



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

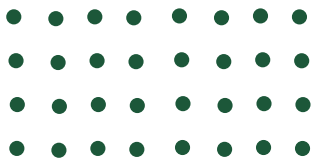
Вирощування енергетичних рослин

Олександра Трибой,
Старший консультант, НТЦ «Біомаса»



Зміст

- 01** Енергетичні рослини: визначення
- 02** Енергетичні рослини: статистика
- 03** Енергетичні рослини: види та характеристики
- 04** Економіка вирощування енергетичних рослин
- 05** Дискусійні питання



01. Енергетичні культурні рослини: визначення



Культурні рослини — рослини, вирощувані людством для отримання харчових продуктів, кормів в сільському господарстві, ліків, промислової та іншої сировини, інших цілей в задоволенні потреб людини.

Енергетичні рослини: визначення

Energy crops are low-cost and low-maintenance crops grown solely for renewable bioenergy production (not for food).

(Переклад: Енергетичні культури – це недорогі та невибагливі у догляді культури, які вирощуються виключно для виробництва відновлюваної біоенергії (а не для харчових продуктів)).

Джерело: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_crop

Енергетичні культури в законодавстві ЄС

відносяться до промислових культур (industrial crops), які використовуються виключно для виробництва відновлюваної енергії. Ведеться статистика по енергетичних культурах, які не класифіковані в інших рубриках і вирощуються на ріллі. Перелік культур може бути різним залежно від країни ЄС. Зі зміною аграрної політики очікується, що у виробництво будуть запущені нові рослини, які використовуються виключно для виробництва енергії.

Джерело: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/dataset/beo-aproacsa_en

Energy crops:

Crops dedicated to production of energy. This category comprehends non-food, lignocellulosic crops, belonging to the 2nd generation feedstock. Species included are both herbaceous and woody: miscanthus, switchgrass, reed canary, giant reed, cardoon, willow, poplar and eucalyptus.

[*Perpiña Castillo C, Baranzelli C, Maes J, Zulian G, Lopes Barbosa A, Vandecasteele I, Mari Rivero I, Vallecillo Rodriguez S, Batista E Silva F, Jacobs C, Lavalle C. An assessment of dedicated energy crops in Europe under the EU Energy Reference Scenario 2013 Application of the LUISA modelling platform – Updated Configuration 2014. EUR 27644; doi:10.2788/6472*](#)

Crops that are unsuitable for human or animal consumption and are grown exclusively or primarily for the purpose of producing biomass for energy purposes in an agricultural rather than a forestry context.

[*Allen, B., Kretschmer, B., Baldock, D., Menadue, H., Nanni, S., and Tucker, G., 2014, Space for energy crops – assessing the potential contribution to Europe's energy future. Report produced for BirdLife Europe, European Environmental Bureau and Transport & Environment. IEEP, London.*](#)

Джерело: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/energy-crops_en

Енергетичні рослини: визначення

Визначення Департаменту Енергетики США:

DEDICATED ENERGY CROPS (Культури, призначені для енергетики): Dedicated energy crops are non-food crops that can be grown on marginal land (land not suitable for traditional crops like corn and soybeans) specifically to provide biomass. These break down into two general categories: herbaceous and woody. Herbaceous energy crops are perennial (plants that live for more than 2 years) grasses that are harvested annually after taking 2 to 3 years to reach full productivity.

These include switchgrass, miscanthus, bamboo, sweet sorghum, tall fescue, kochia, wheatgrass, and others. Short-rotation woody crops are fast-growing hardwood trees that are harvested within 5 to 8 years of planting. These include hybrid poplar, hybrid willow, silver maple, eastern cottonwood, green ash, black walnut, sweetgum, and sycamore. Many of these species can help improve water and soil quality, improve wildlife habitat relative to annual crops, diversify sources of income, and improve overall farm productivity.

Джерело: Офіс Енергоефективності та Відновлюваної енергетики Департаменту Енергетики США, <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/biomass-resources>

Визначення UABIO запропоноване для Законодавства України:

Енергетичні рослини – багаторічні рослини, коренева система яких залишається у ґрунті після збору врожаю та продовжує процес вегетації, що вирощуються у плантаційний спосіб з періодичністю збору врожаю від 1 до 5 років з метою отримання біомаси для подальшого виробництва енергії з неї.

Енергетичні рослини: визначення

Визначення Департаменту Енергетики США:

DEDICATED ENERGY CROPS (Культури, призначені для енергетики): Dedicated energy crops are non-food crops that can be grown on marginal land (land not suitable for traditional crops like corn and soybeans) specifically to provide biomass. These break down into two general categories: herbaceous and woody. Herbaceous energy crops are perennial (plants that live for more than 2 years) grasses that are harvested annually after taking 2 to 3 years to reach full productivity.

These include switchgrass, miscanthus, bamboo, sweet sorghum, tall fescue, kochia, wheatgrass, and others. Short-rotation woody crops are fast-growing hardwood trees that are harvested within 5 to 8 years of planting. These include hybrid poplar, hybrid willow, silver maple, eastern cottonwood, green ash, black walnut, sweetgum, and sycamore. Many of these species can help improve water and soil quality, improve wildlife habitat relative to annual crops, diversify sources of income, and improve overall farm productivity.

Джерело: Офіс Енергоефективності та Відновлюваної енергетики Департаменту Енергетики США, <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/biomass-resources>

Визначення UABIO запропоноване для Законодавства України:

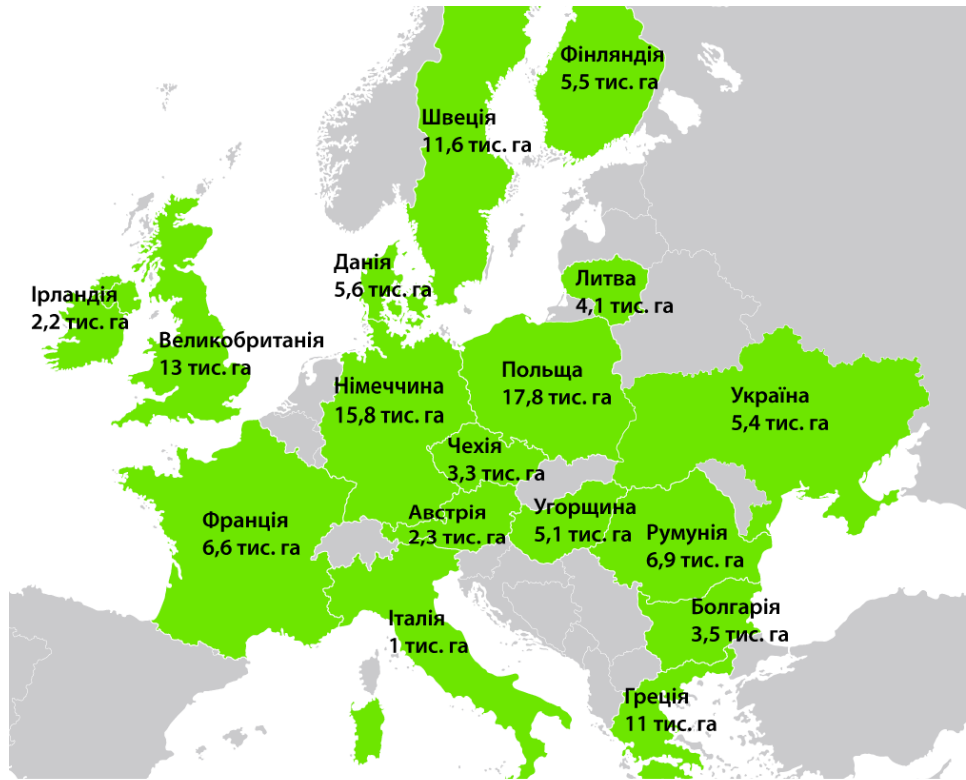
Енергетичні рослини – багаторічні рослини, коренева система яких залишається у ґрунті після збору врожаю та продовжує процес вегетації, що вирощуються у плантаційний спосіб з періодичністю збору врожаю від 1 до 5 років з метою отримання біомаси для подальшого виробництва енергії з неї.

