

**Представлення Аналітичної записки «Виробництво передового біометану з
проміжних та покривних культур»**

Вебінар 23.05.2025

Перспективи вирощування проміжних і покривних культур для виробництва біометану в Україні

Семен Драгнєв, к.т.н.

Біоенергетична асоціація України

Загальні підходи до вирощування проміжних та покривних культур для виробництва біогазу

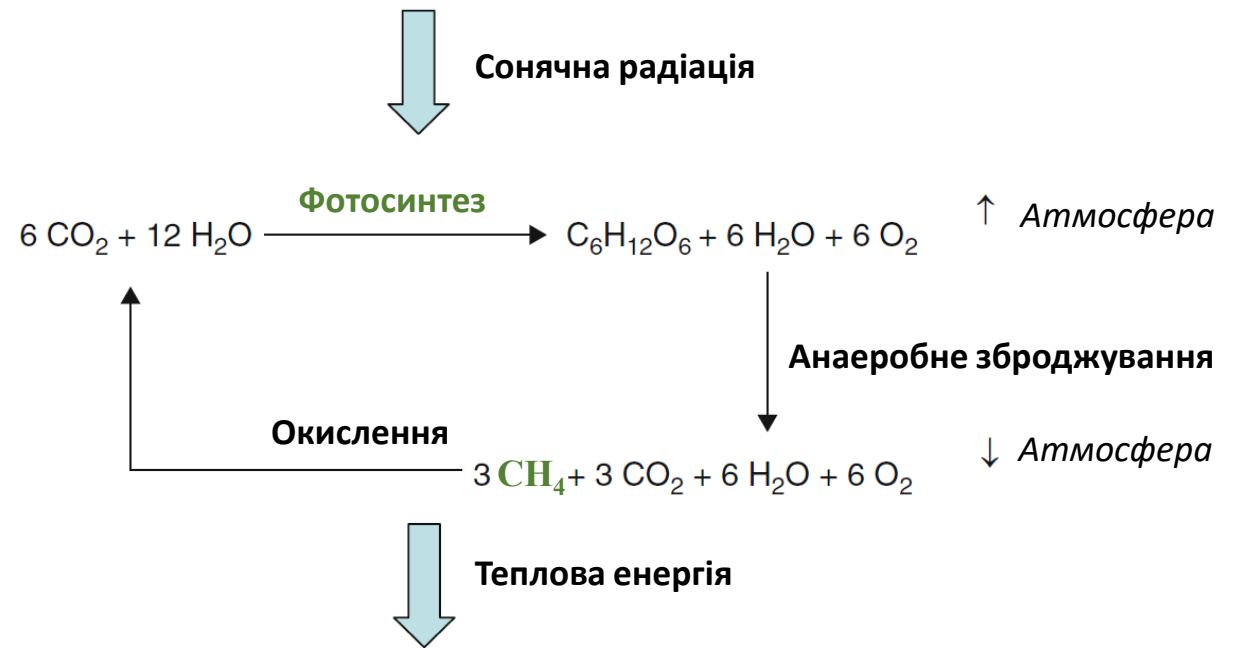
Потенційну урожайність сільськогосподарських культур визначають за надходженням фотосинтетично-активної радіації (ФАР), під дією якої відбувається фотосинтез. Через більш короткий період вегетації рослин, ніж потенційно можливий, потенційно активна енергія сонячної радіації непродуктивно втрачається.

Вирощування проміжних і покривних культур можна розглядати як один із прийомів покращення використання ФАР.

Ефективність формування врожаю сільськогосподарських культур визначається взаємодією факторів росту:

- сонячна радіація;
- температура (тепловий режим);
- характеристики ґрунту;
- наявність вологи;
- контрольоване надходження макро- та мікроелементів.

