

**Представлення Аналітичної записки 2 «Виробництво передового біометану з
лігноцелюлозної сировини»**

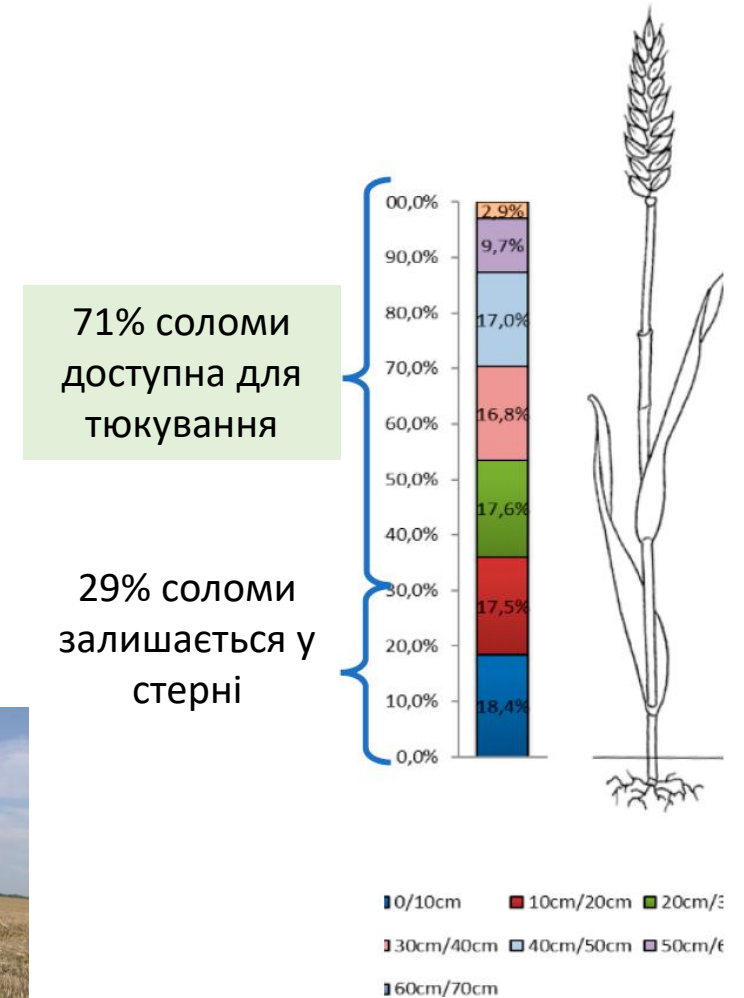
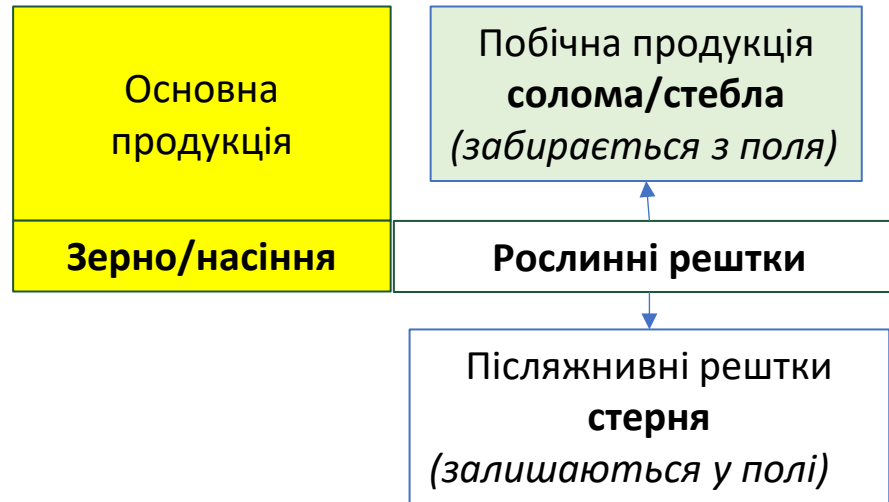
Вебінар 26.06.2025

Технологічні, агроекологічні та економічні аспекти збору та логістики пожнивних решток як сировини для виробництва біометану

Семен Драгнєв, к.т.н.

