

УДК 631.526.32:382.24:620.92

**В. В. Баликіна, аспірант\***

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Victoria.mamaisur@gmail.com

## Визначення господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання під час проведення державної експертизи

Проведено аналіз господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання та обґрунтовано необхідність визначення показників енергетичності під час проведення державної науково-технічної експертизи. Для роз'яснення вимог до реєстрації нових сортів енергетичних рослин у частині визначення показників придатності до поширення використано колекцію видів та гібридних форм верби. Зазначено чинники, які відображають економічні та екологічні переваги вирощування енергетичної верби для отримання біопалива.

### Ключові слова:

відновлювані джерела енергії, енергетичні рослини, державна реєстрація, сорт рослин, зольність, вихід енергії.

**Вступ.** Важливим стратегічним моментом ефективного розвитку держави є забезпечення власними енергоресурсами. Шляхом виходу з енергетичної та економічної кризи, що склалася в Україні, є використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Одним із найперспективніших видів ВДЕ є біомаса – тверді або рідкі речовини рослинного чи тваринного походження, які зазнають біодеградації, що складаються з продуктів, відходів сільськогосподарського, лісового або переробного виробництва, а також інших видів відходів. Сировиною для отримання палива рослинного походження є енергетичні рослини, до яких відносять насамперед вербу прутувидну (*Salix viminalis* L.), міскантус (*Miscanthus*), просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.), сіду багаторічну (*Sida hermaphrodita* Rusby), сільфій пронизанолистий (*Silphium perfoliatum* L.). Передбачається, що саме енергетичні рослини в найближчому майбутньому можуть стати альтернативою газу або дизелю [1].

В Україні є умови для розвитку біоенергетики, впровадження новітніх технологій, вирощування та перероблення біомаси. Водночас, розвиток біоенергетики стримується через брак інформації про технології вирощування й перероблення енергетичних рослин, виробництва й використання біопалива та недосконалість чинної законодавчої бази.

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук Поїк М. В.

Селекцію верби для потреб біоенергетики здійснюють у багатьох країнах світу. Селекційні програми загалом спрямовані на створення нових та вдосконалення наявних форм верби.

Кінцевою метою селекційного процесу є державна реєстрація сорту. Відповідно до Закону України «Про охорону прав на сорти рослин» права на сорт набувають шляхом подання до Установи заявки, експертизи заявки та державної реєстрації прав [2]. Кваліфікаційну експертизу сортів верби здійснюють за даними заявника. Завданням державної кваліфікаційної експертизи сортів рослин є визначення відмінності, однорідності й стабільності сортів, заявлених на експертизу, за спеціальними методиками та всебічне порівняльне вивчення їх конкурентоспроможності, а також визначення кращих із них за господарськими показниками для рекомендації до поширення в різних зонах України.

**Метою досліджень** було проведення системного аналізу вимог до реєстрації нових сортів видів енергетичного напрямку використання в частині визначення показників придатності до поширення.

Важливими показниками сорту біоенергетичного напрямку використання є: врожайність сирової біомаси, т/га; вихід сухої речовини, т/га; термін використання плантації, роки; періодичність збирання сировини; вихід енергії, ГДж/га; енергетичні витрати на виробництво, ГДж/га; тепломісткість палива, МДж/кг; зольність палива, % [3].

Визначення господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання під час проведення державної експертизи

**Матеріали та методика досліджень.** Аналіз господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання (на прикладі верби) здійснювали, ґрунтуючись на результатах досліджень, проведених в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН протягом 2011–2014 рр., згідно з ПНО 22 «Біоенергетичні ресурси» Підпрограма 5 «Тверді види палива». Дослідні ділянки були виділені в межах стаціонарного польового досліду відділу технологій вирощування біоенергетичних культур. Колекція верби налічувала 21 вид та гібридну форму. Визначали вміст макро- й мікроелементів, золи в зразках верби відповідно до загальноприйнятих методик [4], вихід умовного твердого біопалива та вихід енергії з одиниці площі – розрахунковим методом.