Схема процесу перетворення енергії у системі «фотосинтез – анаеробна ферментація – окислення»



Джерело: Energy from Organic Materials (Biomass). A Volume in the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, Second Edition. Martin Kaltschmitt (Editor)
<https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7813-7>

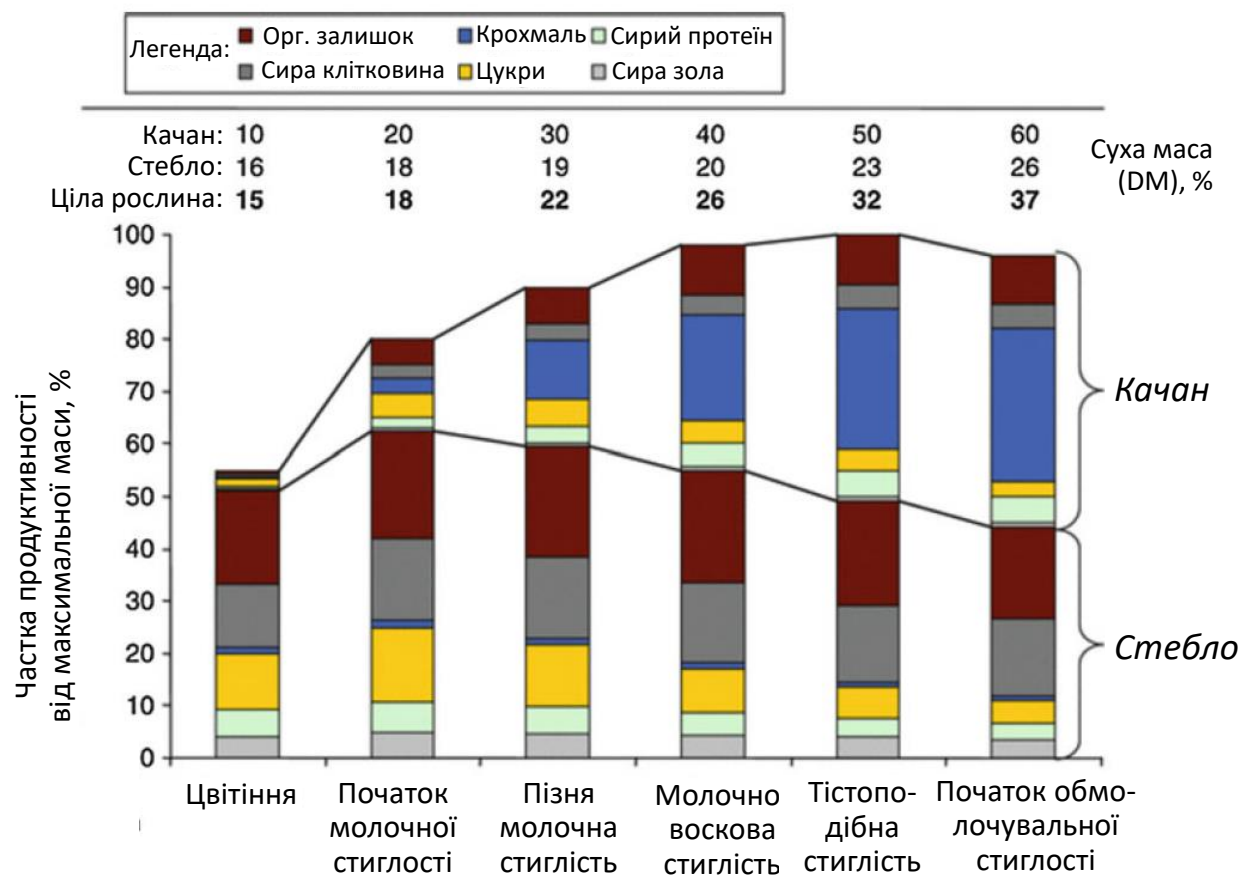
Формування біомаси сільськогосподарських культур

Вегетаційний період сільськогосподарських культур триває від проростання насіння, появи сходів до дозрівання урожаю, і при цьому **рослини проходять різні стадії розвитку, що обумовлюють як обсяги так і хімічний склад біомаси**. Основні речовини, що утворюються в процесі фотосинтезу, та високомолекулярні вуглеводи, ліпіди і білки, що утворюються в наступних метаболічних процесах, служать для утворення речовини рослинних клітин, яка в основному складається з макромолекул.

У процесі вирощування рослин для енергетики важливо отримати біомасу з високим вмістом цільових речовин, які будуть у подальшому перероблятися у біопалива та біогаз.