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо як палива або для виробництва біопалива.

02. Енергетичні рослини: статистика



Енергетичні рослини: статистика (1)

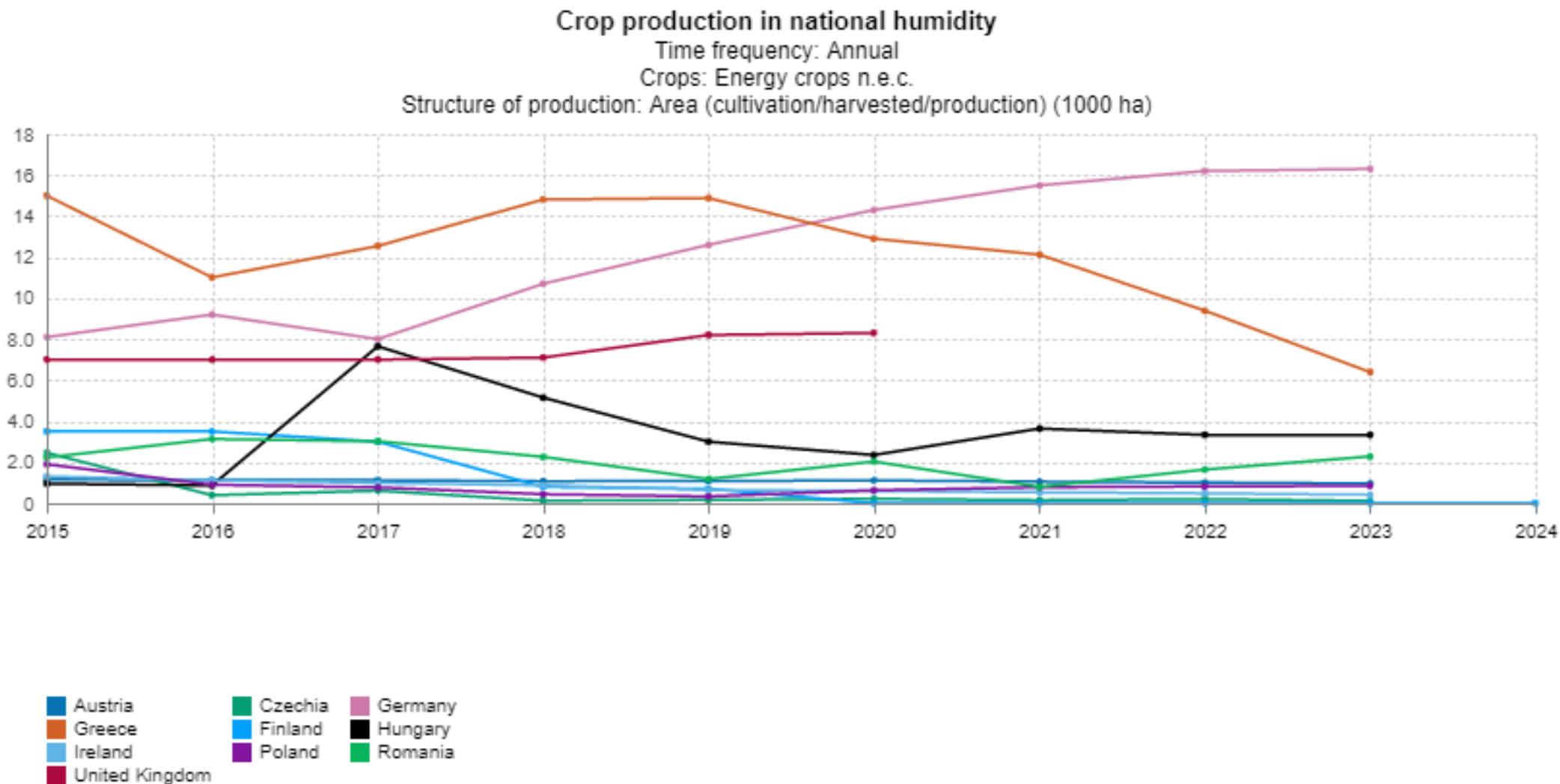


ЄС-28	2019	2021
Тополя	20 691	21 455
Верба	19 378	24 186
Інші деревні		1 020
Міскантус	24 620	29 023
Інші трав'яні		12 097
Всього плантацій енергетичних рослин, га	117 401	118 480

Країна	Деревні				Трав'яні			ВСЬОГО	Рік
	Тополя	Верба	Інші	Всього	Міскантус	Інші	Всього		
ЄС-28	20691	19378	1020	63907	24620	12097	53494	117401	
Австрія	977	244		1221	1078	52	1130	2351	2016
Бельгія		68	97	165	105	85	190	355	2012
Болгарія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	3286	3286	2016
Чехія	2869			2869	200	190	390	3259	2016
Німеччина	н.д.	н.д.	н.д.	6600	4600	4600	9200	15800	2016
Данія	н.д.	н.д.	н.д.	8896	н.д.	н.д.	66	8962	2016
Греція	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	11010	11010	2016
Іспанія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	38	38	2018
Фінляндія	н.д.	н.д.	н.д.	26	н.д.	н.д.	5452	5478	2016
Франція	н.д.	н.д.	н.д.	220	3000	н.д.	3000	3220	2016
Хорватія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	500	н.д.	500	500	2016
Угорщина	3352	505	247	4104	1000	н.д.	1000	5104	2016
Ірландія		1100		1100	700	410	1110	2210	2016
Італія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	1000	н.д.	1000	1000	2016
Литва	н.д.	н.д.	н.д.	4063	н.д.	н.д.	н.д.	4063	2016
Люксембург	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	211	211	2016
Латвія	221	442	3	666		253	253	919	2018
Нідерланди	н.д.	н.д.	н.д.	13	245		245	258	2016
Польща	9000	7832		16832	992		992	17824	2018
Румунія	2600	600		3200	600	2530	3130	6330	2016
Швеція	1672	8587	673	10932		691	691	11623	2016
Словенія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	400	н.д.	400	400	2016
Словачія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	200	н.д.	200	200	2016
Великобританія	н.д.	н.д.	н.д.	3000	10000	н.д.	10000	13000	2018