**Результати досліджень.** Вербу відносять до легких порід деревини зі щільністю 460 кг/м<sup>3</sup> за вологості 12% (для порівняння, сосна, за різними даними, має щільність 510–520 кг/м<sup>3</sup>) [5]. Кінцевий результат вирощування верби як біомаси – отримання пелет, які мають більшу теплотворну здатність порівняно з тріскою чи деревиною. В свою чергу, теплотворна здатність безпосередньо залежить від якості палива. На жаль, в Україні немає стандартів на пелети, тому більшість виробників орієнтуються на західні стандарти, які, проте, відрізняються в різних країнах. Крім того, чинні західні стандарти часом включають у себе не лише стандарт на самі пелети, а й стандарти на їх виробництво, зберігання та транспортування. Всі стандарти регламентують такий параметр, як зольність, на який в основному впливає наявність у вихідній сировині кори, гілок та інших включень. Єдиного Європейського стандарту на пелети поки немає, тому ми в своїй роботі орієнтувалися на вимоги німецького стандарту DIN 51731. Згідно із ним зольність має становити менше ніж 1,5% [6].

Зола – це мінеральний продукт, який отримують внаслідок спалювання деревини. Згідно з науковими джерелами вона, як правило, становить не більше ніж 1% загальної маси спалюваної стовбурової деревини й не перевищує 3% маси деревної кори. Підвищений вміст домішок у корі, порівняно зі стовбуровою деревиною, зумовлений тим, що протягом життя дерева її поверхня, яку обдуває вітер, вбирає мінеральні аерозолі [1].

Таким чином, гіпотетично в разі виготовлення пелет із суміші тирси, що складається на 50% зі стовбурової деревини і на 50% з кори, їхня за-

гальна зольність не перевищила б 2%. Зауважимо, що в дійсності пелети з такої суміші не виходять, і найчастіше частка кори не перевищує 10–15% загальної маси палива.

У лабораторних дослідженнях під поняттям «зольність» узагальнюють показники золи та шлаку в єдине ціле. Шлак – це мінеральні включення, наприклад, пісок, земля, які потрапляють на кору внаслідок обдування її вітрами або під час неправильної заготівлі деревини. Вважають, що всі ці речовини, вміст яких перевищує 2%, – це шлак. У виробничих умовах має бути регламентовано використання спеціальних уловлювачів мінеральних домішок, що підвищує якість готових пелет порівняно з сировою тріскою [7].

Як бачимо (див. рис.), нормам міжнародного стандарту щодо вмісту золи відповідають лише чотири зразки – верба тритичинкова (місцева форма), в. тритичинкова, в. біла, форма срібляста, та в. кангінська, вміст золи в яких досягає 1,5%.

Крім того, вказаний стандарт DIN 51731 обмежує в пелетах вміст азоту (менш ніж 0,3%). Цей показник, як і вміст фосфору й калію, визначають за методикою визначення вмісту азоту в рослинах фотометричним методом з реактивом Неслера [4].

Низький вміст азоту свідчив би про те, що паливні пелети були зроблені з чистої тирси. Високий рівень азоту, що ми спостерігаємо в нашому випадку, може призвести до корозії теплообмінного устаткування.

Стандарт DIN 51731 також регламентує вміст у пелетах мікроелементів та важких металів. Відповідні дослідження було проведено за методикою визначення сирової золи [4], результати наведено в таблиці 1.

Серед зазначених елементів стандартом регламентовано лише вміст свинцю (менш ніж 10 мг/кг), міді (менш ніж 5 мг/кг), цинку (менш ніж 100 мг/кг) і кадмію (менш ніж 0,5 мг/кг). Вміст марганцю й заліза стандартом не регламентовано. Як бачимо, жоден зі зразків не виходить за показниками вмісту мікроелементів за межі встановленої норми.

Вербу можна вирощувати екстенсивним шляхом, тобто один раз посадити і використовувати «енергогай» протягом 20–30 років з мінімальними витратами на догляд. У перший рік пагони можна обрізати до висоти 5–8 см, якщо деревостій є рідким. Першу заготівлю здійснюють на 3–4-й рік із часу садіння, коли рослина досягає 5–6 м заввишки. Обрізають вербу взим-

Визначення господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання під час проведення державної експертизи