Швидкість та повнота розпаду різних складових органічної речовини в процесі метанового бродіння суттєво відрізняються. **Біомаса із високим вмістом цукру чи крохмалю швидше зброджується, ніж сировина, яка містить більше целюлози та геміцелюлози.**

Зміна вмісту сухої речовини (%) і її складу у кукурудзі від цвітіння до стиглості для обмолоту (поділяється на качани і кукурудзиння)

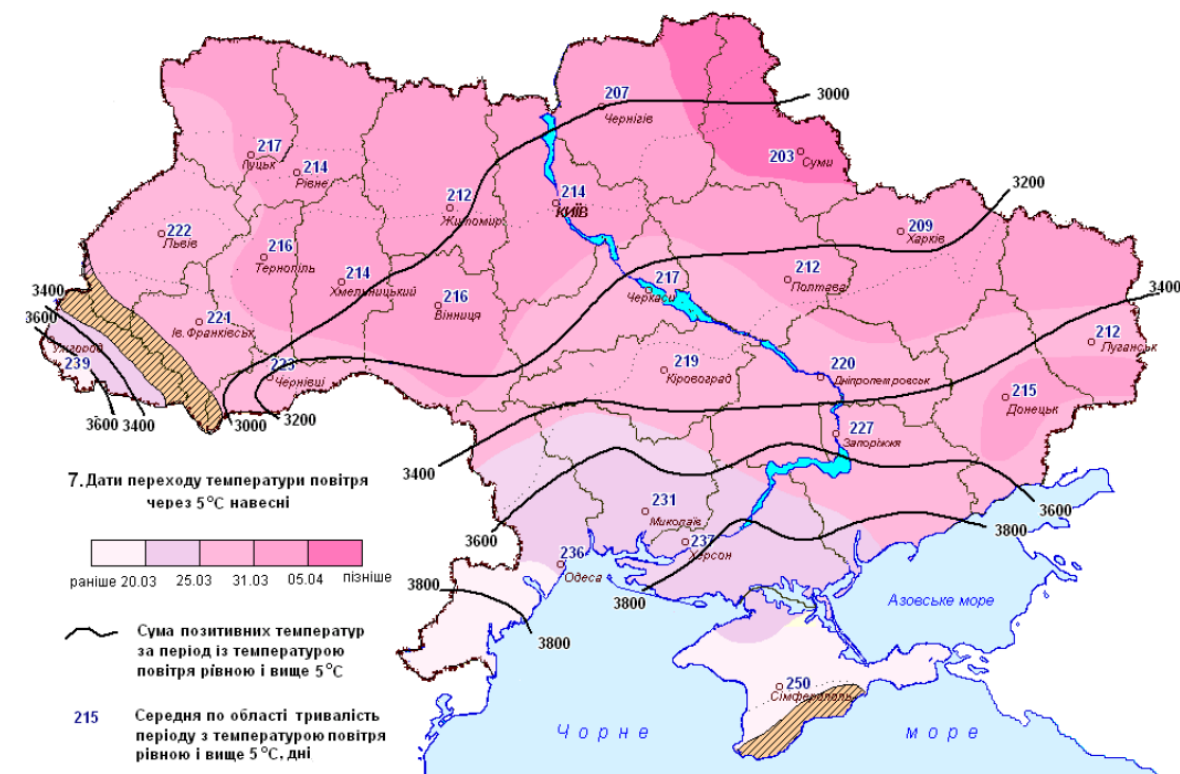


Джерело: Energy from Organic Materials (Biomass). A Volume in the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, Second Edition. Martin Kaltschmitt (Editor)
<https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7813-7>

Агрокліматичні умови України для вирощування проміжних і покривних культур

Практично всі посівні площі сільськогосподарських культур в Україні знаходяться в зоні ризикованого землеробства (території із природним дефіцитом опадів), де є постійний ризик втрати обсягів урожаю у надто посушливий рік або втрати якості урожаю у надмірно дощовий рік.

Дати переходу температури повітря через 5⁰С навесні



Дати переходу температури повітря через 10⁰С навесні



Агрокліматичні умови України та зміни клімату

Кількість опадів (мм) за теплий період (квітень-жовтень)



На більшості території кількість опадів за теплий період складає від 300 до 500 мм. Річна кількість опадів на півдні 400-500 мм (до 400 мм); у північно-західній частині 600-700 мм; у Прикарпатті і Закарпатті – місцями більше 700 мм; на решті території 500-600 мм.

Суми активних температур повітря вище + 10°C в агрокліматичних зонах України за різні періоди

Агрокліматична зона	Періоди		
	1961-1990	1991-2009	2010-2019
Степ	3145	3400	3550
Лісостеп	2705	2950	3150
Полісся	2500	2770	2950

Останнє десятиліття (2015-2024) стало найтеплішим в історії спостережень. 2024 рік встановив новий рекорд, перевищивши попередній найтепліший рік – 2023-й. Глобальне підвищення температур уже сягнуло 1,55°C від доіндустріального рівня, що перевищує поріг 1,5°C, встановлений Паризькою кліматичною угодою.

