

ДЛЯ НОТАТОК

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
„ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ
ІМЕНІ О.Н. СОКОЛОВСЬКОГО”

**ЗАСТОСУВАННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК
У СУЧАСНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЯХ**

(науково-практичне видання)

Харків – 2019

Застосування рослинних решток у сучасних агротехнологіях
(науково-практичне видання)

Наведено відомості щодо розрахунку обсягів утворення рослинних решток сільськогосподарських культур, їх хімічного складу та трансформації у ґрунті. Розглянуто ефективні способи прискорення деструкції соломи та агротехнічні вимоги до застосування соломи у землеробстві. Показано вплив соломи на урожайність і якість продукції сільськогосподарських культур та властивості ґрунтів. Особлива увага приділена процесам відтворення органічної речовини ґрунтів за рахунок рослинних решток. Висвітлено екологічні та економічні аспекти застосування соломи як добрива. Визначено вплив спалювання соломи на показники родючості ґрунту. Науково-практичне видання розраховані для використання в системі агропромислового виробництва, для працівників обласних і районних управлінь сільського господарства, керівників та агрономів агроформувань усіх форм власності та наукових співробітників.

Видано за сприяння Міжнародної кріосферної кліматичної ініціативи

Авторський колектив:

Балюк С.А., доктор с.-г. наук, академік НААН; Заришняк А.С., доктор с.-г. наук, академік НААН; Скрильчик Є.В., доктор с.-г. наук; Кучер А.В., канд. пед. наук; Гетманенко В.А., канд. с.-г. наук; Кутова А.М. канд. с.-г. наук; Хромяк В.М. канд. с.-г. наук; Глущенко Л.Д., канд. с.-г. наук; Доценко О.В., канд. с.-г. наук; Товстий Ю.М.; Міжнародна кріосферна кліматична ініціатива (ICCI): Гейл Стівенсон, Алекс Гителъсон.

Науково-практичне видання розглянуто і рекомендовано до друку рішенням Вченої Ради Національного наукового центру «ІГА імені О.Н. Соколовського» протокол № 4 від 25 лютого 2019 р.

ISBN 978-617-619-227-5

© Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», 2019

**CROP RESIDUES MANAGEMENT AS A PART OF MODERN
AGRICULTURAL TECHNOLOGIES**

Abstract

The scientific and practical publication contains recommendations for use of plant residues and straw in agriculture and developed for use by agricultural departments, agricultural enterprises and research staff.

Information is given on calculation of volumes of formation of plant residues of agricultural crops. The regression equations are proposed to determine the formation of a quantity of roots and above ground portion of crops.

The agrochemical characteristics of straw of different crops are given. On average, straw contains 0.5% nitrogen, 0.2% phosphorus, 0.8-1% potassium, 35-40% organic carbon, 0.3% calcium, 0.15% magnesium and sulfur.

The processes of transformation of plant residues in a soil are analyzed. The rate of decomposition of plant residues are influenced by the degree of straw shredding, the depth of its application into a soil, soil conditions and straw composition, etc.

Effective methods for intensification of destruction of plant residues in a soil were established, including application of mineral nitrogen fertilizers, humic substances, microbiological preparations and other impurities.

The efficiency of straw as an organic fertilizer was proved by numerous field experiments carried out under different soil-climatic conditions. The use of plant residues in crop cultivation technologies contributes to increasing soil fertility by enriching organic matter, biogenic elements, and improving agro-physical parameters of a soil. For a humus equivalent 3,7 t of straw correspond to 10 t of litter manure or 27 t of green manure.

The influence of straw on yield and quality of agricultural crops is showed. The use of straw on chernozem typical during the twelve-year period contributed to an increase in average annual productivity of crops by 14%.

The agrotechnical requirements for the application of straw for different methods of soil cultivation and technological schemes are given. Doses, timing and methods for straw application into a soil are recommended. Compensatory doses of nitrogen were calculated for straw of different crops.

The ecological aspects of straw application in agriculture are highlighted. As a result of research the economic efficiency was determined that straw as a fertilizer provides significant cost savings compared with the use of mineral fertilizers. Conditional profitability rate is 31.1%.

Environmental and economic impacts of straw burning were studied. Straw burning on a field is inappropriate measure that causes significant damage to the environment, and, above all, to soils. The size of the full ecological and economic damage from straw burning is about 662 USD/ha.

ЗМІСТ

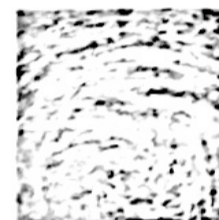
Терміни та визначення понять	5
6 Солома як фактор біологізації землеробства (вступ)	
1 Обсяги утворення рослинних решток сільськогосподарських культур та їх агрохімічна характеристика	7
10 2 Процеси трансформації рослинних решток у ґрунті	
3 Прискорення деструкції соломи	13
15 4 Вплив застосування соломи на показники родючості ґрунту	
5 Вплив застосування соломи на урожайність і якість продукції сільськогосподарських культур	18
21 6 Агротехнічні вимоги та технологічні схеми застосування соломи у землеробстві	
7 Екологічні аспекти та економічна ефективність застосування соломи у землеробстві	25
28 8 Спалювання соломи на полі: екологічні наслідки та збитки	
Список використаних джерел	31
32 Додатки	

Терміни та визначення понять
(згідно ДСТУ 4884:2007)

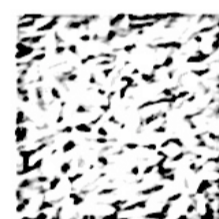
Рослинні рештки – частина створеної рослинами надземної і підземної органічної речовини, яка включає побічну продукцію та післяжнивні рештки.



Побічна продукція – частина створеної рослинами надземної органічної речовини, яка збирається при відокремленні комбайном зрілих зерен культури, і складається з соломи і полови.



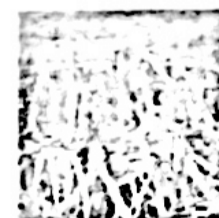
Солома – надземна частина побічної продукції рослин, котра збирається при відокремленні комбайном зрілих зерен культури. Складається з стебел та листків культури.



Полова – частина побічної продукції, котра складається із зовнішніх покрівів насінини, частинок листків, колосової луски насінневої кожухи.



Післяжнивні рештки – частина створеної рослинами надземної і підземної органічної речовини, яка залишається на полі після відокремлення комбайном зрілих зерен культури і складається з кореневої системи рослин і стерні.



Стерня – частина створеної рослинами надземної органічної речовини нижче зрізу комбайна, яка залишається в полі.

Солома як фактор біологізації землеробства (вступ)

Сучасні тенденції в аграрному секторі формуються під впливом демографічних та інфраструктурних змін. Домінуючою метою стає досягнення агроекологічної стійкості організації землеробства, забезпечення збалансованого кругообігу речовин та стабільності виробництва продовольчої продукції.

Технології сільськогосподарського виробництва повинні забезпечувати повніше використання природних джерел відтворення родючості ґрунту, зменшення питомих витрат енергії на одиницю продукції та мінімізацію негативної дії на довкілля, у тому числі, на ґрунтові ресурси.

Органічні добрива є провідним фактором та матеріальною основою сталого розвитку екологічно збалансованих систем землеробства, в тому числі і органічного. В умовах обвального зменшення виробництва органічних добрив щорічні втрати гумусу збільшилися до 0,5 т/га ріллі. У разі дефіциту традиційних органічних добрив важливим ресурсом для відновлення балансу гумусу в орних ґрунтах є побічна продукція сільськогосподарських культур.

Обсяги виробництва побічної продукції рослинництва в Україні перевищують 80 млн. тон на рік. Прогнозно можливий вихід нетоварної частки врожаю становить для зернових культур (75 % від загального виходу на добриво) – 22,5 млн. т; кукурудзи на зерно – 46,0; соняшник – 23,6; соя – 2,7; овочі – 6,8 млн. т.

Розрахунки свідчать про те, що надлишок соломи в більшості господарств з низьким рівнем застосування гною надає можливість майже подвоїти надходження органічних речовин у ґрунт. За середніх урожаїв внесення соломи зернових забезпечить надходження (на 1 га) 15-20 кг азоту, 8-10 кг фосфору і 30-40 кг калію, ряду мікроелементів [2].

Важливість застосування післяжнивних решток як органічних добрив виправдане і з економічної точки зору, адже потребує мінімальних додаткових витрат, оскільки проводиться одночасно зі збиранням урожаю.

Накопичені знання та практичний досвід щодо застосування побічної продукції рослинництва як органічних добрив важливо враховувати в конкретних господарських умовах.

