



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.81.86:417  
© 2012

*А.С. Заришняк,  
академік НААН*

*В.В. Іваніна,  
кандидат сільсько-  
господарських наук*

*Інститут  
біоенергетичних культур  
і цукрових буряків НААН*

*Т.В. Колібабчук,  
кандидат сільсько-  
господарських наук*

*Верхняцька дослідно-  
селекційна станція ІБКЦБ*

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ВУГЛЕЦЮ В ЧОРНОЗЕМІ

*Використання традиційної та альтернативної систем органо-мінерального удобрення забезпечило зростання вуглецю органічної речовини чорнозему опідзоленого на 0,10–0,11 т/га за рік та сприяло якісній трансформації вуглецю в сполуки більш стабільних гуматних форм гумусу. Мінеральна система удобрення зумовила втрати гумусу у вуглецевому еквіваленті 0,41 т/га за рік та посилила процеси його фульватизації.*

Однією з найважливіших проблем сучасного землеробства є втрата органічної речовини ґрунту. Стала тенденція до зменшення запасів гумусу в межах 0,6–1 т/га щороку спричиняє деградацію основних ґрунтових характеристик, зумовлює погіршення фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунтів, повітряного та водного режимів і призводить до зменшення їхнього продукційного потенціалу [1, 2, 6].

Вуглецевий обмін у ґрунтах високого рівня техногенного навантаження є діагностичним показником їхньої екологічної рівноваги. Зі зменшенням запасів вуглецю продуктивна здатність ґрунтів знижується, а елементи живлення, навіть у достатній кількості, не засвоюються рослинами повною мірою через погіршення ґрунтової структури, водного та повітряного режимів [4].

Головним джерелом стабілізації запасів вуглецю ґрунту є внесення органічних добрив. За даними численних досліджень, застосування в зоні Лісостепу 10–12 т гною на 1 га ріллі здатне компенсувати втрати органічної речовини ґрунту, зміщуючи баланс процесів розкладу — синтезу в бік синтезу [2, 4].

Практика ведення землеробства з унесенням 1–1,5 т гною на 1 га ріллі в останні 20 років вважається деструктивною, що потребує пошуку альтернативних підходів у забезпеченні

ґрунту органічною речовиною та поліпшенні умов її трансформації в гумусні сполуки.

У стаціонарних польових дослідях, проведених на Верхняцькій дослідно-селекційній станції (умови нестійкого зволоження зони Лісостепу), вивчали вплив різних систем удобрення на стабілізацію запасів органічної речовини ґрунту.

**Матеріали і методика досліджень.** У роботі наведено дані 2-х ротаций (1989–2009 рр.) зерно-бурякової сівозміни, які характеризують гумусний стан чорнозему опідзоленого важкосуглинкового з поглибленим аналізом процесів кількісної та якісної трансформації вуглецю в ґрунті.

ґрунт дослідного поля — чорнозем опідзолений важкосуглинковий: уміст гумусу за Тюріним — 3–3,6%, гідролітична кислотність за Каппеном — 22–38 мг-екв/кг ґрунту, сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем — 280–300 мг-екв/кг ґрунту, лужногідролізованого азоту за Корнфільдом — 100–120 мг/кг ґрунту, уміст рухомого фосфору та обмінного калію за Чиріковим — відповідно 90–140 та 70–100 мг/кг ґрунту.

Чергування культур у плодозмінній сівозміні (30% — просапні, 60 — зернові, 20% — кормові): ячмінь+конюшина — конюшина — пшениця озима — буряки цукрові — горох — пше-

**1. Трансформація органічної речовини у шарі чорнозему опідзоленого 0–40 см за різних систем удобрення зерно-бурякової сіво-  
зміни, ВДСС (1989–2009 рр.)**