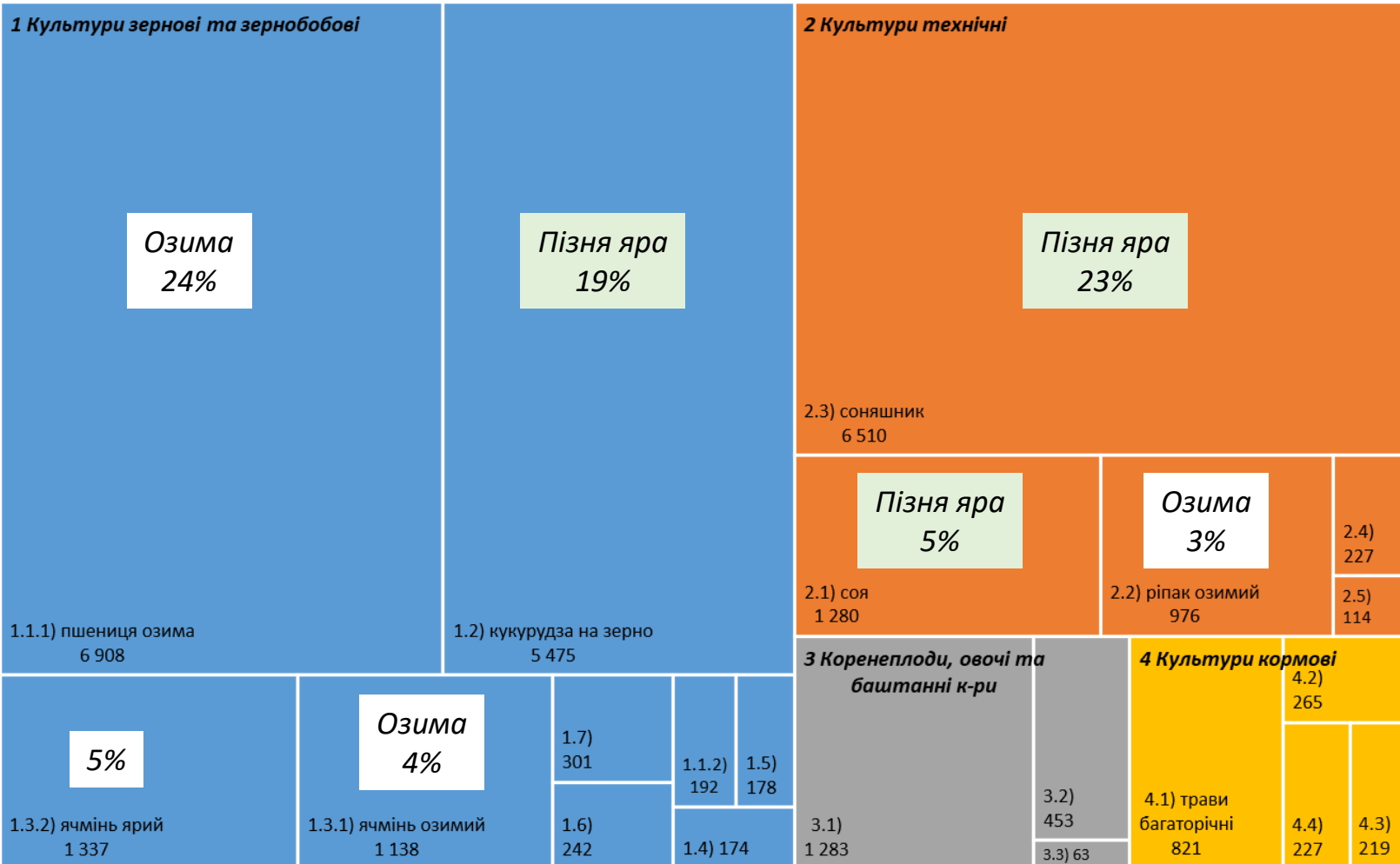
Для України 2024 р. також став найтеплішим за весь період спостережень. Середня річна температура склала 11,5°C, що на 2,5°C вище за кліматичну норму та на 3,5°C вище за норму 1961-1990 років. Фактично, кліматична норма 1991-2020 років, введена у 2021 році, вже застаріла і не відповідає сучасним погодним реаліям.