1 Обсяги утворення рослинних решток сільськогосподарських культур та їх агрохімічна характеристика

Вирощування сільськогосподарських культур супроводжується утворенням значної кількості рослинних решток та побічної продукції, яка перебуває в залежності від рівня врожайності культур (табл.1, табл. Д.1). Відходи рослинництва поділяються на первинні, тобто ті, що утворюються безпосередньо при зборі урожаю та вторинні, що утворюються після обробки урожаю на підприємствах. Первинні відходи включають в себе солому зернових та інших культур, відходи виробництва кукурудзи на зерно та соняшнику (стебла, обмолочені качани, кошики та ін.).

Таблиця 1 – Рівняння регресії для визначення маси рослинних решток різних сільськогосподарських культур

Культура	Рослинні рештки, ц/га	
	кореневі	поверхневі
Пшениця озима, жито озиме	$0,71y + 10,0$	$0,32y + 13,5$
Ячмінь озимий, ячмінь ярий	$0,54y + 9,3$	$0,29y + 6,8$
Кукурудза на зерно	$0,83y + 7,2$	$0,20y + 1,6$
Соняшник	$1,16y + 4,9$	$0,041y + 3,2$
Ріпак, соя	$0,36y + 8,5$	$0,21y + 4,5$
Цукрові буряки	$0,06y + 5,7$	$0,005y + 2,8$
Горох, квасоля	$0,36y + 8,9$	$0,21y + 4,5$
Картопля, овочеві	$0,07y + 8,0$	$0,068y + 0,5$

З урожаем зернових культур та однорічних трав відчужується 60-65% біомаси, кукурудзи та картоплі – 70-73 %, сіна багаторічних трав – 40 % [3]. В залежності від умов вирощування та рівня врожаїв суха маса пожнивних кореневих залишків трав залишає 45-75 ц/га і більше, досягаючи в окремих випадках 100-200 ц/га. За накопиченням післяжнивних решток відносно багаторічних трав культури розміщуються у наступному порядку: в нечорноземній зоні: кукурудза – 56 %, озимі – 50 %, ярові зернові – 39 %, зернобобові – 28 %, картопля – 20 %; у чорноземній зоні: озима пшениця – 48 %, кукурудза – 38 %, ярові зернові – 37 %, соняшник – 36 %, зернобобові – 35 %, цукровий буряк – 31 %. Вихід рослинних решток від бур'янів можливо прирівняти до однорічних трав.

Для правильного використання соломи необхідно розраховувати її баланс, який складається з урожаю соломи, витрат на корм, підстилку худобі, виробництво компосту, та з інших господарчих

витрат (утеплення парників, овочесховищ, буртів з коренеплодами та картоплею тощо).

Баланс соломи в господарстві розраховується за рівнянням:

$$\text{Сзаг} = \text{Ск} + \text{Сп} + \text{Св} + \text{Сх} + \text{Си}, \quad (1)$$

де: Сзаг - вихід соломи в господарстві, т;

Ск - маса соломи на корм, т;

Сп - маса соломи на підстилку, т;

Св - маса для виробництва компостів, т;

Сх - маса соломи для продажу населенню та інших потреб, т;

Си - маса соломи, яку можна використовувати на добриво, т.

Хімічний склад соломи залежить від її виду (зернова, зернова-бобова, багаторічні трави), а також від ґрунтових умов, систем удобрення, тощо. Усереднена агрохімічна характеристика соломи різних культур наведена у таблиці 2.

Таблиця 2 – Агрохімічна характеристика соломи різних сільськогосподарських культур

Солома	Суха речовина, %	Органічна речовина, %	Азот	Фосфор	Калій	Кальцій	Магній
			% сухої маси				
Пшенична	86	82	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07
Житня	86	82	0,34	0,07	0,52	0,33	0,05
Ячмінна	86	82	0,50	0,18	0,94	0,28	0,05
Вівсяна	86	80	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07
Кукурудзяна	86	82	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14
Ріпакова	85	80	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16
Зернобобова	86	80	1,29	0,16	1,07	0,91	0,16

Важливим показником стану соломи є *вологість*. Суха солома містить до 14 % вологи, середньої сухості – 14-16 %, волога – 16- 20 %, сира – більше 20 %. Суха солома краще подрібнюється, більш рівномірно розподіляється по площі, більше поглинає вологи при використанні на підстилку і при компостуванні. Волога і, особливо, сира солома забиває робочі органи комбайну, погано подрібнюється, розподіляється і заорюється в ґрунт, для зберігання і для використання на підстилку потребує підсушування.

Значний вплив на властивості соломи дає і спосіб збирання.

Комбайнове збирання із застосування подрібнювачів різко змінює фізичні властивості соломи, полегшуючи її заробку в ґрунт і розкладання.

В середньому в *соломі* міститься 0,5 % азоту, 0,2 % фосфору, 0,8-1 % калію, 35-40% органічного вуглецю, 0,3% кальцію, 0,15% магнію та сірки. Мікроелементи накопичуються в соломі у більшій мірі, ніж у зерні (заліза – від 10 до 30 г/т, марганцю - від 15 до 70, міді – від 2 до 5, цинку – від 20 до 50, молібдену – від 0,2 до 0,4, бору – від 2 до 5 г/т). Солома складається, в основному, з трьох груп органічних сполук: целюлози, геміцелюлози (15-20 %) і лігніну (15-22 %).

Мінеральних речовин у рисовому лушпинні міститься в 4,5 рази більше, ніж у соняшниковому, і в 1,7 рази більше, ніж у гречаному. Целюлози у гречаному лушпинні значно більше (до 50 %), ніж у соняшниковому і рисовому.



Солома характеризується широким співвідношенням С:N (>80), важливо, щоб при внесенні дотримувалось співвідношення 20:1. З цієї метою рекомендовано вносити компенсаційні дози азоту (рис. 1).