Джерело: Статистичний Звіт Bioenergy Europe, 2021

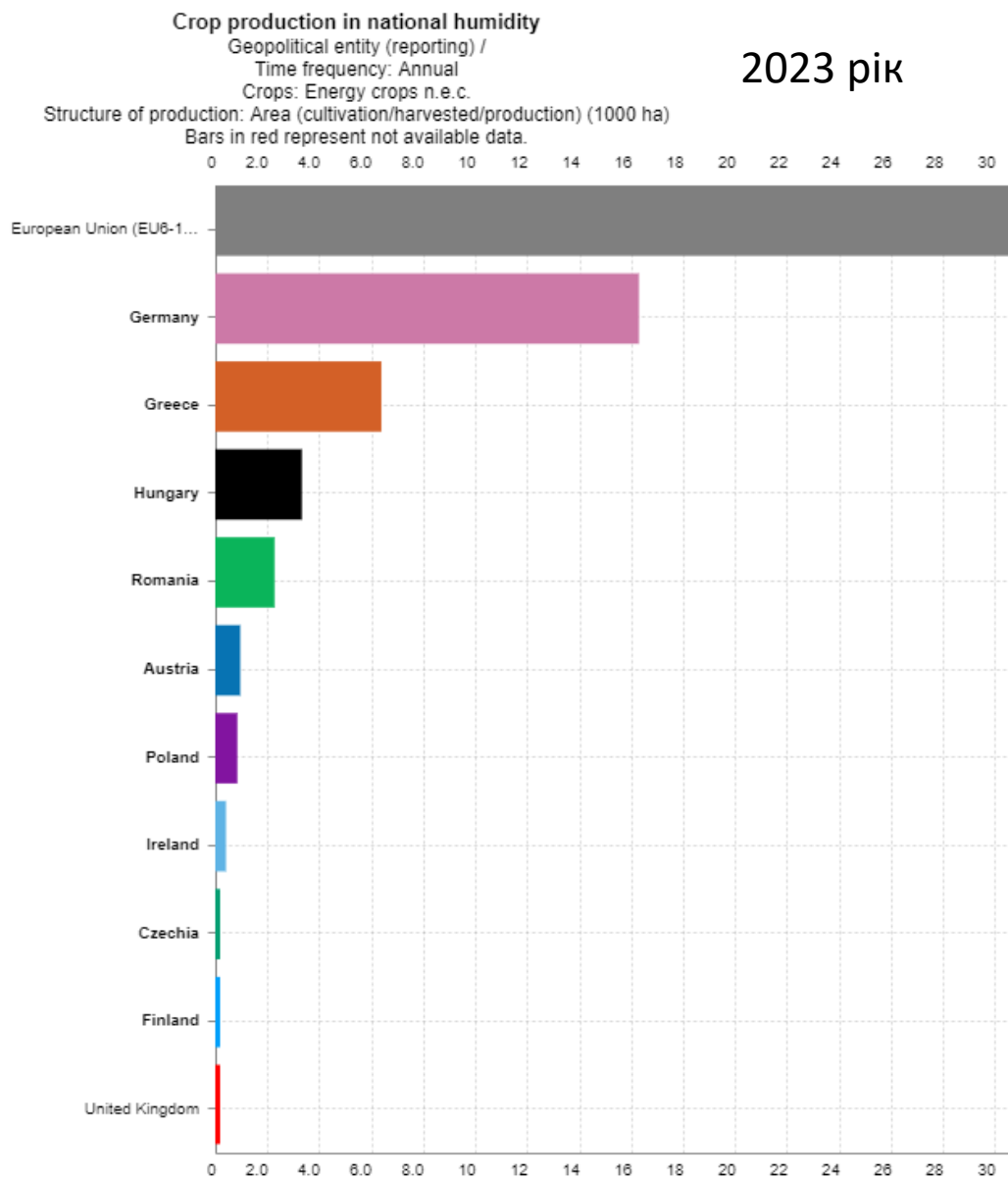
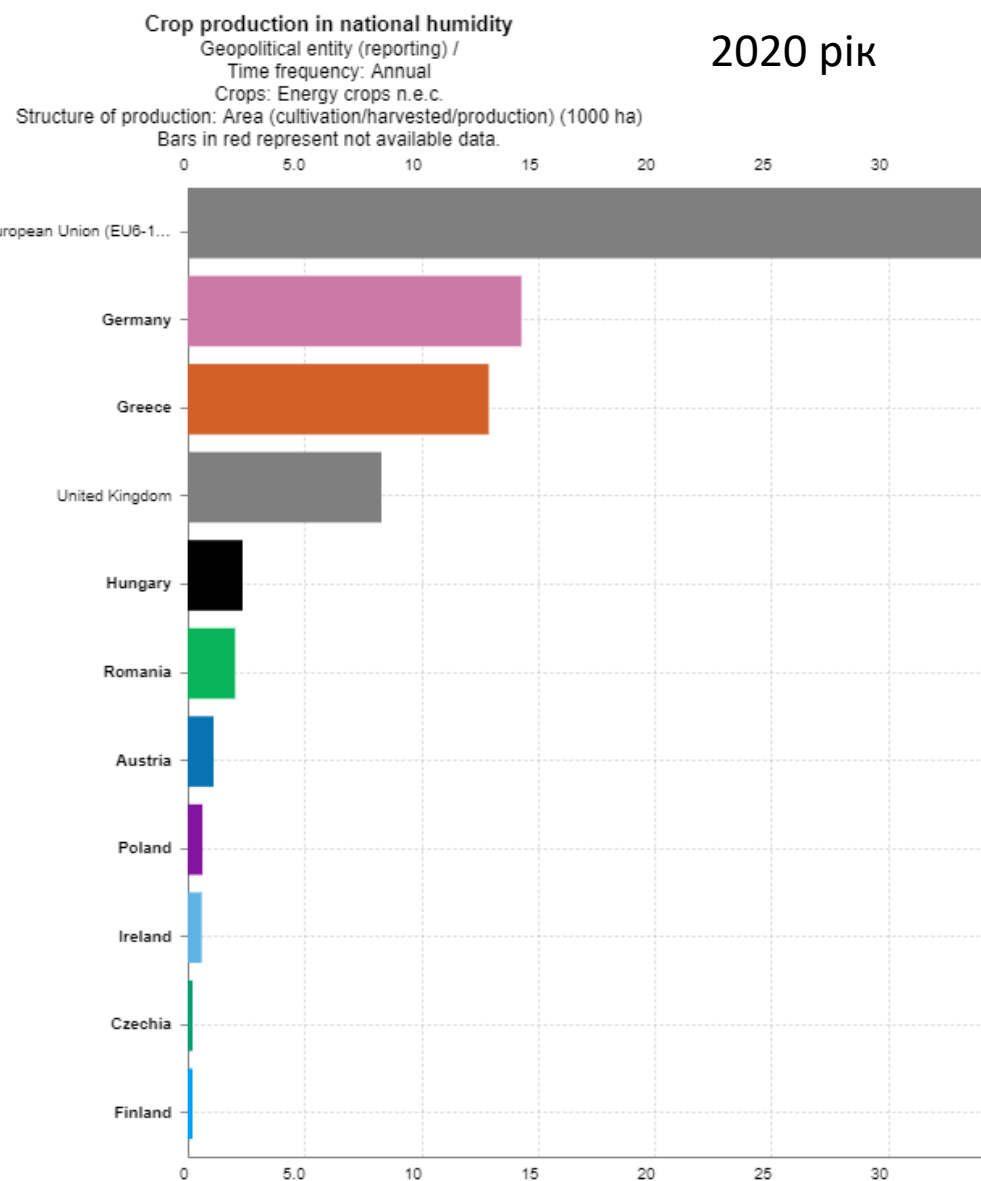
Енергетичні рослини: статистика (2)



Source of data: Eurostat (online data code: apro_cpn1)
Last update: 08/05/2024 23:00

This graph has been created automatically by ESTAT/EC software according to external user specifications for which ESTAT/EC is not responsible.
General disclaimer of the EC website: https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en.html

Енергетичні рослини: статистика (3)



Енергетичні рослини: статистика (4)