Джерело: Атлас «Агрокліматичні ресурси України» / за редакцією Т.І. Адаменко, М.І. Кульбиди, А.Л. Прокопенка. – Київ, 2016. – 113 с., Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Німецько-український агрополітичний діалог, 2019, <https://latifundist.com/blog/read/3130-tetyana-adamenko-pro-stan-ozimih-kultur-pislya-rekordno-teplogo-sichnya>.

Впровадження проміжних і покривних культур для виробництва біогазу у сівозміну

Структура посівів сільськогосподарських культур у 2021 р., тис. га

Загалом, сільськогосподарські культури займали 28387,5 тис. га



Наукові принципи побудови сівозмін передбачають правильний підбір попередників та оптимальне поєднання одновидових культур із дотриманням допустимої періодичності їх повернення на одне й те ж поле. При цьому необхідна адаптація виробництва до природно-кліматичних умов регіонів. **Продуктивність культур значною мірою залежить від розміщення їх у сівозміні.**

1 Культури зернові та зернобобові: 15,9 млн га

1.1.1) пшениця озима; 1.1.2) пшениця яра;
1.2) кукурудза на зерно; 1.3.1) ячмінь озимий;
1.3.2) ячмінь ярий; 1.4) жито озиме; 1.5) овес;
1.6) горох; 1.7) інші.

2 Культури технічні: 9,1 млн га

2.1) соя; 2.2) ріпак озимий;
2.3) соняшник; 2.4) буряк цукровий; 2.5) інші.

3 Коренеплоди, овочі та баштанні культури: 1,8 млн га

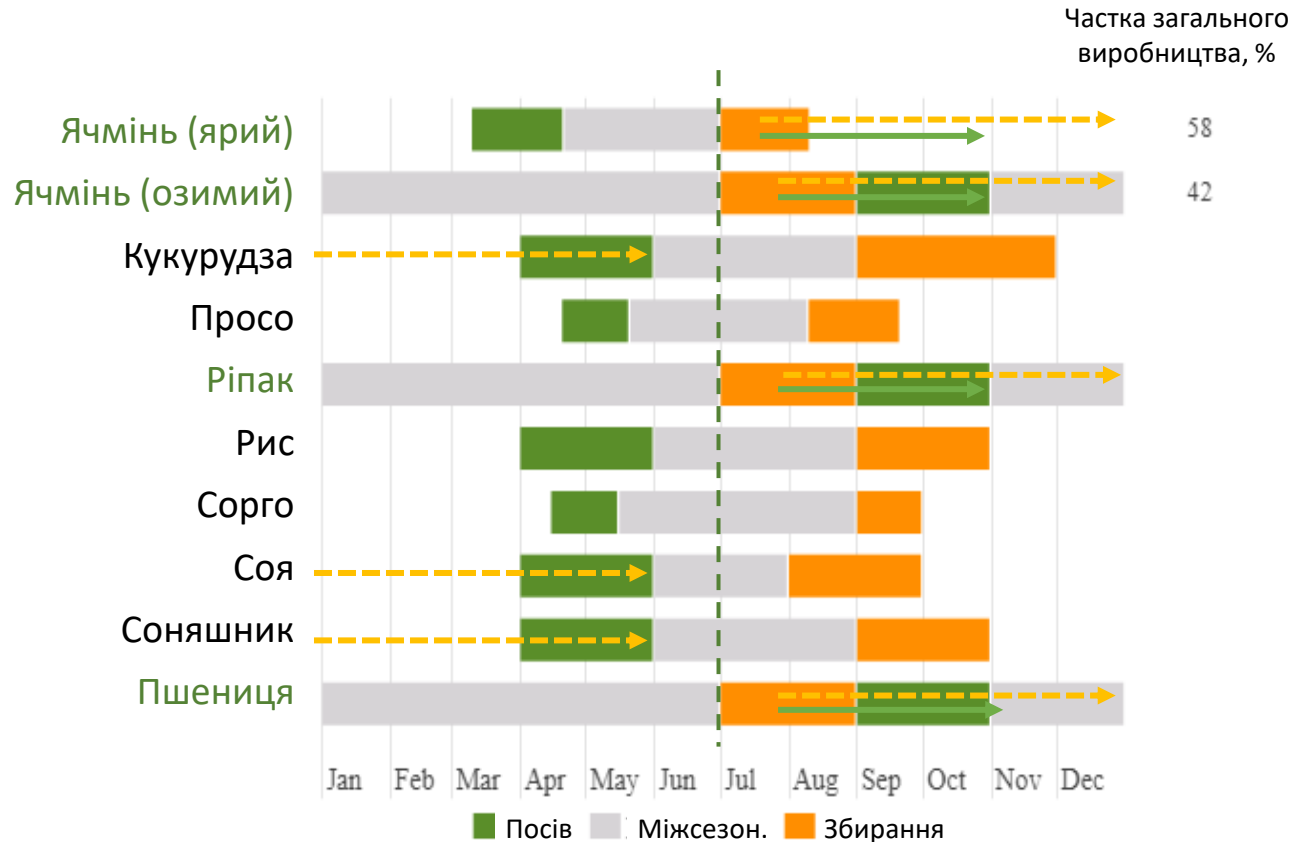
3.1) картопля; 3.2) овочеві відкритого ґрунту;
3.3) баштанні продовольчі.