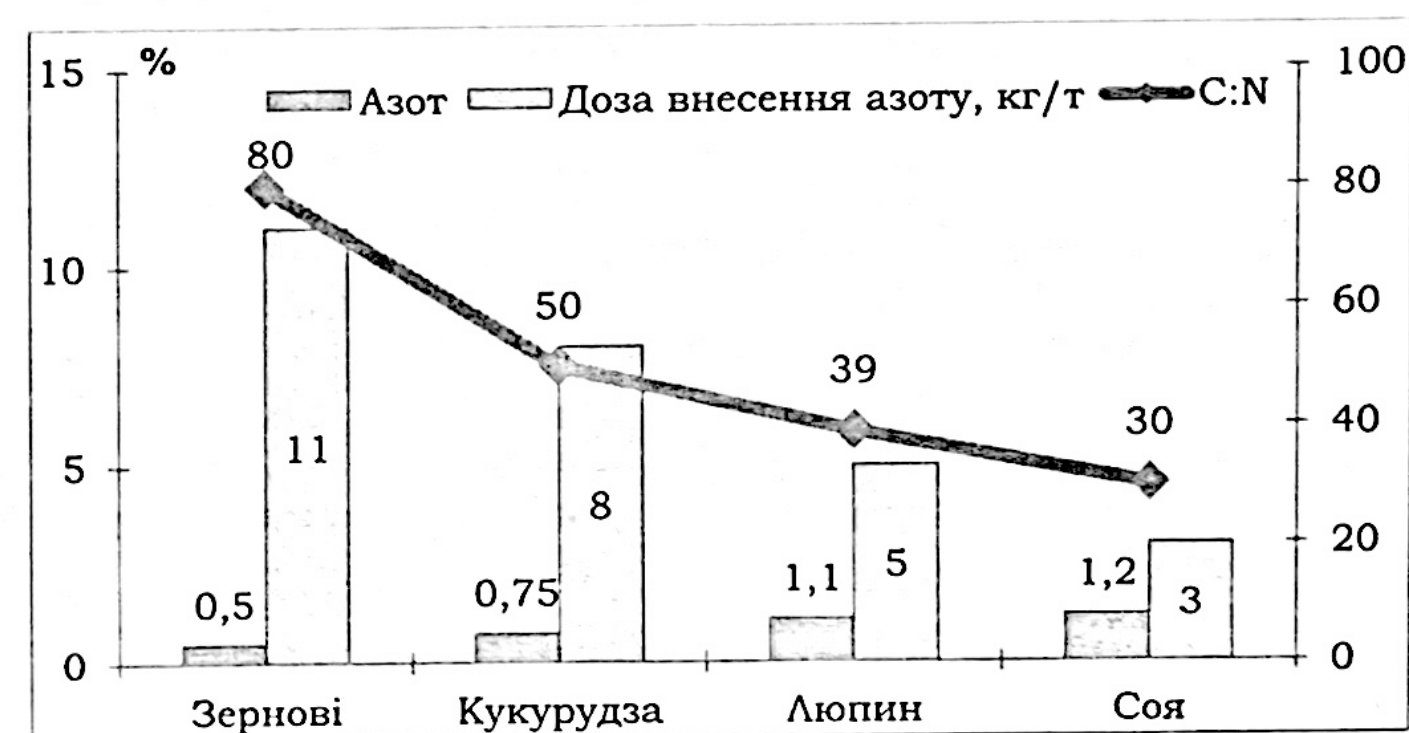


Рис. 1 Склад соломи сільськогосподарських культур та дози азоту на 1 т соломи

2 Процеси трансформації рослинних решток у ґрунті

Під час розкладання внесеної в ґрунт соломи переважають два основних процеси: *мініралізація* до кінцевих продуктів (вуглекислоти, води і мінеральних елементів) та *гуміфікація* з утворенням стабільних гумусових речовин. Мініралізація сприяє переходу в доступний стан закріплених в органічній речовині елементів живлення. Під час гуміфікації свіжої органічної речовини формуються специфічні гумусові сполуки та агрономічно цінні фізичні властивості ґрунту. В середньому, із свіжої органічної речовини, що надійшла в ґрунт, 90 % мініралізується до кінцевих продуктів і лише 10 % закріплюється в ґрунті у стійких до розкладу органічних формах [4].

На хід і швидкість розкладу рослинних решток впливають, по-перше, зовнішні умови середовища, що визначаються типом ґрунту і кліматом, а особливо вологість, температура, рН ґрунту, вміст кисню і поживних речовин, і, по-друге, склад речовин, що розкладаються.

Направленість процесів трансформації соломи в ґрунті залежить, перш за все, від ступеню її подрібненості. Збільшення довжини частинок сповільнює мініралізацію. Не менш важливий для характеру процесів, що протікають, є хімічний склад соломи (табл. 3). В першу чергу руйнуються прості вуглеводи, потім – целюлоза, а потім розкладається лігнін. Мініралізація зрілої соломи протікає значно повільніше біомаси зелених рослин, а також соломи, скошеної в більш ранні фази розвитку рослин. Встановлено, що за 2,5-4 місяці розкладається до 46 % соломи, за 1,5-2 роки - до 80 %, решта – пізніше.

Таблиця 3 – Склад соломи (% сухої речовини)

Культура	Загальна зола	Водорозчинна речовина	Лігнін	Пентозани	Альфа-целюлоза
Ячмінь	6,4	16,1	14,5	24,7	33,8
Овес	7,2	15,3	17,5	27,1	39,4
Пшениця	6,6	7,4	16,7	28,2	39,9
Жито	4,3	9,4	19,0	30,5	37,6
Рис	16,1	13,3	11,9	24,5	36,2

На процеси гуміфікації найбільший вплив виявляють гранулометричний склад ґрунту, кількість органічних речовин, що надходять до ґрунту, характер локалізації, додаткове внесення

мінеральних добрив. Розроблено узагальнені нормативи гуміфікації для ґрунтів важкого гранулометричного складу (табл. Д.2).

Помітний вплив на характер трансформації соломи в ґрунті дає рівень зволоження. Найбільш інтенсивно клітковина розкладається за вологості 70 % від повної вологоємності ґрунту. Надмірне зволоження уповільнює розкладання органічної речовини. До факторів, що впливають на розкладання органічної речовини, відноситься також температурний режим. Оптимальними температурними умовами для розкладання клітковини вважається 28-30°C. За низьких температур (5-9 т С) розкладання відбувається вкрай слабо, за температури нижче 0°C припиняється зовсім.

Швидкість і характер трансформації органічної речовини соломи, в значній мірі, залежить від хімічного і мінералогічного складу ґрунту. Інтенсивність розкладання помітно знижується у ґрунтах з переважанням вторинних мінералів у їх складі, оскільки вони виступають в якості адсорбентів органічних сполук, перешкоджаючи мініралізації.

Значну роль в розкладанні соломи відіграють азотні добрива. Застосування високих доз азотних добрив супроводжується швидкою мініралізацією соломи і зниженням коефіцієнту гуміфікації. Особливо добре це проявляється на ґрунтах легкого механічного складу.

На ґрунтах, бідних рухомими формами фосфатів, внесення фосфорних добрив разом з соломою прискорює її розкладання, за цим в значній мірі посилюються процеси амоніфікації та мініралізації органічного фосфору.

Процес розкладу і гуміфікації рослинних решток залежить від співвідношення С:N у складі органічної речовини. У залишках конюшини воно складає 12-25:1, картоплі – 14-20:1, буряку – 14-15:1, кукурудзи – 30-40:1, гірчиці – 35-40:1, зернових – 40-50:1. Оптимальним, тобто таким, за яким гуміфікація залишків протікає найбільш повно, є співвідношення С: N – 15-25:1.

Однозначний вплив на *гуміфікацію* виявляє *глибина загортання органічних матеріалів* (табл. 4). За поверхневої локалізації органічних речовин зони надходження гумусоутворювачів і зони їх ефективної гуміфікації просторово не збігаються. За поверхневого загортання (0-10 см) коефіцієнт гуміфікації зменшується проти середнього показника на 25 %, у разі загортання на глибину 15-20

см дорівнює середньому показнику, у разі загортання на глибину 20-30 см збільшується на 60 % [5]. За внутрішньогрунтового надходження органічних речовин включення продуктів їх розкладу в гумусові речовини у 2-3 рази більше, ніж за поверхневого.

Таблиця 4 – Вплив глибини загортання пшениці озимої і люцерни на їхню гуміфікацію

Варіант	Глибина загортання, см	Коефіцієнт гуміфікації, %
Пожнивні рештки пшениці озимої (корені + солома)	10 - 15	11,0
	30 - 35	37,7
Кореневі рештки пшениці	10 - 15	13,7
	30 - 35	26,1
Стерня + кореневі рештки пшениці	10 - 15	7,2
	30 - 35	28,8
Солома пшениці озимої	10 - 15	18,3
	30 - 35	34,4
Кореневі рештки люцерни	10 - 15	22,8
	30 - 35	28,5
Кореневі рештки люцерни 1/2 + солома пшениці озимої	10 - 15	6,3
	30 - 35	24,0

Гуміфікація органічних матеріалів залежить від їх сполучення з мінеральними добривами. За сумісного використання органічних матеріалів і мінеральних добрив у рекомендованих дозах коефіцієнти гуміфікації збільшуються на 10 %. Особливо значний вплив виявляє сумісне внесення мінеральних добрив (особливо азотних) разом з післяжнивними рештками, коефіцієнт гуміфікації у цьому випадку збільшується на 23-25%.

В рослинних залишках, окрім соломи зернобобових культур, широке відношення вуглецю до азоту. Швидкість розкладання соломи знаходиться в прямій залежності від відношення C:N знаходиться. Чим вужче це співвідношення, тим швидше розкладається солома (табл. 5).

Таблиця 5 - 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

3 Прискорення деструкції соломи

Експериментальним шляхом встановлені ефективні методи прискорення деструкції поживних залишків і соломи, майже втричі (за 6 - 8 тижнів).

Направленість процесів деструкції соломи в ґрунті залежить, перш за все, від ступеню її подрібненості. За роздільного збирання і формування після обмолоту валків потрібне додаткове їх подрібнення (не більше 5-10 см) з обов'язковим подовжнім розщепленням соломини з подальшим розкиданням по поверхні. Збільшення довжини частинок уповільнює мінералізацію вуглецю і азоту. Подрібнена солома може залишатися в полі протягом одного-двох тижнів після збиральних робіт, виконуючи роль мульчі, яка зберігає ґрунт від висушування.

Для прискорення деструкції соломи потрібно її ретельне перемішування з ґрунтом, при цьому основна маса соломи має бути розподілена на глибину 10 - 14 см дисковими знаряддями. Вологість ґрунту для швидкого розкладання має бути не менше 18 % з температурою ґрунту не менше 15 °С.

За відсутності цих умов необхідне застосування азотних добрив у вигляді водного розчину аміачної селітри або сульфату амонію з розрахунку 10 - 12 кг д. р. на тону соломи, які слід вносити восени у вересні-жовтні. У цей же час створюються сприятливі умови для застосування гуматів калію і натрію в дозі 30 г/га і мікробіологічних препаратів у дозі 0,5 - 1,0 л/га. Додатковий азот, передусім, вноситься у разі заробки соломи озимих зернових, озимого ріпаку та ярих колосових культур.