Варіант	Унесено на 1 га сівозміної площі	Запаси $C_{орг}$ у ґрунті на період 1989 р.	Зміна запасів $C_{орг}$ у ґрунті до початкового				Усього надійшло $C_{орг}$					Потреба $C_{орг}$ для балансу гумусу, т/га	
			за 20 років	за 1 рік	± до контролю за 1 рік	т/га	за 1 рік	± до контролю за 1 рік	К <sub>гум</sub> , %	т/га	за 20 років	за 1 рік	т/га
			за 20 років	за 1 рік	± до контролю за 1 рік	т/га	за 1 рік	± до контролю за 1 рік	К <sub>гум</sub> , %	т/га	за 20 років	за 1 рік	т/га
1	Без добрив	80,2	-7,19	-0,36	—	7,85	—	—	—	0,39	—	20,5	1,03
2	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub>	81,8	-8,18	-0,41	-0,05	8,76	—	—	—	0,44	0,04	18,5	0,92
3	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub> + побічна продукція	81,6	2,26	0,11	0,47	9,11	25,8	—	—	1,75	1,36	—	—
5	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub> + 12 т/га гною	82,7	2,09	0,10	0,46	9,28	—	22,2	—	1,58	1,19	—	—
12	12 т/га гною + побічна продукція	80,9	4,93	0,25	0,61	8,86	22,0	22,2	—	2,66	2,27	—	—

**2. Вплив систем удобрення на динаміку якісного складу гумусу чорнозему опідзоленого за 2 ротації зерно-бурякової сівозміни, ВДСС (1989–2009 рр.)**

Варіант	Унесено на 1 га сівозміної площі	Шар, см	С загальний		С лабільний		C <sub>гк</sub>		% до маси ґрунту				C <sub>гк</sub> /C <sub>фк</sub>	
			%		%		%		у т.ч. % С фракцій від C <sub>гк</sub> зв'язаних з:				залишок	
			1989		2009		1989		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ca		1989	
			2009		2009		2009		1989		2009		2009	
1	Без добрив	0–30	1,68	1,51	0,066	0,068	0,64	0,54	32,3	38,4	67,7	61,6	0,43	0,42
		30–40	1,64	1,54	0,053	0,054	0,62	0,56	30,4	34,2	69,6	65,8	0,43	0,40
2	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub>	0–30	1,72	1,53	0,065	0,081	0,66	0,54	33,1	46,9	66,9	53,1	0,44	0,46
		30–40	1,65	1,55	0,058	0,065	0,63	0,58	31,8	38,5	68,2	61,5	0,44	0,42
3	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub> + побічна продукція	0–30	1,72	1,77	0,072	0,081	0,67	0,70	30,6	35,7	69,4	64,3	0,44	0,40
		30–40	1,64	1,68	0,056	0,073	0,63	0,66	30,2	32,6	69,8	67,4	0,43	0,42
5	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub> + 12 т/га гною	0–30	1,75	1,79	0,070	0,089	0,67	0,69	32,9	34,8	67,1	65,2	0,42	0,40
		30–40	1,65	1,69	0,060	0,076	0,62	0,66	31,4	33,3	68,6	66,7	0,42	0,41
12	12 т/га гною + побічна продукція	0–30	1,71	1,83	0,069	0,086	0,67	0,72	31,1	32,7	68,9	67,3	0,44	0,39
		30–40	1,63	1,67	0,063	0,064	0,61	0,63	30,3	30,2	69,7	69,8	0,42	0,40
	НІР <sub>05</sub>		0,08	0,07	—	—	0,03	0,02	—	—	—	—	-0,02	0,03
													0,02	—

ниця озима — кукурудза на зерно — вико-овес — пшениця озима — буряки цукрові. У ґрунт заробляли побічну продукцію всіх культур, крім ячменю ярого, конюшини та вико-вівса.

Площа облікової ділянки — 100 м<sup>2</sup>, повторність — 3-разова. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для цієї зони.