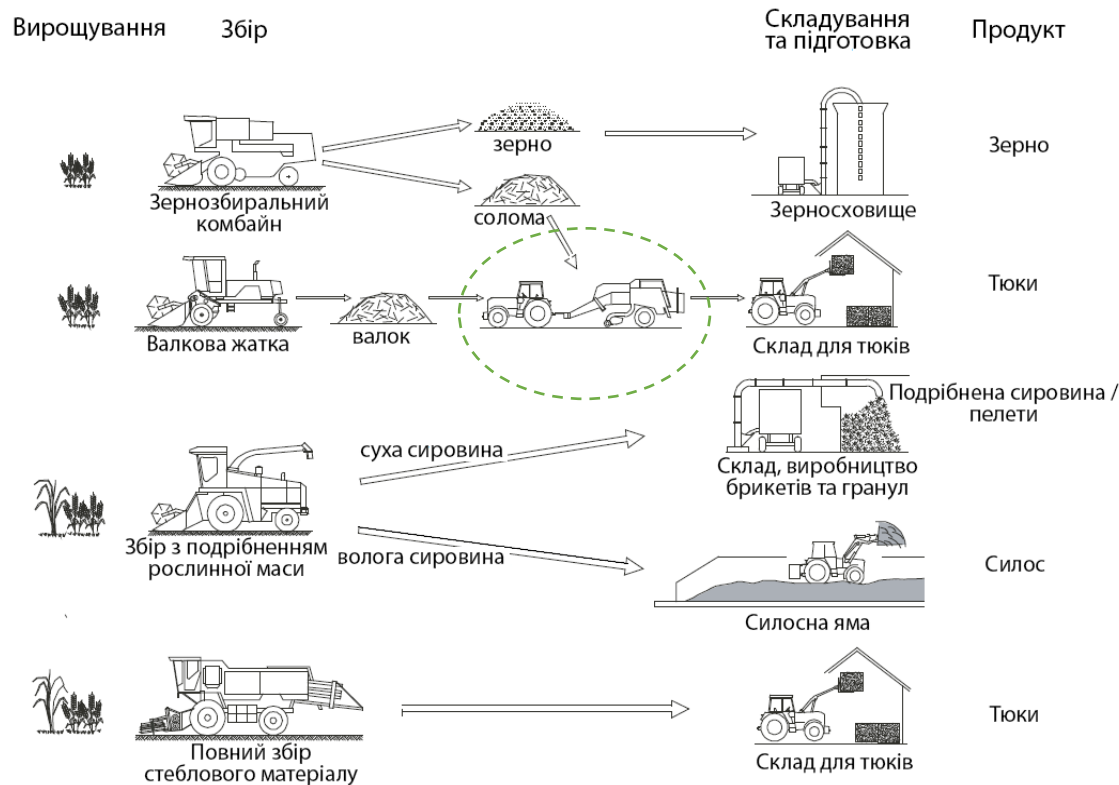
Біоенергетична асоціація України

Технологічні аспекти заготівлі рослинних решток



Джерело: Alesandro Suardi Harvesting technology for straw. CREA (2021).

Варіанти збору врожаю основної продукції та рослинних решток



Тюкування соломи

Тип тюка	Розміри Д x Ш x В, см	Вага, кг	Щільність, кг/м³
Малі тюки	70-90 x 46 x 36	12-15	90-100
Круглі тюки (рулони)	120 x 170*	220-270	100-120
Середні тюки	200-240 x 80 x 80	200-250	110-150
Міні-великі тюки	230-250 x 120 x 70	290-450	150-215
Середньо-великі тюки	230-250 x 120 x 90	450-650	160-230
Великі тюки	230-250 x 120 x 130	450-650	140-170
Примітка: * ширина x діаметр			

Швидкість роботи прес-підбирачів у полі:

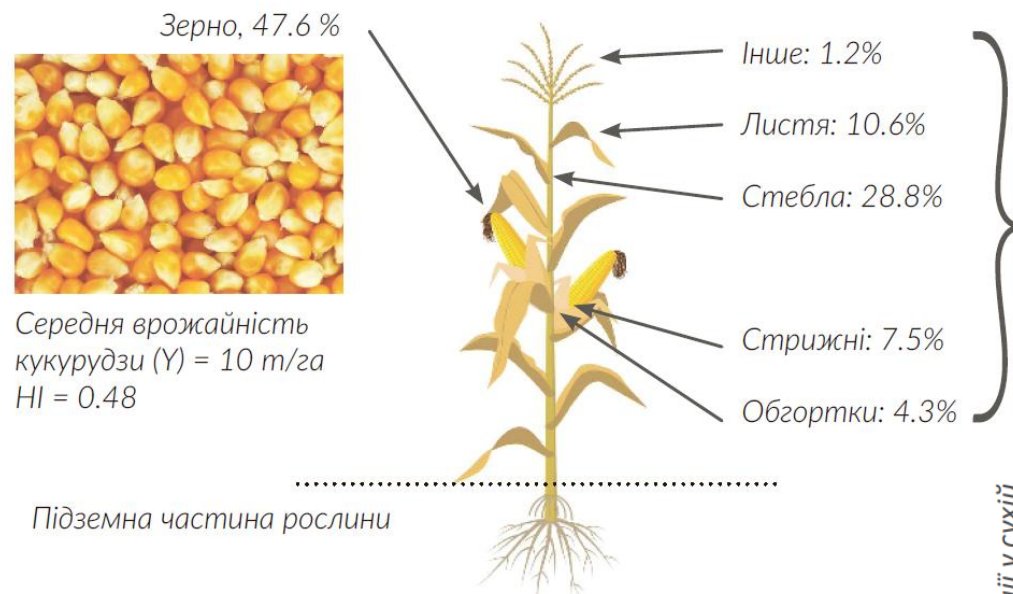
- прес-підбирач малих тюків 4-10 км/год, типова 6,5 км/год;
- прес-підбирач великих і середніх тюків 6,5-13 км/год, типова 8 км/год;
- рулонний прес-підбирач 5-13 км/год; типова 8 км/год.