В порівнянні з варіантом, де азот не вносився, інтенсивність розкладання соломи зростає на 33 %. Висока ефективність розкладання соломи досягається за обробки поживних залишків і соломи розчином гумату натрію в концентрації 0,0001 %, або 30 г/га на кожні 3,0 т соломи. Також ефективно застосування гуматамісних препаратів у кількості від 2 до 6 л на 1 га (на 200 - 300 л робочого розчину), при цьому на 20 - 30 % знижується доза азоту. Бакова суміш готується сумісно з азотними добривами і вноситься за один технологічний прийом.

Деструкції соломи сприяють різні домішки (рис. 2). З метою прискорення процесів розкладу рослинних решток застосовують

деструктори, які поділяють на групи: грибного походження, бактеріального походження й інші (гумати, поживні середовища, біологічно активні речовини тощо). Із деструкторів грибного походження зазвичай переважають препарати з умістом грибів роду *Trichoderma*.

До складу деструкторів бактеріального походження входять бактерії азотфіксатори, бактерії фосфор- і калій мобілізатори, бактерії роду *Bacillus*. Деструктори бактеріального походження сприяють розмноженню всіх видів мікроорганізмів, які беруть участь у деструкції одночасно з грибами. Ефективність їх дії в значній мірі залежить від рівня зволоженості, температури, забезпеченості елементами живлення, кислотністю тощо. Якість препаратів визначається наступними параметрами: біологічна активність штамів, титр препарату (кількість мікроорганізмів в одиниці об'єму), строки зберігання, технологічність внесення [6].

Враховуючи, що за умов стимулювання мікробіологічної активності бактерій, які беруть участь в розкладанні соломи, відбувається значне поглинання азоту для побудови мікробної плазми і, тим самим, впродовж 60 - 90 днів збіднення їм ґрунтів, доцільно використовувати гумат натрію разом з аміачною селітрою в дозі 5 кг діючої речовини на 1 тону соломи. Крім того, важливо обирати перевірені *препарати-деструктори*, для того, щоб не допустити розмноження шкідливих бактерій та грибів рекомендацій.



Рис. 2 Мінералізація соломи за 90 діб інкубаційного досліду на різних типах ґрунту

4 Вплив застосування соломи на показники родючості ґрунту

Застосування побічної продукції в технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприяє підвищенню родючості ґрунту за рахунок збагачення органічної речовиною, надходженню біогенних елементів, поліпшенню агрофізичних параметрів ґрунту. Цінність та ефективність соломи як органічного добрива доведена численними польовими дослідженнями, проведеними в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Внесення соломи та інших рослинних решток у ґрунт позитивно впливає на агрохімічні, агрофізичні, біологічні та фізико-хімічні властивості [7]. Відомо, що систематичне внесення соломи знижує щільність ґрунту, збільшує його некапілярну шпаруватість, поліпшує вбирна здатність ґрунтів.

Гумусовий стан ґрунтів є головною ознакою їх потенційної родючості, тому його збереження, підтримка та відновлення запасів гумусу є одним з головних завдань землеробства.

За *гумусним еквівалентом* 37 ц соломи відповідають 100 ц підстилкового гною, або 270 ц зеленого добрива. Підраховано, що з 50 ц/га сухої речовини соломи у ґрунт поступає 5 ц/га органічної речовини, з поживними рештками – 10 ц/га, з кореневою масою 25 ц/га – 4 ц/га.

Систематичне заорювання соломи позитивно впливає на збільшення запасів гумусу (на 0,13%), що становить приблизно 4,5 т/га. За даними М. Себилота, із післяжнивних решток відтворюється наступна кількість гумусу (рис. 3).

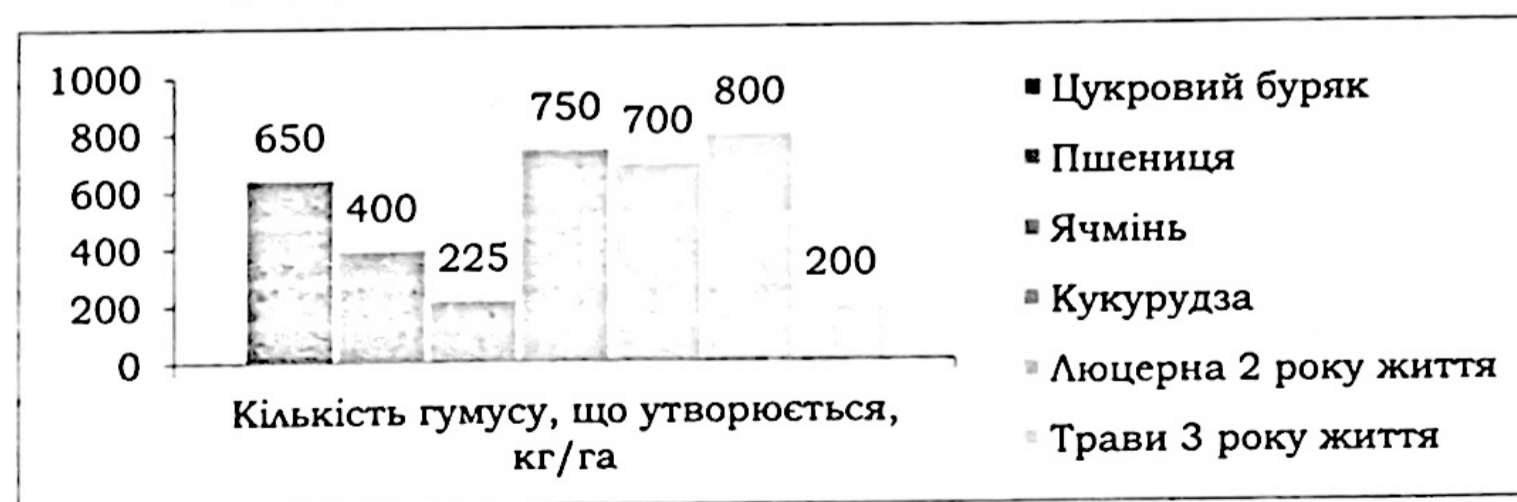


Рис. 3 – Кількість гумусу, який відтворюється в ґрунті з післяжнивними рештками (на 1 га посіву на рік)

Максимальний приріст гумусу за комбінованою обробіткою ґрунту спостерігали у варіантах, де вносили органічні добрива і соломі під буряк цукровий і кукурудзу на зерно (табл. 6). Ступінь гуміфікації у варіантах, де вносили органічні добрива і побічну продукцію рослинництва дуже висока (на контролі – висока).

Таблиця 6 – Вплив різних систем удобрення за комбінованою обробіткою ґрунту на гумусовий стан чорнозему типового

Показник	Варіант						
	контроль (без добрив)	гній, 40 т/га	гній, 40 т/га + NPK	солома, 4,2 т/га + N	солома, 4,2 т/га + NPK	солома, 4,2 т/га + N	солома, 4,2 т/га + NPK
				під цукровий буряк, кукурудзу на зерно		під всі культури	
Сзаг, %	2,95	3,11	2,92	3,45	3,17	2,98	2,98
Сгк, % до Сзаг	38	48	49	42	36	42	53
Ступінь гуміфікації	висока	дуже висока		висока	дуже висока		
Сфк, % до Сзаг	30	22	28	20	33	33	28
Сгк/Сфк	1,26	2,22	1,78	2,09	1,10	1,29	1,93
Тип гумусу	ФГ	ЧГ	ФГ	ЧГ		ФГ	
ГК-1, % до суми ГК	7,1	8,7	6,3	6,2	3,6	6,4	7,6
ГК-2, % до суми ГК	84,8	73,9	84,6	дуже низький		83,1	72,3
	дуже високий	високий	дуже високий	високий		дуже високий	високий
ГК-3, % до суми ГК	8,1	17,4	9,1	13,1	16,7	10,5	20,2
	низький	середній	низький		середній		високий
С гумінів, % до Сзаг	31	30	23	38	31	25	19
N заг, %	0,19	0,23	0,29	0,26	0,26	0,28	0,21
C/N	16	14	10	13	12	11	14

Примітка. ФГ - фульватно-гуматний; ЧГ - чисто гуматний; Ф - фульватний; ГФ - гуматно-фульватний

За мілкою обробіткою ґрунту в чорноземі типовому важкосуглинковому ступінь рухомості системи гумусових кислот значно збільшився за всіма варіантами порівняно з контролем, при цьому гумус не збагачувався азотом (табл. 7). Гуматний тип гумусу відмічали за органічної та органо-мінеральної систем удобрення, а також у варіанті з внесенням соломи разом з повною дозою мінеральних добрив.