	Total Land Area	Forest area			Share of forest area out of total land area	Growth in forest area 2020-2021
		Total forest area	Naturally regenerating forest	Planted Forest ²		
EU27	399.658	159.339	105.975	53.364	40%	0,01%
AT	8.252	3.903	2.232	1.671	47%	0,1%
BE	3.028	689	251	438	23%	0,04%
BG	10.856	3.906	3.139	767	36%	-1,9%
CY	924	173	140	33	19%	-0,28%
CZ	7.719	2.679	142	2.537	35%	0,1%
DE	34.939	11.419	5.710	5.710	33%	0,00%
DK	4.000	629	228	402	16%	0,2%
EE	4.275	2.438	2.223	216	57%	0,02%
EL	12.890	3.902	3.763	139	30%	0,0%
ES	49.973	18.576	15.985	2.591	37%	0,02%
FI	30.395	22.409	15.041	7.368	74%	0,0%
FR	54.756	17.336	14.867	2.469	32%	0,48%
HR	5.596	1.942	1.875	67	35%	0,1%
HU	9.126	2.052	1.264	788	22%	-0,07%
IE	6.889	786	108	678	11%	0,5%
IT	29.572	9.620	8.974	646	33%	0,56%
LT	6.261	2.203	1.589	614	35%	0,1%
LU	257	89	59	30	34%	-0,34%
LV	6.223	3.415	2.943	471	55%	0,1%
MT	32	0	0	0	1%	0,00%
NL	3.367	370	38	333	11%	0,1%
PL	30.610	9.420	2.054	7.366	31%	-0,66%
PT	9.161	3.312	1.056	2.256	36%	0,0%
RO	23.008	6.929	6.034	895	30%	0,00%
SE	40.728	27.980	13.894	14.086	69%	0,0%
SI	2.014	1.236	1.190	45	61%	-0,18%
SK	4.808	1.926	1.177	749	40%	0,0%

Source: FAOstat

Площа лісів у країнах-членах ЄС-27 у 2021 році, 1000 га

² FAO uses the current Global Forest Resources Assessment's (FRA) definitions for forests. A planted forest is defined as a forest that at maturity is predominantly composed of trees established through planting and/or deliberate seeding. Planted forest includes but is not limited to plantation forest. Plantation forest is defined as an intensively managed planted forest that at maturity is composed of one or two species, has one age class, and has regular tree spacing. Forest that is planted for ecosystem restoration or protection and forest that resembles natural forest at stand maturity is not defined as plantation forest, as per the Forest Resources Assessment (FRA) 2020.

Джерело: *Звіт Bioenergy Europe, European Bioenergy Outlook – Biomass Supply, 2023*

Енергетичні рослини: статистика (5)

Енергетичні рослини у Великобританії:

У 2022 році близько 121 тис. га землі використовувались для вирощування енергетичних рослин у Великобританії, із яких більшість (92%) для біопалив та біогазу.

Джерело: Стратегія із використання біомаси Сполученого Королівства (Biomass Strategy).

<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/64dc8d3960d123000d32c602/biomass-strategy-2023.pdf>

Table A: Total area of crops grown for bioenergy, UK 2008 - 2020													Thousand hectares
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total utilised agricultural area (UAA)(a)	17 703	17 325	17 234	17 172	17 190	17 259	17 240	17 147	17 360	17 476	17 361	17 532	17 269
UAA as a proportion of total UK area	73%	71%	71%	70%	70%	71%	71%	70%	71%	72%	71%	72%	71%
Total arable area(b)	5 900	5 922	5 847	5 931	6 086	6 147	6 115	5 885	5 911	5 963	5 919	5 968	5 857
wheat of which:	2 080	1 775	1 939	1 969	1 992	1 615	1 936	1 832	1 823	1 792	1 748	1 816	1 387
used for bioethanol(c)	0	0	42	6	20	26	53	41	66	56	22	11	29
barley	1 032	1 143	921	970	1 002	1 213	1 080	1 101	1 122	1 177	1 138	1 162	1 388
used for bioethanol(c)							9	0	0	0	0	0	0
oilseed rape of which:	598	570	642	705	756	715	675	652	579	562	583	530	380
used for biodiesel(c)	19	22	10	8	3	8	13	0	0	0	0	0	0
sugar beet of which:	120	114	118	113	120	117	116	90	86	111	114	108	111
used for bioethanol(c)	6	8	12	3	10	8	8	8	3	5	7	8	7
maize (fodder and grain)	153	163	164	164	158	194	183	187	194	197	224	228	223
used for anaerobic digestion (England only)							29	34	52	57	57	67	75
short rotation coppice (England only)	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
miscanthus (England only)	7	9	9	8	8	7	7	7	7	7	7	8	8
uncropped arable land	194	244	174	156	153	255	160	214	262	241	265	224	362
temporary grass under 5 years old	1 141	1 241	1 232	1 278	1 357	1 390	1 396	1 167	1 144	1 144	1 152	1 193	1 181
permanent grassland (incl. sole right rough grazing)	10 395	9 996	9 980	9 858	9 725	9 742	9 755	9 880	10 079	10 138	10 072	10 193	10 042
UK area used for biofuel crops (c) (d)	25	30	64	17	32	42	82	49	69	62	29	19	36
% of UK arable area used for biofuel crops (c) (d)	0,4%	0,5%	1,1%	0,3%	0,5%	0,7%	1,3%	0,8%	1,2%	1,0%	0,5%	0,3%	0,6%
UK area used for bioenergy crops (c) (e)	39	43	76	28	42	52	122	93	132	129	96	96	121
% of UK arable area used for bioenergy crops (c) (e)	0,7%	0,7%	1,3%	0,5%	0,7%	0,8%	2,0%	1,6%	2,2%	2,2%	1,6%	1,6%	2,1%
Source: UK Agricultural departments' June Survey/Census of Agriculture													
(a) Includes all arable and horticultural crops, uncropped arable land, common rough grazing, temporary and permanent grassland and land used for outdoor pigs (excludes woodland and other land).													
(b) Arable area is defined as the area of arable crops, uncropped arable land and temporary grassland.													
(c) 2020 figures are provisional and are subject to revision.													
(d) Biofuel crops cover those used to produce bioethanol and biodiesel.													
(e) Bioenergy crops cover those used for biofuel, as plant biomass and as feedstock for anaerobic digestion.													

Джерело: <https://www.gov.uk/government/statistics/area-of-crops-grown-for-bioenergy-in-england-and-the-uk-2008-2020>

Енергетичні рослини: статистика (6)

Енергетичні рослини в Китаї:

Біоенергетичні культури становлять значну частку біоенергетики, заснованої на біомасі, і нещодавно уряд Китаю сприяв їх вирощуванню, щоб допомогти подолати конфлікти, пов'язані з продовольством і паливом. У Китаї вживаються заходи щодо просування біоенергетичних культур на маргінальних землях Китаю, і різні регіони країни з маргінальним ґрунтом були оцінені для вирощування біоенергетичних культур.

Наприклад, місцева китайська багаторічна трава Міскантус (C4) може рости в усіх кліматичних зонах Китаю та виробляти велику кількість біомаси. Він може служити найвидатнішим одомашненим і добре адаптованим видом енергетичних культур другого покоління в Китаї. Уряд планує виробити один мільярд тонн біомаси міскантусу з приблизно 100 млн га маргінальних і деградованих земель, розташованих у північному та північно-західному Китаї.

