>biennis</i> D.C.	Brassicaceae	1,5 – 4,5	45 – 50	700 – 2020
Ріпак ярий — <i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i> f. <i>annua</i> D. C.	— // —	1,3 – 3,5	41 – 49	420 – 1450
Редька олійна — <i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleifera</i> L.	— // —	1,2 – 2,1	31 – 50	500 – 1000
Суріпиця озима — <i>Brassica campestris</i> var. <i>oleifera</i> f. <i>bienis</i> D.C.	— // —	1,5 – 2,5	43 – 47	650 – 1100
Суріпиця яра — <i>Brassica campestris</i> var. <i>oleifera</i> f. <i>annua</i> D.C.	— // —	1,0 – 2,0	38 – 48	400 – 950
Гірчиця біла — <i>Sinapis alba</i> L.	— // —	1,0 – 2,2	35 – 47	400 – 950
Гірчиця сарептська — <i>Brassica juncea</i> Czern.	— // —	1,2 – 2,1	32 – 49	500 – 920
Рижій ярий — <i>Camelina sativa</i> Grantz.	— // —	0,6 – 2,9	33 – 41	220 – 1100
Чуфа — <i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	4,5 – 12,0	23 – 40	920 – 3200
Соя — <i>Glycine max</i> (L.) Merr	Fabaceae	1,0 – 2,6	17 – 27	200 – 720
Арахіс — <i>Arachis hypogaea</i> ssp. <i>vulgaris</i>	Fabaceae	1,5 – 4,0	52 – 60	780 – 2200
Кунжут — <i>Sesamum indicum</i> L.	Pedaliaceae	0,8 – 1,0	47 – 65	350 – 620
Сафлор — <i>Carthamus tinctorius</i> L.	Asteraceae	1,0 – 3,5	25 – 50	250 – 1500
Соняшник — <i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae	1,3 – 3,9	41 – 52	530 – 1900
Лялеманція — <i>Lallemantia iberica</i> Fisch et Mey	Lamiaceae	1,0 – 1,2	23 – 38	230 – 430
Льон олійний — <i>Linum usitatissimum</i> L.	Linaceae	1,2 – 3,0	30 – 47	360 – 1400

гічною пластичністю, продуктивністю, стійкістю до шкідників та хвороб. Основні продуктивні показники рослин значною мірою залежать від видових особливостей (табл. 2).

Рослинами-лідерами за виходом ліпідів є озимі ріпак та суріпиця, ярий ріпак, соняшник, льон олійний та чуфа.

Олія капустяних культур, особливо ріпаку та суріпиці, при виробництві дизель-

**Таблиця 3. Характеристика сортів високоолійних капустяних культур селекції НБС ім. М.М. Гришка**

Культура	Сорт	Строки сівби	Урожайність насіння, т/га	Вміст ліпідів, %	Вихід ліпідів, кг/га
<i>Озими</i>					
Суріпиця озима	Оріана	III декада серпня	2,0—3,0	46,0	800—1200
Ріпак озимий	Ріпал	II декада серпня	3,5—5,0	48,5	1300—1600
Тифон	Оракам	III декада серпня	2,5—3,5	45,0	900—1200
<i>Ярі</i>					
Редька олійна	Либідь	II декада квітня	1,8—2,5	40,0—50,0	600—800
Ріпак ярий	Рімал	II декада квітня	2,5—3,5	47,0	600—900

ного палива має теплотворну здатність 33,1 МДж/л і лише трохи поступається дизельному паливу із нафти (35,1 МДж/л). Використання цієї олії як палива є доцільним і має велике значення для паливно-енергетичної галузі.