Таблиця 7 – Вплив різних систем удобрення за мілкою обробіткою ґрунту на гумусовий стан чорнозему типового

Показник	контроль (без добрив)	гній, 40 т/га	гній, 40 т/га + NPK	Варіант			
				солома, 4,2 т/га + N	солома, 4,2 т/га + NPK	солома, 4,2 т/га + N	солома, 4,2 т/га + NPK
				під цукровий буряк і кукурудзу на зерно		під всі культури	
Сзаг, %	2,85	3,06	3,06	2,87	2,84	2,96	3,00
Сгк, % до Сзаг	41	40	42	37	44	39	33
Ступінь гуміфікації	дуже висока	висока	дуже висока	висока	дуже висока	висока	
Сфк, % до Сзаг	24	11	20	24	18	23	33
Сгк/Сфк	1,7	3,7	2,1	1,5	2,4	1,7	1,0
Тип гумусу	ФГ		ЧГ	ФГ	ЧГ	ФГ	ГФ
ГК-1, % до суми ГК	8	4	8	6	9	6	15
ГК-2, % до суми ГК	72	77	79	дуже низький		71	74
		високий		дуже високий		високий	
ГК-3, % до суми ГК	20	19	13	13	21	24	11
		середня			висока		середня
С гумінів, % до Сзаг	35	49	38	38	38	38	34
N заг, %	0,29	0,28	0,25	0,26	0,26	0,25	0,30
C/N	10	11	12	11	11	12	10

Примітка. ФГ - фульватно-гуматний; ЧГ - чисто гуматний; Ф - фульватний; ГФ - гуматно-фульватний

Заорювання соломи істотно впливає на мікробіологічні процеси у ґрунті. Продуктивність азотфіксації сильно змінюється залежно від типу ґрунтів (табл. 8).

Таблиця 8 – Чисельність азотфіксуючих мікроорганізмів у разі внесення соломи в ґрунт

ґрунт	Факультативні форми		Анаероби	
	вихідна кількість	після інкубації	вихідна кількість	після інкубації
Сірий лісовий	25,2	250	13	200
Темно-сірий лісовий	250	25000	31,2	25
Чорнозем звичайний	740	2500	74	600
Темно-каштановий	74	6000	278	600

5 Вплив застосування соломи на урожайність і якість продукції сільськогосподарських культур

Покращуючи властивості ґрунтів, солома позитивно діє на врожайність сільськогосподарських культур. Реакція окремих культур на удобрення соломою різна. Довгострокові польові досліді в сівозмінах довели, що кращими культурами в перший рік заорювання соломи є бобові і просапні.

Застосування соломи стерньових культур сівозміни на чорноземі типовому важкосуглинковому впродовж дванадцятирічного періоду сприяло збільшенню середньорічної продуктивності культур на 5,9 ц/га зерн. од., або 14,2 %. Однак найбільш продуктивною є органо-мінеральна система удобрення.

За різних комбінацій соломи, гною та мінеральних добрив приріст продуктивності культур коливається в межах від 16,6 до 18,6 ц/га зерн. од., або 39,9-44,7 %. Окупність 1 кг поживних речовин добрив приростом урожаю найвища (8,9 кг зерн. од) на варіанті з поєднанням внесення мінеральних добрив і соломи стерньових культур. На варіантах з органо-мінеральною системою удобрення спостерігається більш високий вміст рухомих органічних речовин у ґрунті (0,14-0,22 %), порівняно з варіантом, де застосовуються тільки мінеральні добрива (0,05-0,08 %) (табл. 9).

Таблиця 9 - Продуктивність культур сівозміни за поєданого застосування гною, мінеральних добрив та соломи (довгостроковий польовий дослід ННЦ ІГА „Агроекологічний моніторинг”).

Середньорічна норма добрив, кг/га д. р.	Середньорічна продуктивність культур, ц/га зерн. од.	Приріст продуктивності,	
		ц/га зерн. од.	%
Без добрив (контроль)	41,6	—	—
N ₈₀ P ₆₅ K ₆₁	57,9	16,3	39,2
N ₈₀ P ₆₅ K ₆₁ + солома 2-х культур	58,2	16,6	39,9
N ₈₀ P ₆₅ K ₆₁ + солома 4-х культур	60,0	18,4	44,2
N ₈₀ P ₆₅ K ₆₁ + солома 4-х культур + гній 10 т/га	60,2	18,6	44,7
N ₈₀ P ₆₅ K ₆₁ + гній 10 т/га	60,0	18,4	44,2
Солома 4-х культур	47,5	5,9	14,2
Гній 10 т/га	49,2	7,6	18,4

У довготривалих польових стаціонарних досліді Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН встановлено, що солому озимої пшениці у якості органічного добрива більш ефективно використовувати під цукрові буряки у поєднанні із поживними сидератами і оптимальною дозою мінерального добрива. Продуктивність цукрових буряків при цьому в середньому за 2007—2010 рр. була на рівні 50,2 т/га (урожай на контролі – 37,1 т/га), а збір цукру – 8,1 т/га (на контролі – 5,6 т/га) (табл. 10).

Таблиця 10 - Продуктивність цукрових буряків залежно від форм органічних добрив на чорноземі типовому вилугуваному середньосуглинковому

Варіанти	Урожайність	Приріст	Збір
	коренеплодів, т/га	урожаю т/га	цукру т/га
Без добрив (контроль)	37,1	—	5,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	47,4	10,3	7,2
Гній, 40т/га	47,2	10,1	7,4
Солома+поживні сидерати+N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	50,2	13,1	8,1

Для умов Західного Лісостепу найвищу середньорічну продуктивність чотирьохпільної сівозміни за дві ротації отримано за поєднання використання соломи і сидерату на фоні N₆₀P₆₀K₁₀₀ – 47,3 ц/га зерн. од. з 1 га сівозмінної площі; це на 2,1 ц зерн. од. більше, ніж на мінеральному фоні такого ж рівня, і на 4,8 ц/га більше, відносно варіанту з гноєм, при 34,3 ц/га зерн. од. на неудобреному контролі.

В короткоротаційній польовій сівозміні стаціонару Сумського ІАПВ на чорноземі типовому середньосуглинковому урожай цукрових буряків на варіанті з основним внесенням соломи з компенсуючою добавкою азоту (N₁₀) був на рівні від 1,3 до 10,5 т/га в залежності від обробітку ґрунту (оранка, чизелювання, дискування на 12 см, дискування на 6 см). Максимальний приріст урожаю коренеплодів був на варіантах, де солома заорювалась, і на варіантах з дискуванням на глибину 12 см.

Окупність 1 кг д. р. внесених добрив (приймаючи до уваги, що в середньому вміст NPK у соломі складає відповідно 0,45, 0,18 і 0,80 %, а в гної відповідно 0,5, 0,2 і 0,6 %) приростами урожаю цукрових

буряків найвища за використання соломи у посіданні з повним мінеральним добривом $N_{120}P_{100}K_{140}$ і становила 17,1 кг коренеплодів.

Поруч з позитивним впливом заробки соломи на врожайність сільськогосподарських культур відмічається і покращання якості рослинницької продукції. Так, в умовах півдня України удобрення соломою позитивно впливало на *якість* пожнивної вівсяно-горохової сумішки, кукурудзи і озимої пшениці. В рослинах кукурудзи при удобренні однією соломою підвищувався вміст загальних цукрів, а у варіантах із внесенням соломи і мінеральними добривами – кількість лізину, азоту, фосфору і калію. В зерні озимої пшениці у варіантах із заробкою соломи підвищувався вміст білка, сирової клітковини в порівнянні з варіантами, в яких застосовувались одні мінеральні добрива.

Підвищення цукристості коренеплодів цукрового буряка у разі заорювання соломи замість гною відмічено у зерно-буряковій сівозміні на чорноземах Правобережного Лісостепу України.

У довготривалих стаціонарних дослідах Полтавського ІАПВ встановлено ефективність дії соломи різних культур на *урожай зерна ячменю, озимої пшениці, кукурудзи та коренеплодів цукрових буряків* за різного обробітку ґрунту (чорнозем типовий важкосуглинковий). Внесення 5 т/га соломи пшениці озимої з компенсуючою добавкою азоту (N_{50}) під оранку забезпечило урожай зерна кукурудзи у середньому за 15 років на рівні 46,1 ц/га (урожай на контролі – 43,6 ц/га), внесення під поверхневий обробіток – 43,8 ц/га (урожай на контролі – 39,1 ц/га). Внесення під оранку 4 т/га соломи ячменю $+N_{40}$ забезпечило приріст урожаю зерна гороху на рівні 3,9 ц/га. Заорювання 2 т/га соломи сої $+ N_{20}$ сприяло забезпеченню приросту урожаю зерна ячменю на рівні 10 ц/га (урожай на контролі – 17,6 ц/га), за поверхневого обробітку ґрунту – 9,3 ц/га. При заорюванні 4 т/га соломи гороху $+ N_{40}$ був одержаний приріст урожаю зерна озимої пшениці на рівні 8,1 ц/га. Урожай цукрового буряку від заорювання соломи озимої пшениці (4 т/га $+ N_{40}$) підвищився на 35% у порівнянні з контролем, а за поверхневого обробітку ґрунту – на 67%. У дослідах встановлена достатньо висока післядія (4 роки) соломи озимої пшениці.