Джерело: Marginal lands for bioenergy in China; an outlook in status, potential and management, 2020.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/qcbb.12770>



03. Енергетичні рослини: види та характеристики



Види енергетичних рослин

Трав'яні (Crops)

Однорічні (Annual)

Олійні

Ріпак
Амарант
Суріпиця звичайна
Рижій посівний
Ефіопська гірчиця

Багаторічні (Perennial)

Сильфій
суцільнолистий

Цукристі

Цукрове сорго
Топінамбур
Тифон

Цукрова тростина

Крохмале- вмісні

Щавнат

Лігно- целюлозні

Міскантус
Просо прутувидне
Сіда
Сильфій пронизанолистий
Арундо тростинний
Канаркова трава

Деревні (SRC)

Тополя
Верба
Павловнія
Сосна (звичайна та чорна)
Робінія звичайна та ін



Енергетичні рослини: врожайності у т сух. м./га·рік

Common English name	Latin name	Photosynthetic pathway	Yields reported [t dry matter/ha.year]
Miscanthus	Miscanthus spp.	C4	5-44
Switchgrass	Panicum virgatum L.	C4	5-24
Giant Reed	Arundo donax L.	C3	5-37
Reed canarygrass	Phalaris arundinacea L.	C3	5-13
Meadow Foxtail	Alopecurus pratensis L.	C3	6-13
Big Bluestem	Andropogon gerardii Vitman	C4	8-15
Cypergras, Galingale	Cyperus longus L.	C4	4-19
Cocksfoot grass	Dactylis glomerata L.	C3	8-10
Tall Fescue	Festuca arundinacea Schreb.	C3	8-14
Raygras	Lolium ssp.	C3	9-12
Napier Grass	Pennisetum purpureum Schum	C4	27
Timothy	Phleum pratense L.	C3	9-18
Common Reed	Phragmites communis Trin.	C3	9-13
Sugar cane	Saccharum officinarum L.	C4	27
Giant Cordgrass/	Spartina cynosuroides L.	C4	5-20
Prairie Cordgrass	Spartina pectinata Bosc.	C4	4-18

C4 рослини – високопродуктивні рослини здатні стійко здійснювати фотосинтез при високих температурах і в посушливих умовах



Джерело: <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/energy-crops/>

Енергетичні рослини: характеристики (1)

Назва	Наукова назва	LHV, МДж/кг	Цикл плантації, років	Періодичність збору біомаси, років	Врожайність біомаси, т/га/рік (сух. реч.)
Верба прутовидна	Salix Viminalis L.	16,7...18,4	20...25	2...3	7,2...10,1 [1]
Павловнія	Paulownia Sieb. et Zucc.	16,67	45...50	3	3,6...8 [1, 3]
Тополя	Populus sp. L.	17.7...18.7	20...25	2	4...10
Міскантус	Miscanthus x giganteus	16,8...20,4	20...25	1	16,4...28 [4]
Просо прутоподібне	Panicum virgatum L.	15,9...17,7 [5]	10...15	1	8,5...15 [6, 7]
Сильфій пронизанолистий	Silphium perfoliatum L.	14,6...17,9 [8]	15...20	1	11,6...21,9 [9, 10]
Арундо тростинний	Arundo donax L.	16...18 [11]	30...50	1	25...50 [12]



Енергетичні рослини: характеристики по відношенню до умов вирощування

Культура	Температура, °C			Потреба у воді	Морозо-стійкість	Посухо-стійкість
	проростання насіння	ріст культури				
		min	max			
Однорічні культури						
Ріпак	>5	5	30	середня	висока	середня
Соняшник	10	5	35	середня	низька	середня
Льон	7-9	8	30	середня	середня	середня
Сорго	12	10	40	середня	низька	висока
Швидкозростаючі деревовидні культури						
Верба	-	0	30	висока (опади від 650 мм/рік)	висока	низька
Тополя	-	0	30	середня	середня	середня
Багаторічні трав'янисті культури						
Просо прутіподібне	>15	10	35	середня	висока	середня/ висока
Міскантус	>8	10	40	середня/висока (опади від 500 до 900 мм/рік)	середня	середня/ висока



Енергетичні рослини: характеристики біомаси

Показники	Міскантус	Верба	Тополя	Солома*	Деревна тріска *
Вологість при збиранні, %	15-23	40 -53	50-55	10-15	35-55
Насипна щільність, кг/м ³	200-220	220-300	220-300	100-180	240-350
Нижча теплота згорання, Q _p , МДж/кг	14-10	10-8	10-8	15-13,5	12-8
Елементний склад*, %:					
Сl	0,04	0,02-0,03	0,03 - 0,04	0,14-0,97	0,02
N	0,16 -1,37	0,5-1,0	0,77 - 0,9	0,4-0,6	0,3
S	0,28	0,03 - 0,34	0,03 - 0,2	0,05-0,2	0,05
Зольність А, %	2,3-3,7	1,5-2	0,5-1,9	2-8	0,5-1,5
Температура плавлення золи, °С	1250 - 1385	>1500	1160-1500	850-1050	1000-1400

База різних видів біомаси з характеристиками Phyllis:

<https://phyllis.nl/Home/Help>



* Для порівняння.

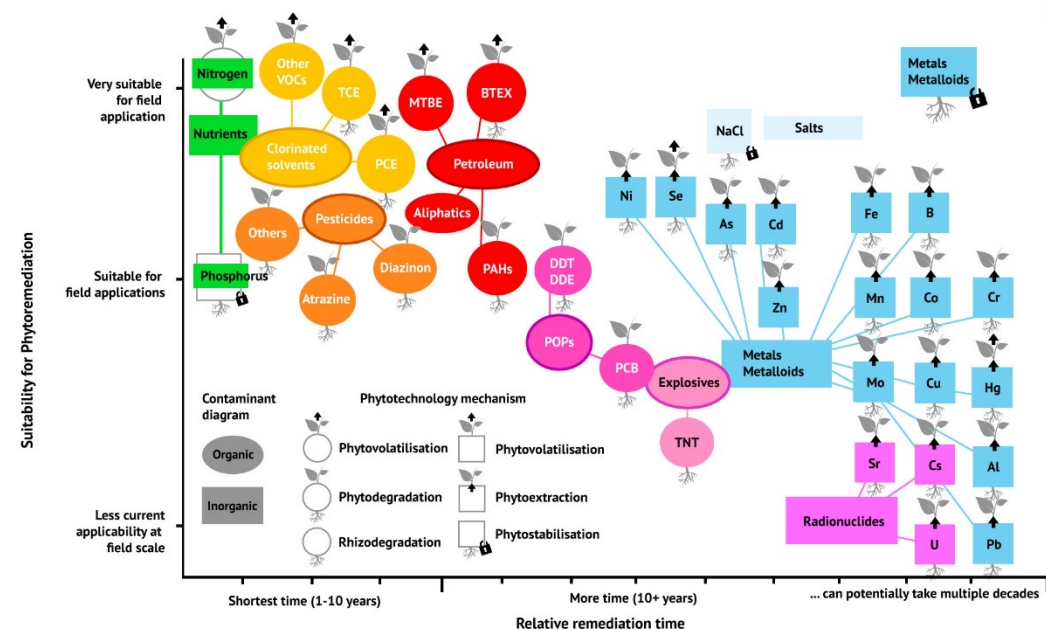
Енергетичні рослини: корисна література

1. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications
<https://nishat2013.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/11/handbook-of-bioenergy-crops.pdf>
2. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні – Аналітична записка UABIO 10
<https://uabio.org/activity/1131/>
3. Catalogue for bioenergy crops and their suitability in the categories of MagLs
<https://www.seemla.eu/catalogue-for-bioenergy-crops-and-their-suitability-in-the-categories-of-magls/>
4. Енергетична верба: технологія вирощування та використання
https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna_verba.pdf
5. Вирощування біоенергетичних культур -
https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/vyroshchuvannya_bioenergetychnyh_kultur.pdf
6. Вирощування енергетичних культур для власного споживання в громадах України
<https://u-lead.org.ua/storage/admin/files/eff925dd2c23a1e6564fbc8c89f8ba4f.pdf>