Орієнтовна ефективності роботи тюкового прес-підбирача у полі 80%, рулонного – 55-65%.

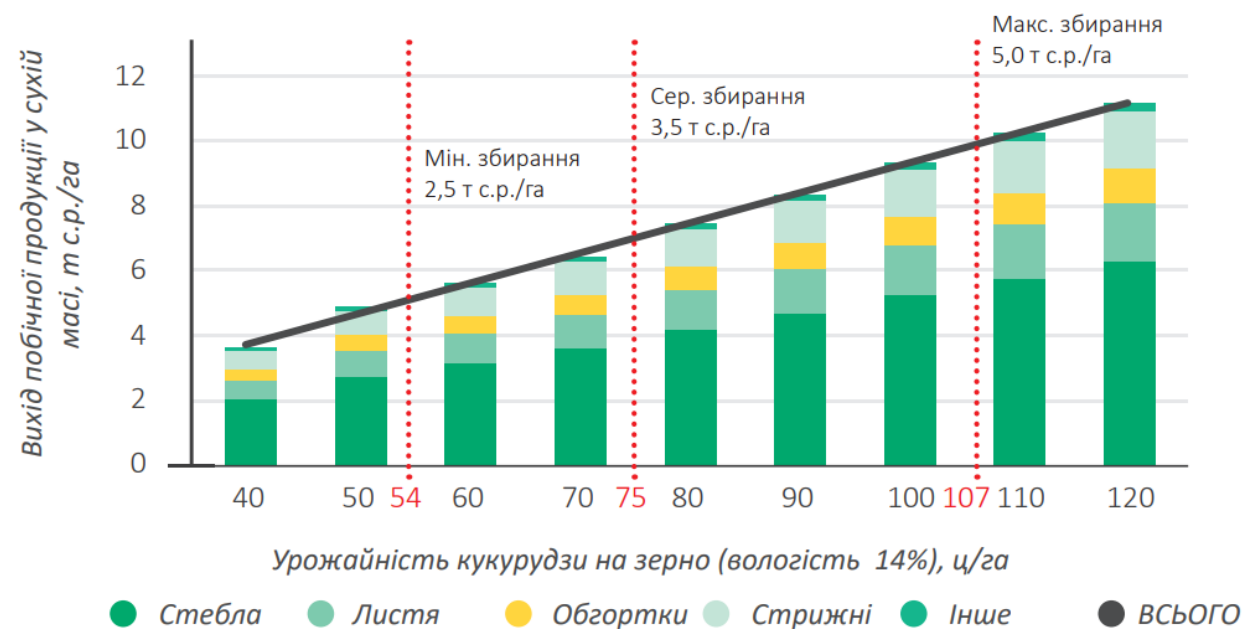
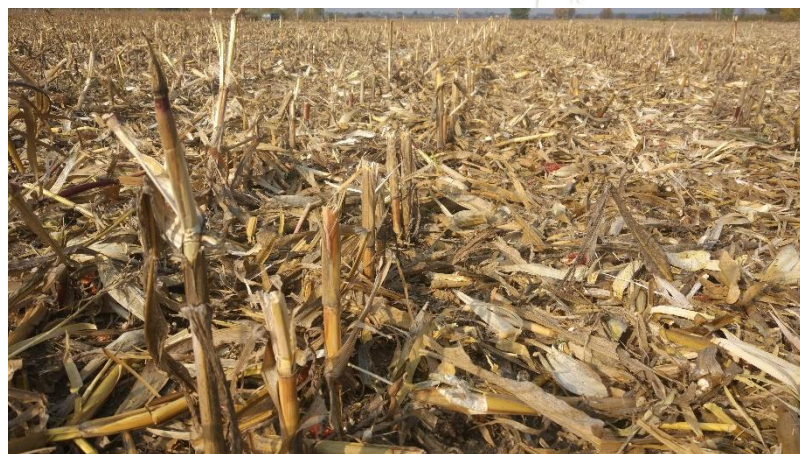


Джерело: Буклет «Постачання твердих біопалив для котелень середньої потужності». / Проект «Біоенергетика для бізнесу» (B4B), 2016. – 23 с.