Таким чином, солома є ефективним органічним добривом, що забезпечує стійкий приріст урожаю продукції доброї якості на різних культурах і в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

6 Агротехнічні вимоги та технологічні схеми застосування соломи у землеробстві

Застосування рослинних решток у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприятиме регулюванню вологи та температури ґрунту, економії коштів на мінеральні добрива, підвищенню потенційної родючості ґрунту. В залежності від обраної стратегії та способу обробітку ґрунту розробляється тактика роботи з побічною продукцією.

Солома зернових культур, через різні форми її застосування і різне технічне оснащення господарств, використовується на добриво за двома основними технологічними схемами.

У першій схемі збирання колосових зерновими комбайнами з навісними подрібнювачами солома з половию, що виходять з молотарки, подрібнюються і рівномірно розкидаються по полю. Подрібнення соломи і її розкидання у полі здійснюється комбайнами, оснащеними подрібнювачами ПКН-1500Б-01 і ПКН-2600-01 безпосередньо під час збирання зернових колосових культур.

На засмічених полях і за умов необхідності збирання полови окремо на корм комбайнові подрібнювачі переустатковуються за схемою розподілу соломи у полі і збору полови у причіп 2ПТС-4-887А.

У найкоротший термін після розкидання соломи застосовують азотні добрива, застосовуючи штангові розкидувачі ПШ-21,6, розкидувачі МВУ-5, МВУ-12 і ін. Агрегати повинні рухатися за діагоналями ділянки або поперек посіву.

Якщо солону використовують як *мульчу*, то подрібнювачі комбайнів переобладнують на більшу довжину соломи (150 – 250 мм). Для цього протирізальний пристрій пристосування ПКН-1500Б-01 необхідно вивести з корпусу подрібнювача. негайно після збирання зернових поле обробляють бороною БМШ-15, БМШ-20 на глибину 5-6 см, потім культиватором-плоскорізом КПШ-9 чи КПШ-11 на глибину 8-10 см.

Після внесення мінеральних добрив (якщо розкидана солома, мульча залишається на зиму) проводять глибоке безвідвальне розпушування ґрунту плоскорізами ПГ-3-5, КПГ-3-100 чи чизельними плугами ПЧ-4.5 із пристосуванням ПСТ-4,5.

У випадку загортання соломи в осінній період, культиватори - плоскорізи КПШ-9 і КПШ-11 і плоскорізи - глибокорихлители не застосовують, а використовують плуги з гвинтовими відвалами. Наприклад, начіпні дискові плуги ПДН-6-25.

У другій схемі комбайни, не обладнані подрібнювачами-розкидачами, проводячи обмолот зернових, залишають після свого проходу на поле валки соломи з половиною (табл. 11). Потім у роботу включаються причіпні машини (підбирачі - подрібнювачі, КИР-1,5 М та ін.). Вони підбирають солому з валків, подрібнюють її і розкидають. Наступні операції не відрізняються від операцій за першим варіантом.

Таблиця 11 – Орієнтовна маса соломи за різних строків після укладання, кг/м³

Солома	3-5 днів після укладання	45 днів та більше після укладання
Озимих зернових культур	30-35	35-39
Ярових зернових культур	35-40	50-55

Перед заорюванням солому обов'язково подрібнюють і рівномірно розподіляють по поверхні поля за допомогою універсальних пристосувань. На забур'яненнях полях комбайнові подрібнювачі переобладнують за схемою, згідно з якою здійснюється розподіл соломи по поверхні поля і збір полови у причеп. За умов нестачі комбайнових подрібнювачів солому збирають у валок, подрібнюють і розподіляють самохідними або причіпними подрібнювачами КСК-100, Є-281, КПКУ-75 і КС-1.8.

Після цього стерню лущать на глибину 8-10 см важкою дисковою бороною БДТ-3, БДТ-7, що утворює сприятливі аеробні умови для процесу розкладу. Кількість азоту (приблизно 100 кг діючої речовини на 1 т соломи), яку потрібно для компенсування, вносять розкидачами ІРМГ-4, КСА-3, РУМ-5, РУМ-8, РУМ-16, НРУ-0.5 на полях, що розташовані поблизу від тваринницьких підприємств.

За традиційного обробітку та поверхневого обробітку ґрунту проводиться подрібнення та рівномірний розподіл рослинних решток по полю, внесення відповідної компенсаційної дози аміачних добрив та/або обробка деструкторами перед заорюванням у ґрунт, що завершується проведенням оранки або дискування.

Для поліпшення процесу розкладу можна додатково обробити солому гуматвмісними препаратами у кількості від 2 до 6 л на 1 га (на 200-300 л робочого розчину), при цьому на 20-30% знижується доза азоту. Бакова суміш готується сумісно з азотними добривами і вноситься за один технологічний прийом.

No-till технологія передбачає постійне покриття ґрунту товстим шаром рослинних залишків. Рослинні рештки залишаються на полі у вигляді мульчі, або зовсім не подрібнюються. Стерня зернових розміром 12-15 см не заважає подальшим обробкам і сівбі, але дуже добре затримує сніг, сприяє накопиченню зимової вологи для отримання майбутнього врожаю, зберігаючи озимі від вимерзання.

Для якісного закладення стерні і соломи за мінімального обробітку ґрунту використовуються стерньові культиватори та дискові борони. Для поверхневого внесення побічної продукції на важких ґрунтах слід орієнтуватися на робочі органи типу лап, на більш легких - ефективніше використовувати дискові робочі органи. Найкращі результати при лущенні стерні досягаються шляхом поєднання різних видів робочих органів. До складу більшості сучасних стерньових культиваторів в різних комбінаціях входять робочі органи розпушувальними типу, закладаючі робочі органи і накочують катки.

Після внесення соломи у ґрунт готується під посів запланованих сільськогосподарських культур відповідно до прийнятих технологій.

Для більш повного (40-50 %) розкладання біомаси соломи потрібно, щоб термін від загортання її в ґрунт до висіву сільськогосподарських культур складав не менш 6-8 місяців. За цієї умови в перший рік культурні рослини можуть використовувати до 15-25 % азоту, 20-30 % фосфору і 25-40 % калію.

Вносять побічну продукцію в ті ж терміни, що і за традиційної обробки ґрунту: осіннє закладення соломи з ґрунту з лущенням стерні є найкращою, оскільки є ефективним заходом боротьби з бур'янами. Побічна продукція, що закладена в ґрунт восени, до початку весняної сівби наступної культури проходить початкові стадії розкладання, в результаті чого мінімізується ризик пригнічення рослин через дефіцит мінерального азоту і накопичення фітотоксичних органічних сполук.

Весняне закладення соломи при всіх способах обробітку ґрунту, як правило, не таке ефективне, оскільки призводить до зниження вмісту в ґрунті доступного азоту.

Солому можна вносити під усі сільськогосподарські культури: просапні, кормові, зернові і зернобобові. Найбільш повно солома використовується при загортанні під основний обробіток ґрунту на полях, призначених для вирощування кукурудзи на зерно і зелений корм.

Ефективним способом застосування соломи у землеробстві є сумісне внесення з безпідстилковим гноєм та азотними добривами.

При заорюванні соломи у ґрунт перевагу слід віддавати *аміачним*, а не нітратним формам добрив. В умовах виробництва норма внесення азотних добрив під основний обробіток ґрунту повинна бути диференційованою, залежно від кількості рослинних решток, що залишилися після збирання культури (рис. 4). Такий підхід до внесення азотних добрив буде сприяти не тільки поліпшенню гумусового стану ґрунтів, але й зменшенню непродуктивного витрачання азоту у процесах денітрифікації азотних добрив.



Рис. 4 Компенсаційні дози внесення азоту на 1 т соломи

7 Екологічні аспекти та економічна ефективність застосування соломи у землеробстві

Використання соломи у землеробстві має велику екологічну значимість: повернення відчужуваних біогенних елементів у ґрунт як основи відтворення родючості та отримання рослинницької продукції; попередження міграції та вимивання рухомих елементів живлення рослин, в тому числі нітратного азоту; збереження біорізноманіття ґрунтів за рахунок підтримання умов зволоження та температури. Солома рівномірно розкидана по полю в літній час захищає ґрунт від пересихання і ущільнення.