Енергетичні рослини: характеристики щодо фітореMediaції

Energy crop	Inorganic		Energy crop	Organic				
	Metals Metalloids	Radionuclides		Petroleum	Pesticides	POPs	Explosives	Chlorinated solvents
Beta vulgaris	+		Avena sativa	+				
Brassica juncea	+	+	Cucurbita pepo		+			
Brassica napus	+		Dactylis glomerata	+			+	
Festuca arundinacea	+	+	Festuca arundinacea	+		+	+	
Helianthus annuus	+	+	Helianthus annuus	+			+	
Linum usitatissimum	+		Linum usitatissimum	+		+		
Lolium perenne		+	Lolium perenne	+		+		
Medicago sativa	+		Lotus corniculatus	+				
Miscanthus giganteus	+		Medicago sativa	+		+		
Phalaris arundinacea	+	+	Miscanthus giganteus	+				
Phragmites australis		+	Phragmites australis	+		+	+	
Populus spp.	+		Pinus sylvestris	+				
Rumex acetosa	+	+	Poaceae	+				
Salix spp.	+	+	Populus spp.	+		+	+	
Salix viminalis	+		Robinia pseudoacacia	+				
Silphium perfoliatum	+		Salix alba	+		+		
Typha spp.		+	Salix spp.	+		+		+
Zea mays	+		Salix viminalis	+				
			Typha spp.	+	+		+	
			Zea mays	+	+		+	



Phytovolatilization - Фітовипаровування означає використання рослин для поглинання забруднювачів важких металів і перетворення їх у летучі, менш небезпечні хімічні речовини за допомогою транспірації.

Phytodegradation - Фітодеградація — це поглинання, метаболізація та розкладання забруднюючих речовин у рослині або розкладання забруднюючих речовин у ґрунті, осадах, мулі, ґрунтових або поверхневих водах ферментами, які виробляються та вивільняються рослиною.

Phytoextraction - Фітоекстракція — це підпроцес фітореMediaції, під час якого рослини видаляють небезпечні елементи або сполуки з ґрунту чи води, найчастіше важкі метали, метали, які мають високу щільність і можуть бути токсичними для організмів навіть у відносно низьких концентраціях.

Rhizodegradation - Ризодеградація - це процес, у якому забруднюючі речовини біологічно розкладаються на менш токсичні речовини під дією мікроорганізмів, що живуть у ризосфері. У цьому процесі рослини виділяють кореневі екsudати, які стимулюють ріст мікроорганізмів, здатних розкласти забруднюючі речовини.

04. Енергетичні рослини: економіка вирощування



Складові економічного розрахунку

Капітальні витрати:

1. Посадковий матеріал
2. Техніка

Операційні витрати:

1. Паливо (дискування, оранка, культивуція, посадка, міжрядний обробіток, внесення гербіциду, внесення мінеральних добрив, збір врожаю, транспортування тріски)
2. Добрива
3. Гербіциди/інсектициди
4. Оренда ділянки
5. Заробітна плата



Економіка вирощування: капітальні інвестиції (1)

Як розрахувати необхідну площу плантації?

Необхідні вхідні дані:

1. Кількість палива, т/рік
2. Врожайність енергетичної культури, т/га

$$\text{Площа плантації, га} = \frac{\text{Кількість палива, т/рік}}{\text{Врожайність енергетичної культури, т/га}}$$

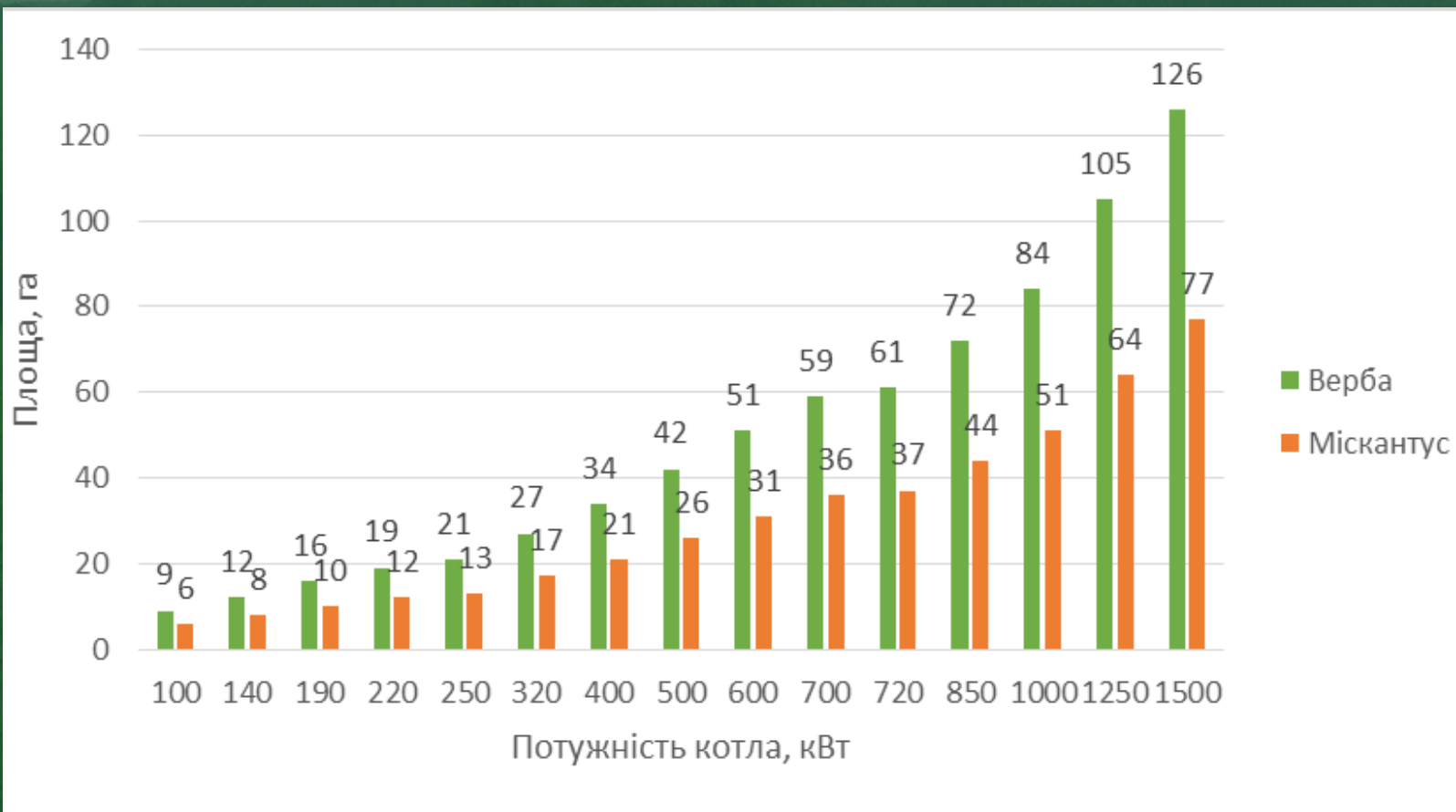
Щорічний збір біомаси

$$\text{Площа плантації, га} = \frac{\text{Кількість палива, т/рік}}{\text{Врожайність енергетичної культури, т/га} \times \left(\frac{1}{N}\right)}$$