Зразки ґрунту відбирали з орного (0–30 см) та підорного (30–40 см) шарів у 4-му полі сівозміни перед закладанням досліду, у кінці I та II ротацій. Уміст загального гумусу в ґрунті визначали за І.В. Тюріним, лабільного — за М.А. Єгоровим, груповий склад гумусу — за І.В. Тюріним у модифікації М.М. Кононової та Н.П. Бельчикової. Облік побічної продукції здійснювали за ділянками, уміст сухої речовини — ваговим методом. Вихід післяжнивних решток з урахуванням коефіцієнтів гуміфікації визначали розрахунковим методом згідно з рекомендаціями О.Г. Тараріка, М.Г. Лобаса [3].

**Результати досліджень** свідчать про те, що система удобрення — один з головних факторів впливу на процеси кількісної та якісної трансформації органічної речовини в ґрунті. За мінеральної системи удобрення головним джерелом поповнення ґрунту органічною речовиною є післяжнивні і кореневі рештки. За період 2-х ротацій зерно-бурякової сівозміни сумарна кількість органічних решток, що надійшла в ґрунт за мінеральної системи удобрення, становила 8,76 т/га, або 0,44 т/га за рік. Така кількість органіки була недостатньою для стабілізації запасів органічної речовини ґрунту. Баланс процесів розкладу — синтезу органічної речовини в шарі чорнозему опідзоленого 0–40 см із запровадженням мінеральної системи удобрення зміщувався в бік розкладу, що спричиняло зменшення запасів вуглецю ґрунту за період 2-х ротацій на 8,18 т/га, або 0,41 т/га за рік (табл. 1).

Деструктивний вплив на ґрунтову систему мало тривале вирощування культур без унесення мінеральних добрив. За обсягів щорічного надходження вуглецю 0,39 т/га в ґрунті складався від'ємний баланс органічної речовини, який у вуглецевому еквіваленті за 20 років становив 7,19 т/га, або 0,36 т/га за рік.

Отже, надходження в ґрунт органічної речовини у вигляді післяжнивних і корневих решток у варіанті без унесення добрив і за мінеральної системи удобрення було недостатнім для досягнення додатного балансу вуглецю в чорноземі опідзоленому.

Позитивний вплив на збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті мало застосування органо-мінеральних систем удобрення. Унесення впродовж 2-х ротацій N<sub>50</sub>P<sub>42,5</sub>K<sub>50</sub> + 12 т гною на 1 га сівозміної площі збільшило по-

рівняно з варіантом без добрив сумарні обсяги надходження вуглецю органічної речовини на 23,6 т/га, зокрема за рахунок післяжнивних і корневих решток — на 1,43 т/га, гною — 22,2 т/га. Щорічний обсяг надходження вуглецю при цьому зріс на 1,19 т/га. Такі обсяги надходження органічної речовини дали змогу не лише стабілізувати вуглецевий фонд ґрунту, а й забезпечили його зростання щороку в кількості 0,10 т/га. Коефіцієнт гуміфікації органічної речовини за традиційної органо-мінеральної системи удобрення був найвищим і становив 38,7%.

Високий стабілізуючий вплив на ґрунтову систему мало застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення, яка передбачала заорювання усієї побічної продукції культур сівозміни на фоні внесення N<sub>50</sub>P<sub>42,5</sub>K<sub>50</sub> на 1 га сівозміної площі. За період 2-х ротацій обсяги синтезу органічної речовини в побічній продукції становили 25,8 т/га вуглецю, або 1,29 т/га за рік, що у 2,8–2,9 рази перевищувало кількість органічної речовини в післяжнивних і корневих рештках. За стабілізуючим впливом на ґрунт альтернативна органо-мінеральна система удобрення була навіть дещо ефективнішою порівняно з традиційною системою на основі внесення гною. Її застосування забезпечило щорічне зростання вуглецевого фонду ґрунту на 0,11 т/га. Коефіцієнт гуміфікації побічної продукції становив 34,6%, що на 4,1% менше порівняно з унесенням гною.