До негативних властивостей соломи слід віднести її можливу депресивну дію на сільськогосподарську культуру, під яку вона вноситься як добриво. У зв'язку із широким співвідношенням С:N в соломі (70 - 80) внаслідок її розкладу мікроорганізми споживають мінеральний азот з ґрунту, що призводить до деякого зниження урожаю в перший рік. Щоб попередити це явище, рекомендується на 1 т соломи вносити 10 - 12 кг д.р. азоту. Найкращий ефект спостерігається за додавання сульфату амонію за тиждень до загортання соломи. Важливо, щоб за внесенні соломи і азоту дотримувалось співвідношення як С:N = 20:1.

Встановлено, що крім широкого відношення С:N, інгібіторна дія пов'язана з присутністю у соломі розчинних форм органічних сполук: саліцилової та дегідростеаринової кислот, а також ваніліну. Фітотоксичний ефект продуктів розпаду соломи проявляється в затримці росту коріння, порушенні обміну речовин, хлорозі.

На післяжнивних рештках зберігається до 75 % *патогенів рослин*, які в міру накопичення стають розповсюджувачами хвороб, в першу чергу корневих гнилей. Сприяють знищенню патогенів також фосфоровмісні та кальційвмісні сполуки. В даний час використовуються також біопрепарати з високою концентрацією селекційних бактерій азотофіксаторів та фосфоромобілізаторів, що знищують патогенні хвороби.

Економічна та агрономічна ефективність використання соломи як добрива доведена численними дослідженнями і практикою. За використання побічної частини врожаю зернових колосових культур на добриво знижуються витрати на виконання технологічних операцій і витрати пального (від 15,8 до 54,0%), скорочується число

проходів агрегатів по полю, зменшується ущільнення ґрунту, витрати праці скорочуються в 4,7-6,3 рази, витрати коштів – у 1,7-1,9 рази.

У разі застосування соломи пшениці озимої, як органічного добрива, потреба в гної зменшується на 30 %, а у разі загортання усіх рослинних післяжнивних решток – майже на 40 %. Собівартість соломи, стебел кукурудзи, соняшника та іншої побічної продукції визначається виходячи з розрахунково-нормативних витрат на збирання, транспортування та інші роботи, пов'язані із заготівлею основної та побічної продукції.

Мінеральні добрива можна замінити безпідстилковим гноєм не менш 6-8 т на 1 т соломи. У разі роздільного використання соломи і безпідстилкового гною витрати на одиницю внесених добрив на 16 - 40 % вищі, ніж у разі внесення стійлового гною на солом'яній підстилці.

У результаті досліджень визначено *економічну ефективність* різних варіантів застосування побічної продукції рослинництва, зокрема на прикладі використання соломи зернових культур за такими конкурентними варіантами: 1 – соломі витрачають як підстилку у тваринництві з наступним одержанням гною як добрива; 2 – подрібнену соломі залишають на полях після збирання основної культури для одержання органічних добрив і для заміни ними мінеральних добрив (табл. 12). Нормативну собівартість 1 т соломи прийнято в розмірі 331 грн (12,2 дол. США), що обчислено з урахуванням нормативних виробничих витрат на вирощування пшениці озимої за врожайності 50 ц/га. Критерій ефективності – максимальний економічний ефект з урахуванням екосервісного ефекту, пов'язаного із секвестрацією вуглецю.

Результати розрахунків свідчать, що використання 1 т соломи забезпечує виробництво 8 т гною, у якому міститься в середньому 108 кг поживної речовини NPK [8], що формує економію витрат на суму 46 дол. США порівняно із витратами за використання мінеральних добрив. Унесення 1 т соломи безпосередньо в ґрунт забезпечує 16 кг поживної речовини NPK [9] і формує відповідно економію 16 дол. США (порівняно із застосуванням мінеральних добрив). Умовний рівень рентабельності вказаних варіантів використання соломи становить відповідно 74,2 і 31,1 %. Загальний економічний ефект зазначених варіантів використання 1 т соломи за

впливом на потенційну родючість (з урахуванням вартості сформованого гумусу) становить відповідно 103,6 і 23,2 дол. США.

Таблиця 12 – Розрахунок показників економічної ефективності способів використання соломи за впливом на потенційну родючість ґрунту

Показник	Варіанти використання 1 т соломи при:	
	виробництві гною (8 т з 1 т соломи)	розкиданні на полі
Собівартість одержуваних із соломи поживних речовин, дол. США	62,0	12,2
Буде одержано поживних речовин, кг:		
азоту (5 кг в 1 т гною)	40	5
фосфору (2,5 кг в 1 т гною)	20	2
калію (6 кг в 1 т гною)	48	9
усього NPK (13,5 кг в 1 т гною)	108	16
Ціна 1 кг NPK, дол. США	1,0	1,0
Вартість – усього NPK, дол. США	108,0	16,0
Економія від застосування органічних добрив замість мінеральних, дол. США	46,0	3,8
Рівень умовної рентабельності, %	74,2	31,1
Сформований гумус, т	0,400	0,135
Вартість 1 т гумусу, дол. США	144	144
Вартість сформованого гумусу, дол. США	57,6	19,4
Загальний економічний ефект за впливом на потенційну родючість ґрунту, дол. США	103,6	23,2

Примітка. Розраховано за методичним підходом В. Я. Месель-Веселяка [8].

Отже, за наявності тваринництва більшого ефекту за впливом на потенційну родючість ґрунту досягають у разі використання соломи для виробництва гною, дещо меншого – за безпосереднього внесення її в ґрунт. Разом із цим, перший варіант є більш витратним і може бути практично реалізованим за розвинутого тваринництва; другий варіант забезпечує істотну економію коштів порівняно з використанням мінеральних добрив.

8 Спалювання соломи на полі: екологічні наслідки та збитки

Світова практика і численні дослідження свідчать про те, що спалювання стерні є недоцільним і *антиекологічним* заходом, який завдає значної шкоди довкіллю, і, насамперед, ґрунтам.

У господарствах найчастіше солома спалюється в скиртах і у валках. Інтенсивність негативного екологічного впливу палаючої соломи на показники родючості ґрунту залежить від маси соломи і стану верхнього шару ґрунту.

Встановлено, що солома згорає на 1 м² за 30-40 сек., за цим температура на поверхні досягає 360°C, на глибині 5 см – біля 50°C. Вигорання гумусу відмічено у шарі 0-10 см. При цьому погіршуються водно-фізичні властивості ґрунту, знижується його біологічна активність. Термічне навантаження усіх рівнів приводить до зниження чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів (40 °C є для них летальною температурою) та ферментативної активності, яка пов'язана з перетворенням вуглецевмісних сполук. Підраховано, що під час згорання 40-50 ц соломи і стерні, з кожного гектару втрачається 20-25 кг азоту і 1500-1700 кг вуглецю.

Спалювання соломи на полі – чи не єдиний фактор шкоди чинності, що прирівнюється до промислових викидів у повітря.

У модельних польових дослідах на чорноземі типовому важкосуглинковому (Граківське дослідне поле) встановлено, що спалювання різних за об'ємом валків соломи (з розрахунку) від 1,4 до 5,8 т/га викликає посилення рухомості органічної речовини ґрунту (шари 0-2 см та 2-5 см) і певні зміни в її структурі під впливом температурного фактору.

Відомо, що інтенсивність процесів перетворення органічних сполук у ґрунті тісно пов'язана з активністю ферментів, які і беруть участь у біокаталізі реакцій вуглецевого циклу. Встановлено, що під час спалювання соломи активність дегідрогенази, яка характеризує в цілому активність мікробного пулу ґрунту і корелює з активністю перетворення вуглецевих сполук, мала тенденцію до зниження. Активність інвертази (фермент, який перебуває у тісному зв'язку із

вмістом органічної речовини у ґрунті) під час спалювання соломи зменшилась відносно контролю від 16 % до 41 %.

Відновлення активності за час спостережень не відбувалось. Активність поліфенолоксидази (з нею зв'язують процеси синтезу складових гумусу) зменшилась відносно контролю від 49 % до 59 %. Встановлено, що рівень ферментативної активності за визначених умов повернеться до вихідного стану (якщо рахувати від початку дії антропогенного фактору – спалювання соломи) приблизно через 100 діб.