Збір біомаси 1 раз на N років



Розрахунок площі плантації залежно від потужності енергетичного обладнання

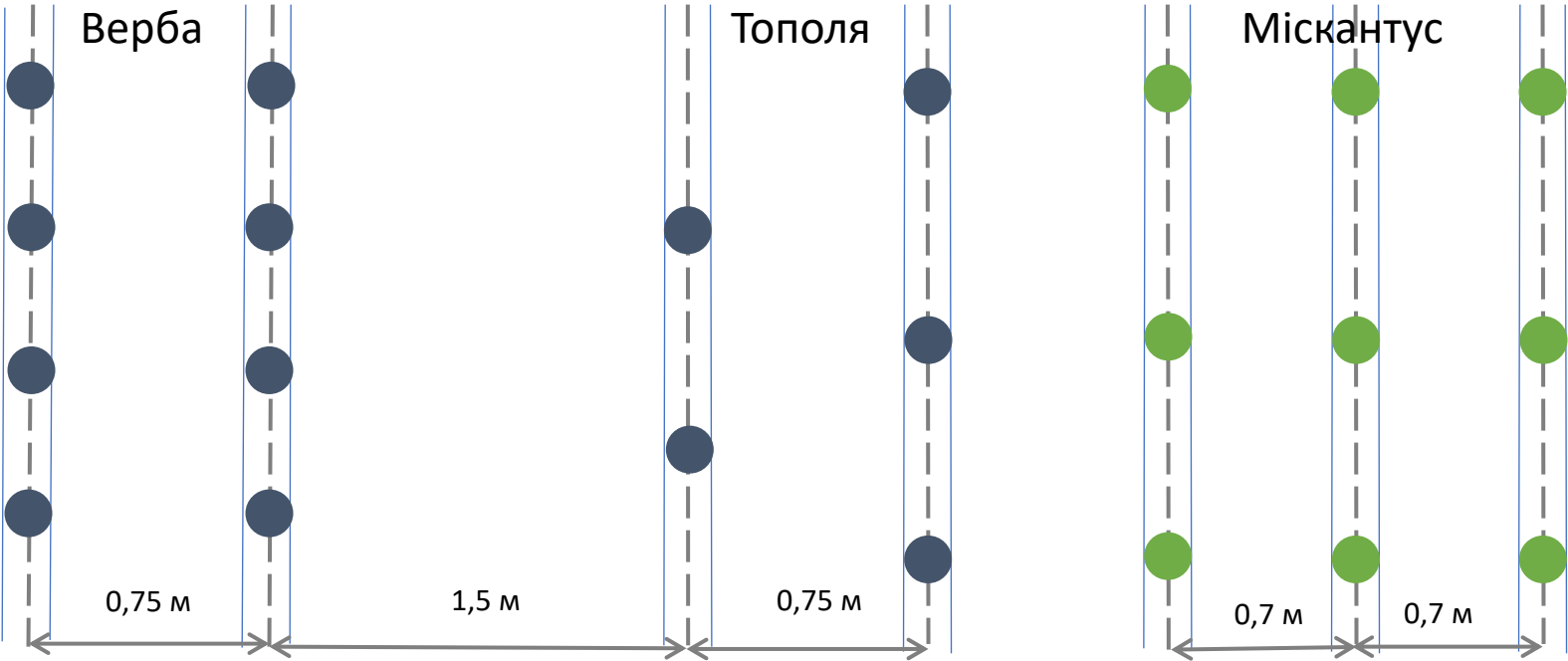


Показник	Значення
Тривалість опалювального періоду	178 днів
Номінальне навантаження установки	70%
ККД котла	85%
Врожайність Верби 2-6 збору (1 і 7 збору), 50% вологості	60 (36) т/га/рік
Врожайність Міскантусу 3-20 збору (1, 2 збору), 20% вологості	20 (5, 12) т/га/рік
Нижча теплота згорання тріски Верби, Q_{p_n} , МДж/кг	9,8 МДж/кг
Нижча теплота згорання тріски Міскантусу, Q_{p_n}	14 МДж/кг

Економіка вирощування: капітальні інвестиції (2)

Як розрахувати необхідну кількість посадкового матеріалу для плантації?

	Верба	Тополя	Міскантус
Відстань між саджанцями/ризоммами в рядку, м	0,7 / 0,6	1	1 / 0,7
Щільність посадки, штук/га	12 500 / 15 000	8 900	14 000 / 20 000



Енергетична рослина	Вартість посадкового матеріалу, грн/шт	Щільність посадки, шт./га	Витрати на посадковий матеріал, грн./га
Верба	0,8 – 1,2	10 000-15 000	8 000 – 18 000
Тополя	1,0 – 1,5	9 000-12 000	9 000 – 18 000
Міскантус	2,0-3,5	14 000-20 000	28 000 – 60 000

! Щільність посадки

Відстань між спареними рядками залежить від наявної техніки, яка буде застосовуватись під час вирощування.

$$G = \frac{L_p}{n} = \frac{10000 \cdot N}{n \cdot (a + b \cdot (N - 1))}$$

де G – густина стояння рослин, шт./га;
 a – ширина міжрядь між смугами, м;
 b – ширина міжрядь у смугі, м;
 n – відстань між рослинами в рядку (крок садіння), м;
 N – кількість рядків у смугі, шт.



Економіка вирощування: капітальні інвестиції (3)

Техніка для посадки

Верба, тополя



Egedal Energy Planter, 4-рядна,
Продуктивність: **1,5-3 га/год**,
Egedal Maskinfabrik A/S,
<http://www.egedal.dk>



МС-4 «ВЕРБА», 4-рядна,
Продуктивність: **1,1-1,5 га/год**,
ННЦ «ІМЕСГ»,
Відділ НТЗ виробництва
біоенергетичних культур та
овочів, Борис Андрій
Миколайович, тел. (04571) 3 11
00, (097) 1559104

Міскантус



Посадкова машина 2х рядна
для міні-трактора
Продуктивність: **0,4-0,5 га/год**
Ціна: 12 – 22 тис. грн



Навісна посадкова
машина СРМ-4.
Продуктивність: **1,2 га/год**
<https://smg.co.ua/ua/p1673230766-sazhalka-miskantus-rizoma.html>
Ціна: 208 тис. грн.

Посадка енергетичної верби/тополі

Машинна посадка верби



<https://youtu.be/cH8JmghnXV4>



Довгі саджанці під машинну посадку:

Довжина: > 1 м



Посадка вручну



Короткі саджанці:

Довжина: 20 см (верба),

25 см (тополя)

Діаметр: 0,7-2 см (верба),
до 2,8 см (тополя)

- Потребує додаткової операції зі створення борозен
- Менші інвестиції
- Підходить для невеликих площ
- 8-9 робітників на 1 га в день
- Тополя висаджується тільки вручну

Посадка міскантусу



4 га / 8 год



5-6 осіб – 1 га/8 год



Економіка вирощування: капітальні інвестиції (4)

Техніка	Необхідна кількість, шт	Енергетична культура	Приклад
Трактор	3	В/М	MT3-82, Belarus - 1221.2
Причіп трісковоз	3	В/М	2ТСП-14
Плуг навісний	1	В/М	ПЛН-3-35
Важка дискова борона	1	В/М	БДВП-4,2
Агрегат дисковий (дискова борона/дископлуг)	1	В/М	АГ-2,1; СТЕП АГМ-3,6
Культиватор (причіпний)	1	В/М	
Борона пружинна (Метелик)	1	Міскантус	БПН-12
Дисковий культиватор	1	В/М	ЛСД 2,8
Оприскувач навісний	1	В/М	ОП-2000
Ґрунтова фреза	1	Верба	Celli Ranger 400; GQN-220
Розкидач мін. добрив	1	В/М	РУН-0,8
Посадкова машина	1	В/М	Egedal Energy Planter
Комбайн	1	В/М	Claas Axion 820
Навісна насадка на комбайн	1	В/М	JF Z200-HYDRO/E
Телескопічний навантажувач	1	В/М	Changlin 936 X

Економіка вирощування: Технологічна карта (1)