4 Культури кормові: 1,5 млн га

4.1) трави багаторічні; 4.2) трави однорічні;
4.3) кукурудза кормова; 4.4) інші.

Календар вирощування основних сільськогосподарських культур в Україні

Календар вирощування основних сільськогосподарських культур в Україні



Джерело: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP>

Для планування вирощування проміжних і покривних культур, крім їх біологічної взаємодії з попередниками і послідовниками у сівозміні та їх впливу на родючість ґрунту, **важливо визначити проміжки часу, коли поля вільні від основних культур, але при цьому наявні сприятливі агрокліматичні умови для вегетації рослин.**

В Україні як **проміжні культури для отримання біомаси в поточному році** і подальшого виробництва біогазу/біометану можуть бути використані: **ярі зернові** (після ранніх попередників), **кукурудза** (ранньостиглі гібриди за сприятливих умов), **сорго, вика**.

Для раннього збирання біомаси у наступному році для аналогічного біоенергетичного використання можуть розглядатися озимі проміжні культури: **озиме жито** (KWS Пропауер, KWS Магніфіко), **тритикале** (Велетень), **озима пшениця** і **озимий ячмінь** (на ранніх стадіях розвитку).

Крім того, розглядаються й інші види проміжних і покривних культур. Серед них, завдяки своїй посухостійкості, витривалості та здатності швидко нарощувати значну біомасу, перспективним є **амарант**.

Приклад впровадження вирощування проміжних культур у існуючу сівозміну

За існуючої сівозміни господарство після озимого ріпаку 2000 га вирощує кукурудзу на зерно.

Пропонується **посіяти післяжнивні культури у липні** на частині площі 1000 га після озимого ріпаку, який збирають у червні – липні, та **посіяти озимі проміжні культури у серпні** на решті площі 1000 га після озимого ріпаку.

Збирання післяжнивних культур буде здійснюватися у жовтні-листопаді.

Озимі проміжні культури будуть збиратися у травні до початку сівби кукурудзи.

1 рік (місяці)												2 рік (місяці)																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Існуюча практика																													
Озимий ріпак						Пар						Кукурудза																	
Нова практика (післяжнивна культура)																													
Озимий ріпак						Післяжнивна культура						Пар						Кукурудза											
Нова практика (озима проміжна культура)																													
Озимий ріпак						Озима проміжна культура						Кукурудза																	

ТЕО вирощування і збирання озимої проміжної культури для виробництва біометану

Вихідні умови: Пропонується як озиму проміжну культуру вирощувати **гібридне жито на зелену масу на площі 1000 га.**

Прийmemo врожайність 8 т с.м./га або 26,7 т/га вологістю біомаси 70%. Тривалість збирання зеленої маси – до 2 тижнів.

Орієнтовна відстань транспортування біомаси до 20 км. Зібрану зелену масу потрібно буде силосувати.

Для необхідності зниження вологості зеленої маси жито перед закладанням на силосування скошують і залишають у полі для в'янення. Вміст сухої речовини 30-35% у біомасі зменшує ризики погіршення силосування через надлишок вологи й покращує поживну цінність кінцевого продукту. Загальна схема збирання зеленої маси жита з попереднім прив'яленням виглядає так:

1. **Скошування з плющенням** (широке розстелення або помірний покіс);
2. **Ворушіння** (1-2 рази) для швидшої та рівномірнішої втрати вологи;
3. **Згрібання у валок** (валкоутворювачем), коли вологість знижується до 65–70%;
4. **Підбір валка кормозбиральним комбайном**, подрібнення й транспортування до місця закладання.