У НБС ім. М.М. Гришка проводяться комплексні селекційні дослідження зі створення високопродуктивних сортів олійних

Таблиця 4. Порівняльна характеристика продуктивності нових енергетичних культур

Культура	Врожайність надземної маси, т/га	Вихід сухої речовини, т/га
Свербига східна – <i>Bunias orientalis</i> L.	60–80	9–15
Щавнат – <i>Rumex patientia</i> L. × <i>R. tianschanicus</i> A. Losinsk.	70–100	10–20
Козлятник східний – <i>Galega orientalis</i> Lam.	70–80	10–12
Сильфій пронизанолистий – <i>Silphium perfoliatum</i> L.	80–130	15–20
Сіда багаторічна – <i>Sida hermophrodita</i> Rusby	80–120	15–21
Лаватера тюрингська – <i>Lavatera thuringiaca</i> L.	60–80	12–15
Сорго багаторічне – <i>Sorghum almum</i> Parodi	60–80	10–17
Топінамбур – <i>Helianthus tuberosus</i> L.	65–85	12–16
Топінсоняшник – <i>Helianthus tuberosus</i> L × <i>H. annuus</i> L.	85–90	14–18
Гірчак сахалінський – <i>Polygonum sachalinense</i> F.	80–120	13–20
Гірчак Вейріха – <i>Polygonum weyrichi</i> Schmidt	75–90	12–17
Живокіст шорсткий – <i>Symphytum asperum</i> Lerech	80–100	12–18
Мальва мелюка – <i>Malva meluca</i> Graebn.	60–80	9–13
Жито багаторічне – <i>Secale perenne</i> Dersh.	30–50	6–10
Жито анатолійське – <i>Secale anatolicum</i> Boiss.	70–90	14–18
Костриця велетенська – <i>Festuca gigantea</i> (L.) Will.	60–80	11–15
Тритикале багаторічне – <i>Triticale</i>	65–85	13–17
Пшениця зерно кормова – <i>Triticum agrotrotriticum</i> Cicin	40–60	8–12

культур. Це насамперед ріпаки озимий та ярий, суріпиці озима та яра, редька олійна, види гірчиці тощо. Різними селекційними методами нами створено великий генофонд цих видів, які вирізняються високою пластичністю та продуктивністю і гарантовано забезпечують урожай насіння 1,8—5,0 т/га. Вихід ліпідів з одного гектара залежно від сорту становить від 600 до 1600 кг (табл. 3).

На сьогодні серед основних олійних культур в Україні для виробництва фітодизеля на особливу увагу заслуговує озимий ріпак. У відділі проводяться комплексні дослідження з підвищення зимостійкості, урожайності насіння, виходу олії у ріпаку озимого. Проте проблема зимостійкості цієї культури на сортовому рівні не вирішується. На нашу думку, цю проблему без серйозних змін в морфології та біології ріпаку не можна розв'язати. Наші дослідження спрямовані саме на вирішення цих завдань. Насамперед це створення рослин з іншою морфоструктурою, оскільки у ріпаку точка росту в осінній період розташована значно вище над рівнем ґрунту, ніж у суріпиці. Тому необхідно зменшити довжину стебла та досягти, щоб ріпак формував розетку щільну та приземкувату. Нам вдалося створити форми, які можна використати як генетичний матеріал для виведення сортів нового типу. Виділені групи рослин з різною відстанню між кореневою шийкою та розеткою — довга, середня, коротка або сидяча розетка.

Другий важливий напрям — створення нових міжвидових гібридів із суріпицею озимою, тифоном, які є більш пластичними зимостійкими культурами, ніж ріпак. У цьому аспекті вже досягнуто певних успіхів. Ми створили перші міжвидові гібриди ріпаку озимого із суріпицею озимою, які є стабільними і впродовж кількох років показують високу зимостійкість та продуктивність.

Таким чином, у НБС ім. М.М. Гришка створено цінний генофонд високоолійних культур як джерела фітодизеля.

Фітомаса рослин є важливим ресурсом енергетичної сировини. Вона є найперспективнішим поновлювальним джерелом для одержання твердого біопалива. В Україні щорічний надлишок соломи і стебел основних сільськогосподарських культур становить 15—20 млн т, що з енергетичної точки зору еквівалентно 7,3 млн т умовного палива [1, 2].

Нами виконані комплексні дослідження з визначення ролі високопродуктивних одно- та багаторічних інтродуцентів у фітоенергетиці як сировини для виробництва фітонафти, фітогазу, фітоетанолу або твердого фітопалива. Всебічно досліджуються біоекологічні особливості, морфометричні параметри, продуктивний потенціал рослин у динаміці. Відібрані високопродуктивні рослини, які забезпечують великий вихід сухої речовини з одиниці площі (табл. 4).

Важливе значення має використання біомаси багаторічних високопродуктивних культур як твердого біопалива, що дозволяє заощадити матеріально-технічні ресурси для виробництва сировини.