Крім цього, було встановлено [10], що під час спалювання соломи змінюється кількісний склад основних екотрофічних груп мікроорганізмів. У верхньому шарі ґрунту чисельність мікроорганізмів відносно контролю зменшується одразу відповідно із зростанням тривалості згорання соломи. Найбільш вразливими є органотрофні бактерії та мікроскопічні гриби, чисельність яких зменшилась на 54 % і 63 % навіть у разі мінімальної кількості спаленої соломи. Повернення чисельності мікроорганізмів до вихідного стану залежало від характеру та інтенсивності дії антропогенного фактору. Зростання чисельності окремих груп мікроорганізмів у шарі 2-5 см за мінімального навантаження може свідчити про утворення легкодоступних вуглецевих сполук після проведення спалювання (негативний процес з точки зору потенційної родючості ґрунту) та зміну домінуючих популяцій мікроорганізмів на більш стійкі до зростання температури.

На пожнивних залишках накопичуються патогени, які в міру накопичення стають розповсюджувачами хвороб рослин. Частково ця проблема вирішується спалюванням пожнивних залишків, але при цьому виникає інші серйозні проблеми, пов'язані з погіршення якості ґрунту.

Спалювання стерні допускається як виключення при масовому зараженні колосових культур кореневими гнилями і фузаріозом, що перевищує допустиме граничне значення. Рішення про це повинна приймати відповідна обласна чи районна комісія.

Спалювання соломи й стерні завдає істотних збитків довкіллю. Так, проведені розрахунки свідчать, що збитки лише від однієї статті – знищення й переродження (трансформацію) органічної речовини ґрунту під впливом високих температур під час горіння поживно-

кореневих залишків, наприклад, за вмісту гумусу в ґрунті 3 % і маси згорілої соломи 5 т/га становлять 216 дол. США/га (табл. 13).

Таблиця 13 – Розрахунок збитків від втрати гумусу через спалювання різної кількості соломи й стерні в безвітряну погоду залежно від його вмісту в ґрунті, дол. США/га

Маса згорілої соломи, т/га	Уміст гумусу в ґрунті, %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	14,4	28,8	43,2	57,6	72,0	86,4	100,8	115,2
2	28,8	57,6	86,4	115,2	144,0	172,8	201,6	230,4
3	43,2	86,4	129,6	172,8	216,0	259,2	302,4	345,6
4	57,6	115,2	172,8	230,4	288,0	345,6	403,2	460,8
5	72,0	144,0	216,0	288,0	360,0	432,0	504,0	576,0

Примітка. Розраховано за методичним підходом і нормативами О. А. Демидова, С. Ю. Булигіна та ін. [11].

Якщо до зазначеної суми додати збитки від знищення соломи як органічного добрива (23 дол. США/т або 115 дол. США з розрахунку на 5 т), то величина прямих збитків дорівнює 331 дол. США/га. Зважаючи на те, що згідно з методикою підрахунків збитків від спалювання стерні та соломи [11], сума зовнішніх збитків довікілю дорівнює величині внутрішніх збитків, то розмір *повного еколого-економічного збитку* від спалювання соломи й пожнивних решток у нашому прикладі становить 662 дол. США/га. Обчислена величина істотно перевищує розмір чинних штрафних санкцій за спалювання стерні, що і є однією з причин розвитку цього явища в господарській практиці.

Крім цього, необхідно пам'ятати, що відповідно до статті 77-1 Кодексу України про адміністративні правопорушення за самовільне випалювання сухої рослинності або її залишків без письмового дозволу органів державного контролю у галузі охорони навколишнього середовища або порушення умов такого дозволу - тягне за собою адміністративну відповідальність.

Усе вищезгадане може привести не тільки до зниження обсягів виробництва, але й стане причиною виникнення та посилення екологічних проблем локального, регіонального і, навіть, глобального характеру.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 4884:2007. Добрива органічні та органо-мінеральні. Терміни і визначення понять. [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2009 38 с. (Національний стандарт України).
2. Безуглий М.Д., Булгаков В.М., Гриник І.В. Науково-практичні підходи до використання соломи та рослинних решток. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 3. С. 5-8.
3. Системи удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття: монографія / за ред. С.А. Балюка, М.М. Мірошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.
4. Гіржев Р.А., Доценко О.В. Гумусовий стан чорнозему типового та його зміни під впливом антропогенних факторів. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 4. С. 90-92.
5. Скрильник Є.В., Гетманенко В.А., Кутова А.М. Застосування органічних добрив для регулювання вмісту гумусу в ґрунтах: проблеми, рішення та перспективи. *Вісник аграрної науки (Спец. випуск)*. 2016. С. 81-86.
6. Русакова І.В., Осковкин В.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата БАГС и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв. *Агрoхимия*. № 8. 2016. С. 56-61.
7. Балюк С.А., Носко Б.С., Скрильник Є.В. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 11-17.
8. Месель-Веселяк В. Я., Паштецький В. С. Ефективність застосування альтернативних видів енергії в сільському господарстві України. *Економіка АПК*. 2011. № 12. С. 3-9.
9. Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусного стану ґрунтів (рекомендації) / Демидов О. А. та ін.; за заг. ред. С. А. Балюка, Є. В. Скрильника. Харків: Міська друкарня, 2012. 38 с.
10. Христенко С.І., Скрильник Є.В. Вплив спалювання соломи на біологічні показники чорнозему типового. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. № 1-2. С.95-105.
11. Методика підрахунків збитків від спалювання стерні та соломи / за заг. ред. С. Ю. Булигіна. Київ: Державний науково-технологічний центр охорони родючості ґрунтів, 2011. 16 с.

Додатки

Таблиця Д.1 Коефіцієнти перерахунку зерна та насіння в побічну продукцію сільськогосподарських культур (із розрахунку на стандартну вологість)

С/г культура	Коефіцієнти		
<i>зернові культури</i>			
Урожайність зерна, ц/га	30-40	40-50	>50
Пшениця озима	1,1	1,0	0,8
Озиме жито	1,3	1,1	-
Пшениця яра	1,0	0,9	-
Ячмінь ярий	0,8	0,7	-
Овес	1,0	-	-
Урожайність зерна, ц/га	30-60	60-90	>90
Кукурудза	1,3	1,0	0,8
Урожайність зерна, ц/га	>20	-	-
Просо	1,1	-	-
Урожайність зерна, ц/га	>10	-	-
Гречка	1,1	-	-
<i>зернобобові культури</i>			
Урожайність зерна, ц/га	20-30	30-40	>40
Люпин	1,3	0,9	0,7
Горох	1,5	1,3	1,1
Соя	2,0	0,9	-
<i>олійні культури</i>			
Урожайність насіння, ц/га	20-30	>30	-
Ріпак	1,7	1,2	-
Соняшник	1,5	1,3	-
<i>коренеплоди</i>			
Урожайність, ц/га	200-300	400-500	>500
Буряк цукровий	0,7	0,6	0,5
Буряк столовий	0,6	-	-
Картопля	0,45	-	-

Таблиця Д.2 – Нормативи формування нестабільних форм гумусу за рахунок рослинних решток

Показник	Відсоток маси сухої органічної речовини, кг
Рослинні рештки:	
- зернобобових культур, багаторічних трав, льону	25
- кукурудзи і інших силосних культур	17
- соломи, стерні, коренів	15
- картоплі, цукрового буряку, овочів, проміжних сидеральних культур	12
<i>Поправочні коефіцієнти на гранулометричний склад ґрунту</i>	
Важкосуглинковий	1,00
Середньосуглинковий	0,90
Легкосуглинковий	0,80
Супіщаний	0,50
Глинисто-піщаний	0,15
<i>Поправочні коефіцієнти на дозу внесення</i>	
Рекомендована	1,00
Більша у 1,5 рази	0,90
Більша у 2,0 рази	0,85
<i>Поправочні коефіцієнти на сумісне застосування з мінеральними добривами у рекомендованих дозах</i>	
Гною	1,10
Рослинних решток	1,25
<i>Поправочні коефіцієнти на глибину загортання, см</i>	
0—10	0,7
15—20	1,0
20—30	1,6

НАУКОВО-ПРАКТИЧНЕ ВИДАННЯ

**ЗАСТОСУВАННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК
У СУЧАСНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЯХ**

Підписано до друку 28.02.2019 р. Формат 64x84¹/16
Друк офсет. Папір офсет. Обсяг 3,6 ум. арк..
Наклад 100. Замовлення № ФХ 00346

Видавництво КП «Міська друкарня»
Свідотство суб'єкта видавничої справи:
серія ДК №3613 від 29.10.2009 р.
61002, Україна, м. Харків, вул. Алчевських, 44
(057) 700-48-38

Надруковано в ТОВ «Рекламне агентство «Формат-Харків»
Україна, 61002, Харків, вул. Ярослава Мудрого, 11/3А, а/с 902