Передбачається підживлення по мерзлоталом ґрунту у нормі 70-80 кг діючої речовини азоту.

З огляду на те, що дигестат після зброджування силосної маси жита у БГУ буде внесений на поля як добриво, відбудеться повернення поживних речовин під наступну культуру сівозміни.

Тому вартість мінеральних добрив не будемо враховувати.



Джерело: https://www.kws.com/ua/media/cereals_ua/katalog-gibrydiv-ta-sortiv-zernovyh-kultur-ta-ozymogo-ripaku-2023.pdf

Перелік технологічних операцій вирощування і збирання озимого жита на силос та витрати палива

№ П/П	Найменування технологічних операцій	Об'єм робіт, га (т)	Склад агрегату		Норма виробітку, га/год (т/год)	Питомі витрати палива, л/га (л/т)	Витрати палива, л
			енергозасіб	с/г машина			
1	Дискування	1000	NH 7.315HD	БДВП-7,2	6	10,0	10000
2	Посів озимого жита	1000	NH 7.315HD	Lemken Solitair 9/600	5	7,0	7000
3	Навантаження добрив	(235)	Manitou 733		(3,5)	(0,6)	141
4	Транспортування добрив	(235)	Вантажівка		(3,5)	(0,8)	188
5	Підживлення по мерзлоталому ґрунту	1000	NH td 5.140	Amazone ZA-M 1501	15	1,0	1000
6	Обприскування ЗЗР	1000	John Deer M4040		35	0,6	600
7	Скошування з плющенням	1000	NH td 6.180	Krone EasyCut B1000 CR	10	2,2	2200
8	Ворушіння	1000	NH td 5.140	Krone KWT 2000	15	1,0	1000
9	Збирання у валки	1000	NH td 5.110	Krone TC 1370	10	1,4	1400
10	Підбирання самохідним кормозбиральним комбайном	1000	Krone BigX630		3	30,0	30000
11	Транспортування	(26667)	Вантажівки		(80)	(0,8)	21333
	Всього:						74863

Питомі витрати на вирощування та збирання озимого жита на силос на площі 1000 га

# п/п	Стаття витрат	Витрати, євро/т	Частка, %	Примітка
1	Оплата праці	0,26	2,0%	4 євро/год або 32 євро/змінa 8 годин, 0,22 нормозміни/га
2	Витрати на паливо і мастильні матеріали	3,26	24,3%	Дизельне паливо 74,9 л/га. Мастильні матеріали 15% від вартості ДП
3	Витрати на ТО і ремонт	1,75	13,0%	5% від вартості техніки
4	Амортизація техніки	4,36	32,6%	8 років
5	Витрати на насіння, ЗЗР	3,75	28,0%	Насіння (2 п. од./га), ЗЗР
	Разом:	13,38		



Питомі витрати на вирощування і збирання зеленої маси озимого жита з площі 1000 га з доставкою до силососховища становлять **13,4 євро/т** або 44,7 євро/т с.м. за вологості біомаси 70%. Якщо ж виключити технологічні операції внесення мінеральних добрив (див. № 3-5) та плющення, ворущіння і згрібання у валки (див. № 7-9) питомі витрати на вирощування й збирання маси жита складуть 12,2 євро/т або 40,7 євро/т с.м.

ТЕО вирощування і збирання післяжнивної культури для виробництва біометану

Вихідні умови:

Пропонується як **післяжнивну культуру** вирощувати **вико-вівсяну суміш на зелену масу на площі 1000 га.**

Приймемо врожайність 4 т с.м./га або 13,3 т/га вологістю біомаси 70%.

Тривалість збирання зеленої маси – до 2 тижнів.

Орієнтовна відстань транспортування біомаси до 20 км. Зібрану зелену масу потрібно буде силосувати.

Вика вологолюбна культура, за посушливих умов урожай її різко знижуються. Найбільше води вона поглинає під час інтенсивного наростання вегетативної маси і фаз цвітіння та утворення плодів.

При вирощуванні на зелену масу тривалість вегетаційного періоду 50-70 днів.

Посіви вики та її сумішок на кормові цілі зазвичай мало вражаються шкідниками та хворобами. Тому на цих посівах пестициди не використовують.