Серед перспективних напрямів роботи — підбір рослин як джерела фітонафти. За певних умов біомаса рослин перетворюється на рідину, яка є заміником мазуту. Важливо також рівномірне надходження біомаси цілорічно. У зв'язку з цим проводяться комплексні дослідження

біоекологічних особливостей, продуктивного потенціалу енергетичних рослин, а також можливості їх конвеєрного використання.

Проводиться селекційна робота зі створення високопродуктивних адаптованих сортів інтродуцентів родин Poaceae, Polygonaceae, Malvaceae, Amaranthaceae, Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae. Нами створено сорти нових багаторічних біоенергетичних рослин та розроблено технології їх вирощування.

Серед перспективних енергетичних рослин слід виділити такі багаторічні культури, як щавнат (сорті Бієкор-1 і Румекс ОК-2), сіда багаторічна (Вірджинія), гірчак сахалінський, сильфій пронизанолистий (Канадчанка), козлятник східний (Кавказький бранець), сорго багаторічне (Парана), свербіга східна (Золотинка). Вони продуктивно використовуються від 6—8 до 15—20 років та щорічно забезпечують до 20 т/га абсолютно сухої речовини, 12—15 т/га умовного фітопалива з калорійністю від 3400 до 4500 Ккал/м<sup>3</sup>.

Як енергетичні рослини ці культури пройшли успішні випробування в Чехії та Польщі (щавнат у 2005 р. зареєстровано в Євросоюзі як енергетичну рослину, номер реєстрації розробки 2005/0758) [5—7]. Собівартість 1 тонни твердого фітопалива становить 20—40 грн. Вони забезпечують урожаєм енергії-нетто в середньому 150—

Таблиця 5. Порівняльна характеристика видів рослин, що використовуються як фітопаливо

Показник	Тополя	Верба	Міскантус	Щавнат	Гірчак сахалінський
Урожай сухої маси, т/га	10—20 (через 3—4 роки)	10—15 (через 3—4 роки)	15—20 (через 2 роки)	10—20 (через рік)	13—20 (через рік)
Теплоємність, МДж/кг · см	18	20	18	18	18
Енергетичні витрати на виробництво, ГДж/га	28	27	12—18	12—16	10—15
Вихід енергії, ГДж/га	220	160	160—170	150—160	150—160

Таблиця 6. Потенційна продуктивність енергетичних культур як сировини для виробництва фітоетанолу

Культура	Урожайність, т/га		Крохмаль, %	Вихід крохмалю з 1 га, кг	Вихід етанолу, дал/га
	надземна маса	насіння			
Елевсіна коракана — Eleusine coracana Gaerth., сорт Тропіканка	46,0—50,0	2,5—3,0	56,0—58,5	1463—1755	95—114
Чумиза італійська — <i>Setaria italica</i> (L.) Beauv., сорт Святоква	13,5—14,7	2,8—3,1	60,0—65,0	1680—2015	109—131
Сорго зернове — <i>Sorghum vulgare</i> Pers., сорт Юбілейне	46,0—48,0	3,6—3,8	53,0—55,0	1820—1850	95—100

160 ГДж/га щорічно. Проте для таких деревних порід, як тополя і верба, які інтенсивно ростуть, вихід енергії дорівнює 160—220 ГДж/га один раз на три—чотири роки, а для міскантусу — 160—170 ГДж/га через два роки (табл. 5).

Як високопродуктивні багаторічні культури вони потребують мінімальних матеріально-технічних та енергетичних витрат на виробництво сировини, характеризуються багаторазовим відчуженням надземної маси протягом вегетації (за рахунок високої регенеративної здатності), високим коефіцієнтом розмноження насіння, стійкістю до шкідників, хвороб та бур'янів. Вони мають низку переваг перед добре відомими енергетичними рослинами — міскантусом, вербою, тополею. Не поступаючись їм за енергетичною ефективністю нові інтродуценти розмножуються насінням (1 га насінника забезпечує до 200 га посіву), тоді як традиційні культури розмножуються вегетативно (1 га плантації забезпечують 4—5 га площі з посадковим матеріалом), і мають значно простішу та економічно вигідну технологію вирощування.