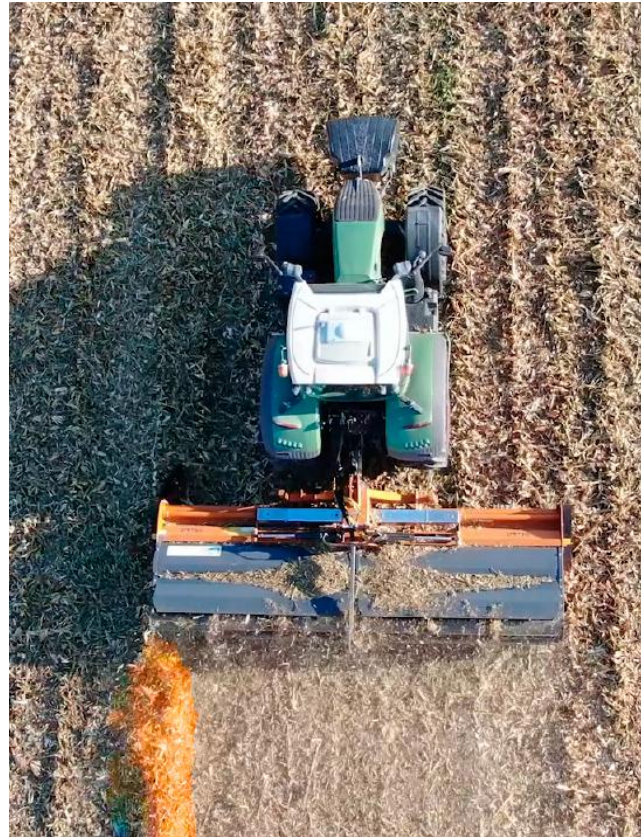
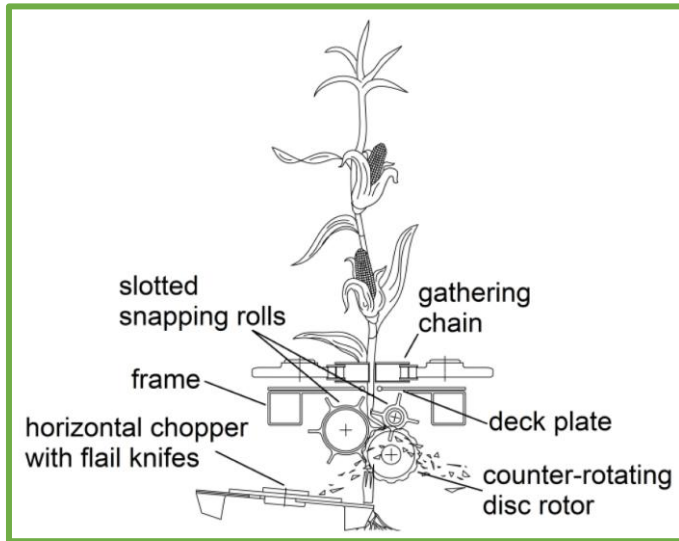
Технологічні аспекти заготівлі кукурудзиння



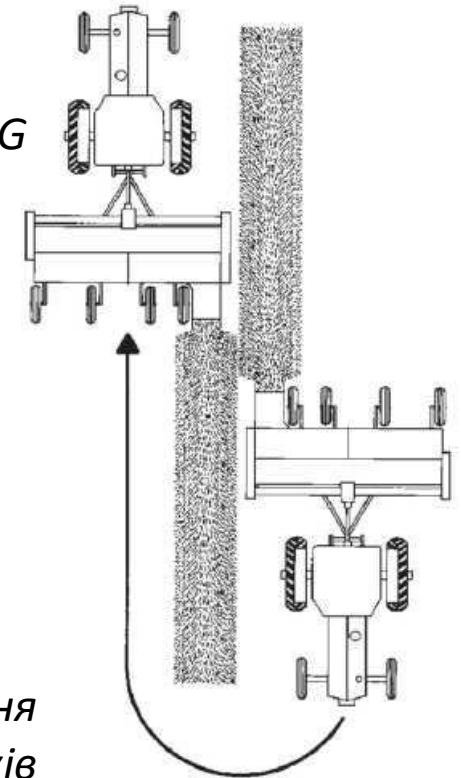
Кукурудзиння



Формування валків кукурудзиння



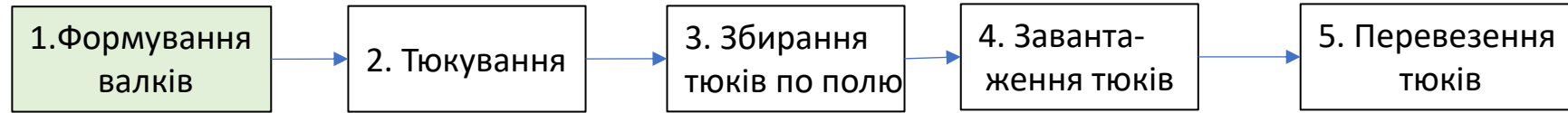
Робота мульчувача
Berti LAND/P 600 BIOG



Mod.	 Working width cm	 Power minmax	 Lateral displacement mm	 Hammers T2 n°	 Belts n°	 Weight minmax
LAND/P SERIE BIOG	600	200380	<u>3000</u> <u>3000</u>	72	5+5	44004600