Рис. Вміст золи та азоту в рослинах верби

Таблиця 1

Вміст мікроелементів у рослинах верби

№ п/п	Вид верби	Вміст мікроелементів, мг/кг					
		Mn	Fe	Zn	Pb	Cd	Cu
1	[(В. прутівидна × В. пурпурова) × (В. каспійська × В. козяча)]	1,90	2,13	2,86	0,10	сліди	сліди
2	В. прутівидна	2,90	3,10	3,57	0,32	«	«
3	В. тритичинкова, місцева форма	2,30	2,30	3,2	0,34	«	«
4	В. тритичинкова, класична форма	2,10	2,47	2,1	0,15	«	«
5	В. Матсуда	2,30	3,47	3,93	0,11	«	«
6	В. попеляста	6,60	4,25	2,92	0,15	«	«
7	В. пурпурова × В. прутівидна	2,10	3,45	2,35	0,14	«	«
8	В. каспійська	5,00	4,16	2,15	0,14	«	«
9	В. прутівидна × В. гостролиста	3,60	3,80	2,65	0,21	«	«
10	В. гостролиста	3,90	4,11	2,98	0,23	«	«
11	В. біла	3,10	4,20	1,74	0,12	«	«
12	В. біла, місцева форма	3,50	3,98	2,10	0,11	«	«
13	В. уральська	4,70	2,36	2,65	0,12	«	«
14	В. біла, форма срібляста	2,30	4,95	1,25	0,08	«	«
15	В. каспійська × В. пурпурова	4,10	3,60	3,14	0,08	«	«
16	В. цілолиста × В. гостролиста	6,70	6,57	2,54	0,13	«	«
17	В. повзуча	3,00	3,16	2,17	0,13	«	«
18	В. козяча × В. пурпурова	6,70	2,14	3,39	0,11	«	«
19	В. кангінська	3,60	3,94	1,63	0,10	«	«
20	В. розмаринолиста	5,30	2,28	2,85	0,14	«	«
21	В. прутівидна × В. козяча	3,20	4,69	3,12	0,15	«	«

Визначення господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання під час проведення державної експертизи

ку, а з весни вона знову починає відростати з пеньків. Протягом усього періоду експлуатації енергетичного гаю можна зробити 5–7 заготівель без зменшення продуктивності насаджень.

Згідно із нашими дослідженнями теоретично розраховано вихід умовного твердого біопалива та вихід енергії з одиниці площі. Для розрахунків прийнято коефіцієнт теплотворної здатності – 16 МДж/кг (для порівняння, тепловіддача дуба та сосни становить 14,1 та 13,8 МДж/кг, соломи – 14,3 МДж/кг) та вологість готового палива на рівні 10%. Щільність насадження верби – 15 тис. рослин/га.

Широкий діапазон значень виходу енергії (табл. 2) пояснюється біологічними особливостями видів та максимально наближеними до природних умовами вирощування (мінімальне застосування агротехніки). Зрозуміло, що високий і стабільний урожай біомаси може бути забезпечений шляхом вирівнювання насаджень, забезпечення рослин поживними елементами та запровадженням ефективної технології вирощування.

Рентабельність та економічна ефективність вирощування верби для виробництва біопалива залежать від багатьох економічних складових. Економічними перевагами вирощування енергетичної деревини є: низька вартість земельних ресурсів через невибагливість виду до ґрунтових умов; мінімальні агротехнологічні витрати

(агрохімія й механізація); висока енергомісткість твердої біомаси; позитивний загальний вплив вирощування верби на економіку району; наявність податкових пільг та інших економічних стимулів (відповідно до Кіотського протоколу). Заслужують на увагу й екологічні переваги вирощування верби, що в майбутньому дасть можливість додатково оптимізувати виробничі та технологічні процеси аграрного виробництва. Проте саме така багатоскладовість цього показника ускладнює використання його для цілей державної експертизи сортів рослин.

Крім того, до названих показників доречно додати визначення середнього приросту маси за 1 рік як одного зі складових продуктивності. Адже це слугуватиме показником вирівняності дослідного зразка, що є однією з основних вимог державної реєстрації сорту.

**Висновки.** На прикладі колекції видів та гібридних форм верби проілюстровано ефективність визначення показників придатності до поширення сортів рослин під час проведення державної науково-технічної експертизи.

За результатами вивчення колекції видів та гібридних форм верби за господарськими показниками виділено види з високим вмістом як окремих, так і кількох біохімічних сполук. Застосування виділених зразків під час створення нових сортів забезпечить ефективний розвиток ринку біопалива в Україні.

Таблиця 2

Енергетичний потенціал деревини представників роду *Salix L.*

№ п/п	Вид верби	Вологість, %	Вихід умовного біопалива з 1 га, т/га	Вихід енергії з 1 га, ГДж/га/рік
1	[(В. прутувидна × В. пурпурова) × (В. каспійська × В. козяча)]	50,33	8,81	140,98
2	В. прутувидна	49,46	18,64	298,23
3	В. тритичинкова, місцева форма	49,25	3,99	63,84
4	В. тритичинкова	50,61	12,93	206,83
5	В. Матсуда	50,98	9,82	157,06
6	В. попеляста	49,60	7,03	112,48
7	В. пурпурова × В. прутувидна	44,55	25,70	411,17
8	В. каспійська	42,08	8,62	137,86
9	В. прутувидна × В. гостролиста	41,65	20,42	326,79
10	В. гостролиста	43,20	5,69	91,12
11	В. біла	43,61	23,31	372,91