Поряд з фітодизелем та твердим біопаливом фітоетанол користується великим попитом. Як сировину для виробництва фітоетанолу використовують різні джерела рослинного походження. Актуальним є пошук нових високопродуктивних рослин, які

б забезпечували дешеву сировину для виробництва фітоетанолу. Дослідження інтродуцентів дозволили нам виділити декілька перспективних видів, які вирізняються високим виходом фітоетанолу з одиниці площі (табл. 6).

Крім вищезгаданих видів, ми всебічно досліджуємо енергетичні рослини в плані комплексного використання сировини для виробництва фітоетанолу, фітонафти, твердого фітопалива, фітодизеля тощо.

Це види роду *Polygonum* (*Polygonum weyrichi* Schmidt, *P. sachalinense* F.), *Helianthus* (*Helianthus tuberosus* L., *Helianthus tuberosus* L. × *H. annuus* L.), *Desmodium* (*Desmodium canadense* D. C.), *Lespedeza* (*Lespedeza bicolor* Turcz), *Astragalus* (*Astragalus canadensis* L.), *Amaranthus* (*Amaranthus paniculatus* L. × *A. caudatus* L.), *Vitex* (*Vitex canabifolia* L.) тощо.

Таким чином, інтродукція та селекція рослин є важливим чинником збагачення генетичних ресурсів енергетичних рослин та забезпечення потреб країни в альтернативних видах фітопалива. У відділі нових культур НБС ім. М.М. Гришка створено цінний генофонд високопродуктивних фітоенергетичних рослин різних напрямів використання. Результати багаторічних досліджень та виробничих випробувань в Україні та за її межами свідчать про те, що поряд з традиційними рослинами низка інтродуко-

ваних видів та сорти, створені на їх основі, становлять інтерес як сировина для виробництва фітопалива.

1. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М. Виробництво енергії з місцевих видів палива в Україні // Наук. вісн. НАУ. — 2006. — № 95. — Ч. 1. — С. 118—127.

2. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Матвеев Ю.Б., Жовмір М.М. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні // Наук. вісн. НАУ. — 2004. — № 73. — Ч. 1. — С. 131—138.

3. Жаркова Г., Васильківська С. Малопоширені олійні культури в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для використання в Україні у 2006 р. // Пропозиція. — 2006. — № 10. — С. 66—70.

4. Марченко В., Сінько В. Ефективність та доцільність використання біодизельного палива в Україні // Пропозиція. — 2005. — № 10. — С. 36—39.

5. Чарняковська М. Енергія з поля // Фермер. — 2006. — № 11. — С. 8—14.

6. Rakhmetov D., Ustak S., Rakhmetova S. Perennial spinach-sorrel hybrid — schavnat (*Rumex patientia* L. × *Rumex tianshanicus* A.Los) // Energetické a průmyslové rostliny, Chomutov-Praha. — 2003. — N 11. — P. 68—76.

7. Vana J., Sladký V. Biomasa pro vytápění v obcích i městech. Říjen. — CZ Biom, 2002. — P. 42.

Рекомендував до друку  
П.А. Мороз

Д.Б. Рахметов

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

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ  
ФИТОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИНТРОДУЦЕНТОВ  
В УКРАИНЕ

Рассмотрены результаты многолетней интродукционной работы по мобилизации фитозенергетических растений в отделе новых культур НБС имени Н.Н. Гришко. Представлены данные о селекционной работе по созданию ценного генофонда высокопродуктивных энергетических растений разных направлений использования. На основе комплексной оценки биологических, экологических особенностей и продуктивного потенциала растений установлено, что наряду с традиционными культурами, ряд интродуцированных видов и сорта, созданные на их основе, представляют интерес как сырье для производства фитотоплива.

D.B. Rakhmetov

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

GENETIC RESOURCES OF PLANT SPECIES  
FOR ENERGY USE INTRODUCED IN UKRAINE

Results of perennial activities on the introduction of plant species for energy usage in a department of new cultures are considered. Results of breeding for the creation of a valuable gene pool of highly productive plant species for different directions of use as sources of energy are presented. On the basis of a complex evaluation of biological, ecological characters and productive potential of plants it is established, that a number of introduced species and cultivars created on their basis, are of interest as raw material for phytofuel production.