Джерело: https://catalogo.bertima.it/en/prodotti_scheda.php/Mulchers-LAND-P-SERIE-BIOG/?ID=43035

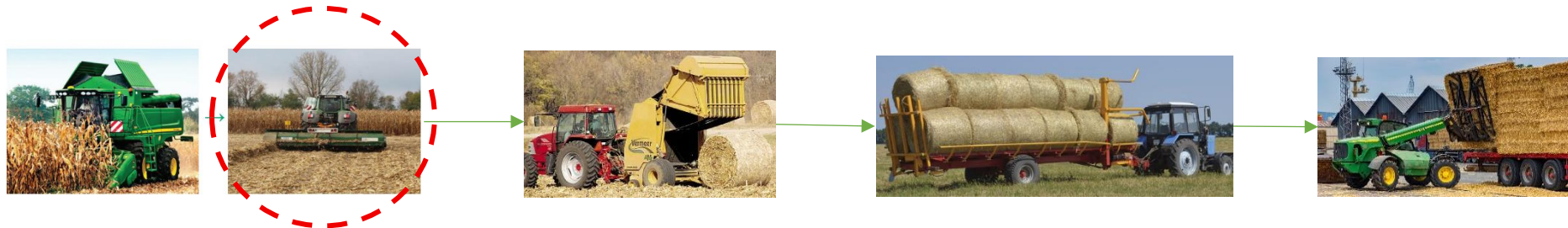
Схеми заготівлі кукурудзиння у тюках



Варіант 1.1. Система на базі прес-підбирача великих прямокутних тюків



Варіант 1.2. Система на базі прес-підбирача рулонів



Схеми заготівлі кукурудзиння у подрібненому вигляді

1. Формування валків

2. Підбирання/подрібнення маси

3. Перевезення кукурудзиння

Варіант 2.1. Система на базі кормозбирального комбайна



Варіант 2.2. Система на базі кормозбирального причепа



1. Зрізання стерні і подрібнення маси

2. Перевезення кукурудзиння

Варіант 2.3. Система на базі кормозбирального комбайна із ріжучою приставкою для збирання стерні



FALC BIO FAST 4800 DT

Використання соломи в сучасному землеробстві

Застосування соломи		Заходи запобігання та усунення негативного впливу соломи	Екологічність застосування соломи
Переваги	Недоліки		
• Доступність використання порівняно з іншими видами добрив. • Менша затрата сил і часу на отримання порівняно з гноєм. • Завдяки повільному перебігу розкладання втрати поживних речовин мінімальні. • За вмістом органічних речовин солома в 3-4 рази переважає їхній вміст у гної (внесення 1 т соломи сприяє утворенню 100-120 кг гумусу) і забезпечує збільшення водопроникності ґрунту. • Покращення агрофізичних параметрів ґрунту. • Зростає загальна біологічна та ферментативна активність ґрунту.	• Погіршується фітосанітарний стан ґрунту, оскільки наявні в ній патогени й шкідники можуть вплинути на зменшення врожайності наступної злакової культури. • Оскільки солома зернових культур багата на вуглець, то мікрофлора зв'язує не тільки азот соломи та атмосфери, а й частину мобільного азоту з ґрунту. • У процесі розкладання соломи в ґрунт виділяються жирні кислоти, які уповільнюють розвиток усіх рослин, та автотоксини. • Для розкладання соломи, як і для інших органічних добрив, потрібна вода.	• Після внесення соломи не висівати злакові культури (збільшувати розрив у часі). • Застосовувати удобрення соломою услід за збиранням урожаю. За 6-8 місяців до висівання наступної культури концентрація інгібіторів росту рослин знизиться до мінімуму. • Оптимальна кількість соломи 0,4-0,8 кг/м². Значну кількість її можна застосовувати за умов додаткового азотного живлення (0,7-1 кг азоту на 100 кг соломи), деструкції або сумісно з вирощуванням культур на сидерат. • Подрібнення соломи перед її застосуванням має бути розміром 5-10 см.	• Солома повторно включається до колообігу мінерального й органічного живлення рослин. • Елементи напіврозкладених продуктів повністю поглинаються ґрунтовим комплексом. • Рівномірно розкидана полем солома захищає ґрунт у спеку від пересихання та ущільнення • Внесення соломи до ґрунту сприяє розвитку ґрунтової фауни, підвищує активність бактерій, дощових черв'яків і інших живих організмів, які сприяють поліпшенню агрохімічних і фізичних властивостей ґрунту.

Трансформація соломи у ґрунті

Хімічний склад соломи змінюється залежно від властивостей ґрунту і погодних умов, у яких вирощуються зернові культури. Органічні сполуки хімічно стабільні і можуть бути використані рослинами тільки після руйнування мікроорганізмами. В першу чергу руйнуються прості вуглеводи, потім - целюлоза, а потім розкладається лігнін. Солома ярових культур, як правило, більш м'яка і менш стійка, ніж солома озимих, тому перша використовується для кормових цілей, друга більше пристосована для використання на підстилку, а також в якості органічного добрива.