На зелену масу і трав'яне борошно вико-злакову сумішку починають збирати на початку цвітіння вики, а на сіно і сінаж у фазі повного цвітіння, на силос – у фазі сизих бобів.

При посіві рекомендується внесення 50 кг/га гранульованого суперфосфату, вартість якого не врахована з огляду на повернення поживних речовин у дигестаті з БГУ у поле. Вартість насіння вико-вівсяної суміші при нормі посіву 2,2 млн/га вики та 1,5 млн/га вівса становить 80 євро/га без ПДВ.



Перелік технологічних операцій вирощування і збирання ярої вики з вівсом на силос

№ П/П	Найменування технологічних операцій	Об'єм робіт, га (т)	Склад агрегату		Норма виробітку, га/год (т/год)	Питомі витрати палива, л/га (л/т)	Витрати палива, л
			енергозасіб	с.г. машина			
1	Дискування	1000	NH 7.315HD	БДВП-7,2	6	10,0	10000
2	Посів з внесенням міндобрив	1000	NH 7.315HD	Lemken Solitair 9/600	5	7,0	7000
3	Скошування з плющенням	1000	NH td 6.180	Krone EasyCut B1000 CR	11	2,0	2000
4	Ворушіння	1000	NH td 5.140	Krone KWT 2000	15	1	1000
5	Збирання у валки	1000	NH td 5.110	Krone TC 1370	10	1,3	1300
6	Підбирання самохідним кормозбиральним комбайном	1000	Krone BigX630		5	20,0	20000
7	Транспортування	(13333)	Вантажівки		(67)	0,8	10667
	Всього:						51967

Питомі витрати на вирощування та збирання вики та вівса на силос на площі 1000 га

# п/п	Стаття витрат	Витрати, євро/т	Частка, %	Примітка
1	Оплата праці	0,35	2,0%	4 євро/год або 32 євро/змінa 8 годин, 0,15 нормозмін/га
2	Витрати на паливо і мастильні матеріали	4,52	25,2%	Дизельне паливо: 52 л/га. Мастильні матеріали: 15% від вартості ДП
3	Витрати на ТО і ремонт	2,02	11,3%	5% вартості техніки
4	Амортизація техніки	5,05	28,2%	8 років
5	Витрати на насіння	6,00	33,4%	Насіння: 2 млн/га вики та 1,5 млн/га вівса
	Разом:	17,95		



Питомі витрати на вирощування і збирання зеленої маси вики та вівса з площі 1000 га за врожайності 13,3 т/га з доставкою до силососховища становлять 18 євро/т або 60 євро/т с.м. за вологості біомаси 70%.

Регіональний розподіл питомого економічного потенціалу виробництва біометану з проміжних культур



Більший питомий вихід біометану можна отримати в областях, де випадає більша кількість опадів: Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька та Чернівецька.

Області	Площі для вирощування проміжних культур, тис. га		Орієнтовна врожайність проміжних культур, т с.м./га		Об'єм біометану, млн м³ CH ₄ /рік
	озимі	післязливні	озимі	післязливні	
Вінницька	165	165	7,0	3,5	564
Волинська	61	61	8,0	3,5	229
Дніпропетровська	197	197	7,0	3,5	673
Донецька	52	—	5,2	—	88
Житомирська	115	—	6,0	—	225
Закарпатська	17	17	9,0	4,5	76
Запорізька	171	171	8,0	3,5	640
Івано-Франківська	38	38	9,0	5,0	174
Київська	119	119	8,0	3,5	445
Кіровоградська	171	171	7,0	3,5	582
Луганська	86	86	8,0	3,5	320
Львівська	71	71	9,0	5,0	321
Миколаївська	160	—	6,0	—	312
Одеська	92	—	5,2	—	156
Полтавська	173	173	8,0	3,5	647
Рівненська	62	62	9,0	5,0	282
Сумська	121	121	9,0	3,5	491
Тернопільська	84	84	9,0	5,0	382
Харківська	182	182	8,0	3,5	681
Херсонська	148	—	6,0	—	288
Хмельницька	121	121	9,0	5,0	548
Черкаська	122	122	7,0	3,5	415
Чернівецька	31	31	9,0	5,0	140
Чернігівська	135	135	9,0	3,5	550
Всього					9229

Дякую за увагу!

Семен Драгнєв

dragnev@uabio.org

<https://uabio.org/>

UABIO