Рік	Сільськогосподарські операції	Строки прове-дення операцій, міс.	Техніка	
			Міскантус	Вербка
0 рік	1. Основний обробіток ґрунту			
	Дискування на глибину до 12 см	VIII	ХТЗ-242К + БДВП-5,5	
	Транспортування води для приготув. гербіциду	VIII	John Deere 6930 + РЗС-6	
	Приготування та внесення гербіциду	VIII	МТЗ-892 + Харді Ренджер	
	Транспортування мінеральних добрив	IX	John Deere 6930 + 2ПТС-6	
	Внесення добрив	IX	ХТЗ-242К + РУМ-8	
	Оранка на глибину до 30 см	IX	John Deere 8360R + KUHN-6 корп.	
1й рік	2. Передпосадковий обробіток ґрунту та посадка			
	Передпосадкова культивація	IV	ХТЗ-242К + КПС-8	
	Підготовка та завантаження саджанців	IV	вручну	
	Транспортування саджанців верби/ризом міскантусу	IV	John Deere 6930 + 2ПТС-6	
	Посадка	IV	МТЗ-892 + КСН-Л-202	John Deere 8360R + Egedal 4 рядн.
	3. Догляд за насадженнями			
	1-е , 2-е досходове боронування на 3-5 см	IV, V	МТЗ-892 + БПН-12	
	Транспортування води для приготування гербіциду	V (М); IV (В)	John Deere 6930 + РЗС-6	
	Приготування та внесення гербіциду	V (М); IV (В)	МТЗ-892 + Харді Ренджер	
	Міжрядний обробіток ґрунту фрезою між суміжними рядками	V		ХТЗ-242К + Celli Ranger 400
	Міжрядне дискування	V		John Deere 6930 + ЛСД-3,7
	Транспортування води для приготування гербіциду	VI (М); V (В)	John Deere 6930 + РЗС-6	
	Приготування та внесення гербіциду	VI (М); V (В)	МТЗ-892 + Харді Ренджер	
	Міжрядне дискування	VI	John Deere 6930 + ЛСД-3,7	

Економіка вирощування: технологічна карта (2)

Рік	Сільськогосподарські операції	Строки проведення операцій, міс.	Техніка	
			Міскантус	Верба
1 ^й рік, далі щорічно (М); 3 ^й рік, далі кожен 3 ^й рік (В)	4. Збір біомаси			
	Збір біомаси	XI	Claas Jaguar	Claas Jaguar + HSAB's SRC Chipping Head
	Транспортування біомаси	XI	John Deere 6930 + 2ПТС-6	
2 ^й рік, (М); 3 ^й рік, далі кожен 3 ^й рік (В)	Транспортування води для гербіциду (2-й рік)	V	John Deere 6930 + P3C-6	
	Приготування та внесення гербіциду (2-й рік)	V	MT3-892 + Харді Ренджер	
	Транспортування мінеральних добрив	V		John Deere 6930 + 2ПТС-6
	Приготування та внесення добрив	V		John Deere 8360R + ВНЦ-20
20 ^й рік (М), (В)	Ліквідація плантації		ХТЗ-242К + БДВП-5,5	John Deere 6930 + Multiforst



Економіка вирощування: операційні витрати

Операційні витрати:

1. Паливо (дискування, оранка, культивування, посадка, міжрядний обробіток, внесення гербіциду, внесення мінеральних добрив, збір врожаю, транспортування тріски)
2. Добрива
3. Гербіциди/інсектициди
4. Оренда ділянки
5. Заробітна плата

Витрати на виконання технологічної операції, грн/га = Витрати на ПММ, грн/га + Оплата праці, грн/га + Витрати на матеріали, грн/га

Витрати на ПММ, грн/га = Витрата палива (л/га) * Вартість ПММ (грн/л)

Витрати на оплату праці, грн/га = Витрати праці (люд*год/га) / Робоча зміна (год/день) * Оплата праці робітника (грн/день)

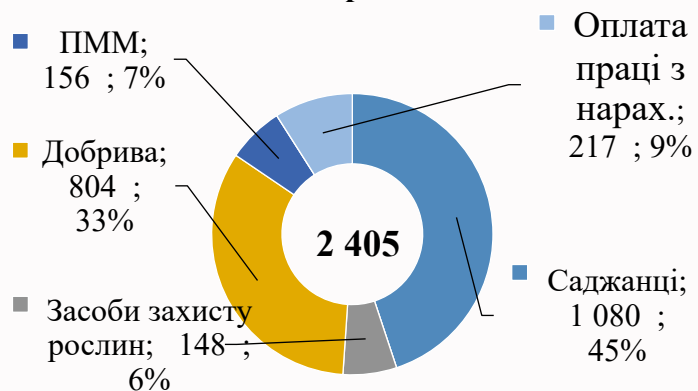
Витрати на матеріали (добрива, пестициди), грн/га = Норма внесення (од./га) * Вартість матеріалів (грн/од.)

Витрати на оренду ділянки, грн/га = Орендна плата (грн/га*рік) * Тривалість існування плантації (років)

ТЕО: СТВОРЕННЯ ПЛАНТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРИСКИ ТА ПОДАЛЬШОГО ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У КОТЛАХ НА БІОМАСІ ІРШАВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ОТГ



Структура капітальних витрат, тис. грн



Найменування параметру	Розмірність	Значення
Площа плантації	га	60
Цикл вирощування	років	3
Площа плантації, яка щорічно збирається	га	20
Прогнозована врожайність біомаси вологістю 50%	т/(га×рік)	20
Локальний склад на полі на відстані	км	2
Центральний склад на відстані	км	10
Мінімальна заробітна плата	грн./міс.	4173
Щорічна вартість оренди 1 га без ПДВ	грн./рік	600
Орендна площа земель	га	60
Ціна продажу тріски без ПДВ	грн/т	1200
Частка кредитних коштів	%	0%
Ставка дисконтування (DR)	%	17%
Основні економічні показники:		
Внутрішня норма рентабельності IRR	%	25%
Чиста приведена вартість NPV	тис. євро	47
Простий термін окупності РВ	років	7,1
Дисконтований термін окупності DPB	років	10,2
Індекс прибутковості PI	-	1,6



Дискусійні питання: інвазивні види та монокультури

У 2023 році в Україні офіційно затвердили перелік чужорідних видів дерев, які заборонено висаджувати у лісах.

13 видів рослин, заборонених для висадки в лісах:

1. айлант найвищий;
2. аралія маньчжурська;
3. в'яз низький;
4. гледичія колюча;
5. горіх чорний;
6. дуб червоний;
7. каркас західний;
8. клен ясенелистий;
9. маслинка вузьколиста;
10. павловнія (види та гібриди);
11. робінія звичайна;
12. черемха пізня;
13. ясен пенсільванський.

"Відтепер ці види заборонено використовувати для створення та відновлення лісів та полезахисних смуг в Україні. Водночас висаджені до набуття Переліком чинності дерева зі списку не будуть вирубуватися"

У Міндовкілля пояснюють, що чужорідні види дерев здатні змінити або знищити цілі екосистеми. Не маючи природних ворогів на нових територіях, вони швидко розмножуються, захоплюють простір та витісняють місцеві види із природних ландшафтів.



"As shown in our results, an introduction of bioenergy crops, especially 2G feedstock, has been shown by several studies to benefit biodiversity if they are grown on a small scale and contribute to increased landscape heterogeneity (Baum et al., [2012](#); Stanley & Stout, [2013](#)).

In contrast, large-scale production of energy crops potentially results in large monocultures and/or aggregated high-intensity production around power plants or biorefineries that could deliver negative effects on biodiversity (Dauber et al., [2010](#); Holland et al., [2015](#))".

Джерело: Bioenergy crops, biodiversity and ecosystem services in temperate agricultural landscapes—A review of synergies and trade-offs, 2023.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcbb.13092>

22 травня - Міжнародний день біорізноманіття



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую!

Олександра Трибой



Ст. консультант НТЦ «Біомаса»



tryboi@secbiomass.com



<https://secbiomass.com>