У ґрунті одночасно відбуваються два процеси, зв'язані з трансформацією органічної речовини, що протікають у протилежних напрямках - мінералізація і гуміфікація. У разі внесення у ґрунт свіжої органічної речовини, 70-80 % її маси мінералізується протягом 2 років, останні 20-30% гуміфікуються. Процеси розкладу і гуміфікації рослинних решток залежать від відношення C:N у складі органічної речовини. Оптимальним, тобто таким, за якого гуміфікація залишків протікає найбільш повно, є співвідношення C: N-15-25:1.

Категорії якості рослинних залишків щодо доступності до розкладання

Розкладання/Якість	Індекс якості	
	C/N	Лігнін/N
Швидке/Висока	<18	<5
Помірне/Середня	18-27	5-7
Повільне/Низька	28-60	7,5-15
Слабке/Дуже низька	>60	>15

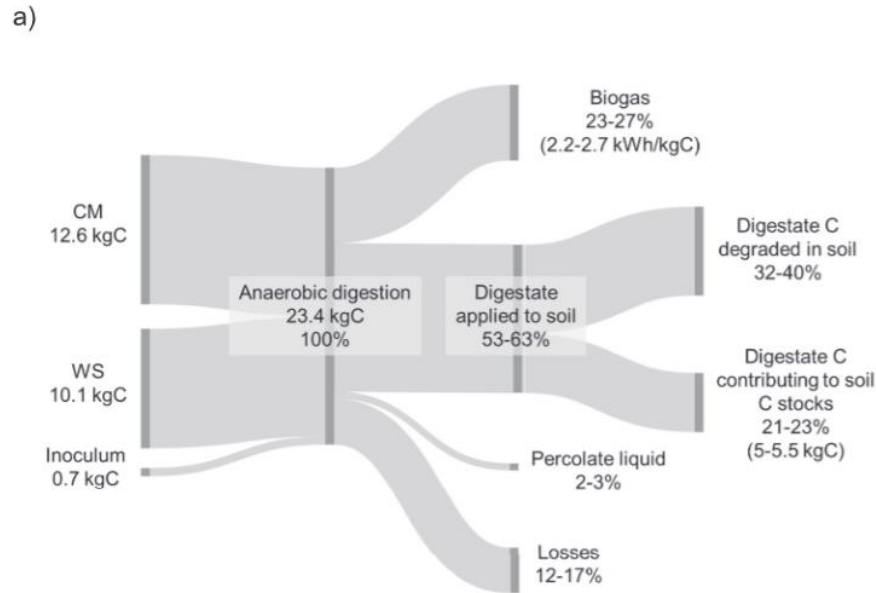
Склад соломи і відношення C : N

Культура	Загальна зола, % с.м.	Азот, % с.м.	Лігнін, % с.м.	C : N
Пшениця	6,6	0,45	16,7	80-90
Ячмінна	6,4	0,5	14,5	70-80
Кукурудза	н.д.	0,46	н.д.	60-80
Ріпак	н.д.	0,53	н.д.	60-70
Зернобобові	н.д.		н.д.	20-25

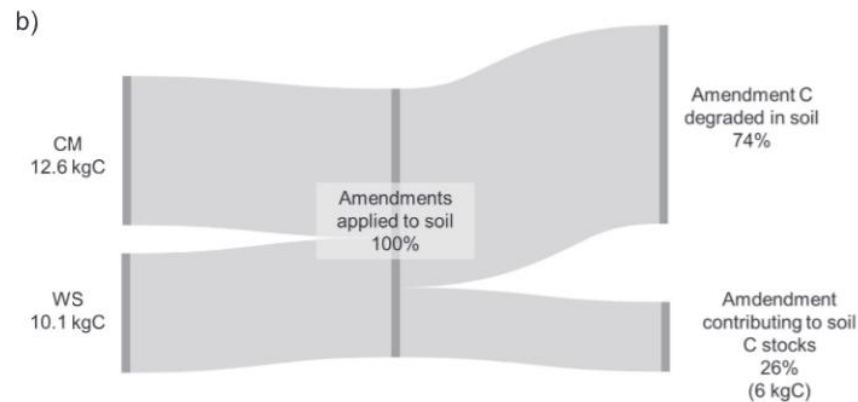
Джерело: Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів: (рекомендації) / О.А. Демидов [та ін.]; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського" [та ін.]. - Х.: Міськдрук, 2012. - 38 с.

Баланс вуглецю у використанні соломи і дигестату

а) баланс вуглецю (C) анаеробного спільного зброджування гною ВРХ та пшеничної соломи з подальшим поверненням дигестату на поля.