№ п/п	Вид верби	Вологість, %	Вихід умовного біопалива з 1 га, т/га	Вихід енергії з 1 га, ГДж/га/рік
12	В. біла, місцева форма	44,83	13,57	217,17
13	В. уральська	42,88	2,27	36,34
14	В. біла, форма срібляста	40,73	9,72	155,48
15	В. каспійська × В. пурпурова	38,21	2,05	32,78
16	В. цілолиста × В. гостролиста	36,15	1,04	16,61
17	В. повзуча	49,64	3,35	53,60
18	В. козяча × В. пурпурова	46,61	2,48	39,75
19	В. кангінська	42,35	2,28	36,56
20	В. розмаринолиста	43,75	1,87	29,91
21	В. прутувидна × В. козяча	47,56	6,15	98,44

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Відновлювані джерела енергії. Вирощування біомаси / упоряд. : Б. М. Берташ, Т. М. Микитин, С. І. Веремеєнко, Р. В. Шевчук / Громадська організація «Рівненський центр маркетингових досліджень». – Рівне, 2011. – 28 с.
2. Закон України «Про охорону прав на сорти рослин» від 17.01.2002 р. № 2986-III [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3116-12>
3. Методика кваліфікаційної (технічної) експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (ПСП). Загальна частина [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://sops.gov.ua/uploads/files/documents/Metodiki/PSP/1.pdf>
4. Сборник методов исследования почв и растений / В. П. Ковальчук, В. Г. Васильев, Л. В. Бойко, В. Д. Зосимов. – К. : Труд-ГриПол, 2010. – С. 19–42.
5. Івахів В. Енергетична верба як рішення для малих міст України [Електронний ресурс] / В. Івахів // Українська енергетика. – 7 грудня 2012 р. – Режим доступу : <http://ua-energy.org/post/27476>.
6. Zertifizierungsprogramm Kamineinsätze (Kamineinsätze und Kachelofenheizeinsätze) einschließlich offene Kamine für feste Brennstoffe nach DIN EN 13229 [Електронний ресурс]. – Berlin, 2007. – 11 s. – Режим доступу : [http://www.ofenseite.com/bilder/DIN\\_plus/Kamineinsaetze\\_DIN-Gepuert-Zertifizierungsprogramm.PDF](http://www.ofenseite.com/bilder/DIN_plus/Kamineinsaetze_DIN-Gepuert-Zertifizierungsprogramm.PDF)
7. Калетнік Г. М. Оцінка енергетичних культур як сировини у біопаливній промисловості України / Г. М. Калетнік // Вісник аграр. науки. – 2008. – № 6. – С. 70–75.

**УДК 631.526.32:382.24:620.92**

**В. В. Балыкина.** Определение хозяйственно-ценных показателей сортов растений энергетического направления использования при проведении государственной экспертизы // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин : наук.-практ. журн. – 2014. – № 4 (25). – С. 4–8.

Проведен аналіз господарсько-цінних показників сортів рослин енергетичного напрямку використання і обґрунтована необхідність визначення показників енергетичності при проведенні державної науково-технічної експертизи. С метою роз'яснення вимог до реєстрації нових сортів енергетичних рослин в частині визначення показників придатності до поширення використана колекція видів і гібридних форм иви. Вказано фактори, які відображають економічні та екологічні переваги вирощування енергетичної иви для отримання біотоплива.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, энергетические растения, государственная регистрация, сорт растений, зольность, выход энергии.

**UDC 631.526.32:382.24:620.92**

**V. V. Balykina.** Determination of commercially valuable characteristics of plant varieties for energetic use during the state examination // Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn : naukovo-praktychnyi zhurnal (Plant Varieties Studying and Protection : journal of applied research). – 2014. – № 4 (25). – P. 4–8.

The analysis of commercially valuable indices of plant varieties for energetic use was carried out and the necessity to determine energetic indices during the state scientific-and-technical examination is substantiated. In order to explain the requirements for registration of new varieties of energy crops concerning the definition of indices of ability for distribution, the collection of species and hybrid forms of willow was used. Factors that prove the economic and environmental advantages of energy willow cultivation for biofuel are specified.

**Keywords:** renewable energy sources, energy plants, state registration, plant varieties, ash content, energy output.

**Надійшла 29.10.14**