б) баланс вуглецю (C) у звичайній практиці, коли гній і солому вносять як добриво у ґрунт без обробки.



Вчені з Інституту природних ресурсів Фінляндії (Luke) досліджували вплив анаеробного зброджування гною ВРХ та соломи на характеристики виробленого дигестату.

Зброджування **стабілізувало органічну речовину**, перетворивши близько 25% початкового вуглецю у **біометан**, що підвищило цінність використання вуглецю з вихідної сировини. Загальна кількість вуглецю, внесеного як добриво у ґрунт, була нижчою при використанні дигестату, ніж при застосуванні гною ВРХ та соломи без зброджування. Проте процес зброджування **стабілізував вуглець**, і, дигестат виявився ефективнішим у зв'язуванні вуглецю в ґрунті, ніж необроблений гній великої рогатої худоби та солома.

Результати підтверджують доцільність використання анаеробного зброджування як етапу обробки гною та соломи для сприяння накопиченню більш стабільного органічного вуглецю ґрунту.

ТЕО заготівлі соломи у великих прямокутних тюках

Вихідні умови: Визначимо витрати на заготівлю 4,0 т/га соломи пшениці базової вологості 15% у великих прямокутних тюках з площі 2400 га з їх транспортуванням автотранспортом з поля до центрального складу на відстань 20 км. Загальний обсяг соломи складе 9600 т. Із врахуванням очікуваної тривалості тюкування 10 год/день доцільно прийняти 2 прес-підбирача.



Перелік технічних засобів для заготівлі соломи **загальною вартістю 2032 тис. євро** включає:

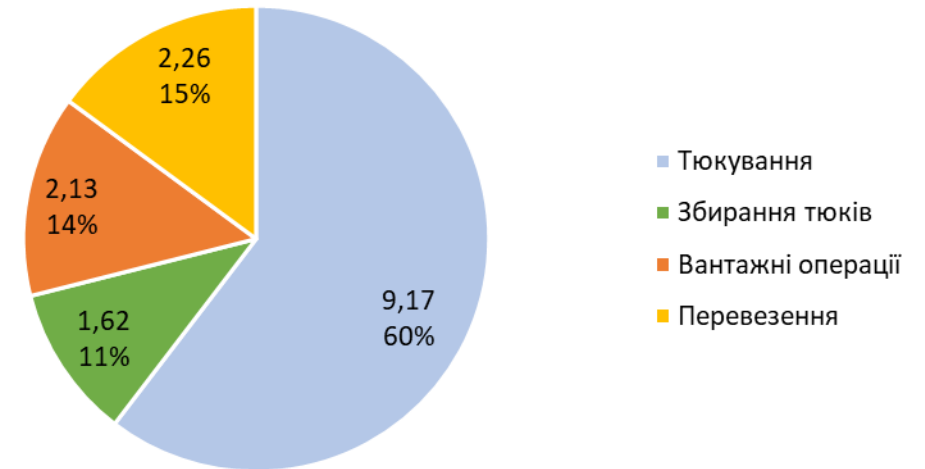
- 2 трактора із прес-підбирачами великих прямокутних тюків;
- 1 трактор із причепом-тюковозом самозавантажувальним;
- 4 телескопічні навантажувачі;
- 6 автомобілів тягачів із напівпричепом-платформою.

Для тракторів та навантажувачів прийнято базове річне завантаження 1600 год/рік, для вантажних автомобілів – 1840 год. Враховано, що прес-підбирач і причеп-тюковіз будуть задіяні на заготівлі соломи 50% річного завантаження, трактори – 25%, телескопічні навантажувачі – 20%; автомобілі-тягачі – 16%; напівпричепи-платформи 50%. **Умовна вартість техніки з врахуванням завантаження на збиранні соломи становить 594,6 тис. євро.**

Питомі виробничі витрати на заготівлю 9600 т соломи пшениці вологістю 15% з площі 2400 га

# п/п	Стаття витрат	Витрати, грн/т	Витрати, євро/т	Частка, %	Примітка
1	Оплата праці	49,5	1,05	6,4	160 грн/год, 7 механізаторів на тракторах і навантажувачах; 6 водіїв
2	Витрати на паливо і мастильні матеріали	181,2	3,83	23,5	ДП: 3,6 л/т соломи. Мастильні матеріали 15% від вартості ДП
3	Витрати на ТО і ремонт	147,0	3,11	19,1	Відрахування 5% від вартості техніки з врахуванням завантаження
4	Витрати на матеріали	98,6	2,08	12,8	Шпагат 123 грн/кг без ПДВ
5	Амортизація техніки	293,9	6,21	38,2	10 років із урахуванням умовного завантаження техніки
	Разом:	770,1	16,28		
	Виробнича собівартість без амортизації	476,2	10,07		На центральному складі

Структура витрат на заготівлю соломи пшениці вологістю 15% у великих прямокутних тюках за технологічними операціями, євро/т



Для окупності техніки до 7 років відповідно до завантаження на збиранні соломи пропонується продажна ціна тюків соломи у великих прямокутних з доставкою до місць зберігання на центральному складі 25 євро/т без ПДВ.

ТЕО заготівлі кукурудзиння у великих прямокутних тюках

Вихідні умови: Оцінимо витрати на заготівлю 4,5 т/га кукурудзиння базової вологості 25% у великих прямокутних тюках з площі 1900 га з їх транспортуванням з поля до центрального складу на відстань 20 км автотранспортом. Загальний обсяг кукурудзиння складе 8550 т. З огляду на обмеження термінів збиральної компанії доцільно використовувати 2 прес-підбирача.



Перелік технічних засобів для заготівлі кукурудзиння **загальною вартістю 2812 тис. євро** включає:

- 3 трактора із мульчувачами валкоутворювачами;
- 2 трактора із прес-підбирачами великих прямокутних тюків;
- 1 трактор із причепом-тюковозом самозавантажувальним;
- 4 телескопічні навантажувачі;
- 6 автомобілів тягачів із напівпричепом-платформою.

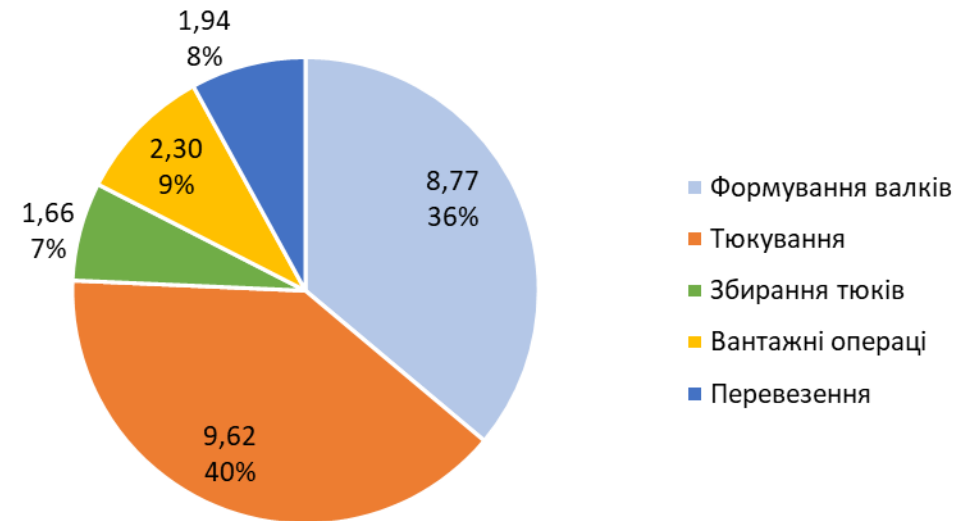
Як і при заготівлі соломи для тракторів та навантажувачів прийнято базове річне завантаження 1600 год/рік, для вантажних автомобілів – 1840 год. Враховано, що прес-підбирач і причеп-тюковіз будуть задіяні на заготівлі кукурудзиння 50% річного завантаження, трактори із мульчувачами валкоутворювачами – 15%; інші трактори – 25%, телескопічні навантажувачі – 20%; автомобілі-тягачі – 10%; напівпричепи-платформи 50%. Решту часу техніка буде використовуватися для інших робіт.

Умовна вартість техніки з врахуванням завантаження на збиранні кукурудзиння становить **940,5 тис. євро**.

Питомі виробничі витрати на заготівлю 8550 т кукурудзиння вологістю 25% з площі 1900 га

# п/п	Стаття витрат	Витрати, грн/т	Витрати, євро/т	Частка, %	Примітка
1	Оплата праці	54,0	1,14	4,5	160 грн/год, 10 механізаторів на тракторах та навантажувачах і 6 водіїв
2	Витрати на паливо і мастильні матеріали	278,5	5,89	23,3	ДП: 5,5 л/т кукурудзиння. Мастильні матеріали 15% від вартості ДП
3	Витрати на ТО і ремонт	260,2	5,50	21,8	Відрахування 5% від вартості техніки з врахуванням завантаження
4	Витрати на матеріали	83,2	1,76	7,0	Шпагат 123 грн/кг без ПДВ
5	Амортизація техніки	520,4	11,00	43,5	10 років із урахуванням умовного завантаження техніки
	Разом:	1196,3	25,29		
	Виробнича собівартість без амортизації	675,9	14,29		На центральному складі

Структура витрат на заготівлю кукурудзиння вологістю 25% у великих прямокутних тюках, євро/т



Для окупності техніки до 7 років відповідно до завантаження на збиранні кукурудзиння пропонується продажна ціна тюків побічної продукції кукурудзи у великих прямокутних з доставкою до місць зберігання на центральному складі 35 євро/т без ПДВ.

Дякую за увагу!

Семен Драгнєв

dragnev@uabio.org

<https://uabio.org/>

UABIO