Досить ефективною була альтернативна органо-мінеральна система удобрення (12 т/га гною + побічна продукція). Обсяги надходження органічної речовини в ґрунт за її застосування становили за 20 років 53,1 т/га вуглецю, або 2,66 т/га за рік, що було більше, ніж за органо-мінеральних систем удобрення відповідно на 18,2–21,6 та 0,91–1,08 т/га. Запаси органічної речовини ґрунту за її застосування зросли до початкового показника за 20 років на 4,93 т/га вуглецю, у середньому за рік — на 0,25 т/га. Коефіцієнт гуміфікації за альтернативної органічної системи удобрення становив 26,9%, що порівняно з альтернативною і традиційною органо-мінеральними системами удобрення було менше відповідно на 7,7 та 11,8%. Причиною зменшення гуміфікації могло стати порушення вуглецево-азотного співвідношення, яке під час заорювання побічної продукції та заміни мінеральних добрив гноем зростає на користь вуглецю, що уповільнює процеси гуміфікації [5].

Розрахунки показують, що стабілізація органічної речовини в чорноземі опідзоленому настає за щорічних обсягів надходження вуглецю не менше 0,92–1,03 т/га. Найменш затрат-

ним і досить ефективним способом досягнення бездефіцитного балансу органічної речовини в ґрунті є заорювання побічної продукції рослин разом з післяжнивними і кореневими рештками. Така система удобрення забезпечує надходження вуглецю в ґрунт у кількості 1,75 т/га за рік, що на 0,72–0,83 т/га перевищує стабілізаційний мінімум.

Диференціація систем удобрення по-різному позначилася на процесах якісної трансформації сполук вуглецю в ґрунті. Мінеральна система удобрення на фоні значних втрат органічної речовини посилює процеси фульватизації гумусу. За період 2-х ротацій абсолютний уміст гумінових кислот у гумусі орного шару зменшився з 0,66% до 0,54%, підорного — з 0,63% до 0,58%; уміст фульвокислот залишався стабільним — відповідно 0,44–0,46 та 0,44–0,42%. Водночас відносна частка фульвокислот у складі гумусу за період 2-х ротацій зросла в орному шарі на 4,2%, підорному — 0,4%. Це призвело до зменшення співвідношення  $C_{гк}:C_{фк}$  у гумусі орного шару на 0,33, підорного — 0,05, погіршивши його стабільність. Тривале застосування мінеральних добрив негативно позначилося на якісному складі гумінових кислот, у них зросла частка менш стабільних фракцій, зв'язаних з півтораоксидами, і зменшилася частка фракцій, зв'язаних з кальцієм (табл. 2).

Уміст лабільного гумусу у варіанті з мінеральною системою удобрення за період 2-х ротацій збільшився в орному шарі на 0,016%, підорному — 0,007%, натомість уміст негідролізованого залишку зменшився відповідно на 0,09 та 0,03%. Така динаміка складу гумусу свідчить про те, що під впливом тривалого використання мінеральних добрив гумус зазнає негативних якісних перетворень.

Погіршення якісного складу гумусу спостерігалось і у варіанті без унесення добрив. За 20 років у неокультуреному варіанті в складі гумусу зменшився абсолютний уміст гумінових кислот і зросла сума фракцій гумінових кислот, зв'язаних з півтораоксидами. Співвідношення гумінових і фульвокислот зменшилося в гумусі орного шару з 1,49 до 1,29, підорного — з 1,44 до 1,4. Процес дестабілізації гумусу відбувався за рахунок зменшення групи гумінових кислот, збільшення частки їх рухомих фракцій та зменшення вмісту негідролізованого залишку.

Позитивний стабілізуючий вплив на якісні і кількісні характеристики гумусу в чорноземі опідзоленому мало застосування традиційної та альтернативної систем орґано-мінерального удобрення. Орґано-мінеральні системи удобрення сприяли незначному зростанню абсолютного вмісту гумінових кислот і негідролізованого залишку в складі гумусу на фоні

стабілізації вмісту фульвокислот. При цьому відносна частка гумінових кислот зростала інтенсивніше, а частка фульвокислот зменшувалася, що зумовлювало утворення більш стабільного гуматного типу гумусу. Так, у варіанті з унесенням  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  + побічна продукція за період 2-х ротацій співвідношення  $C_{гк}:C_{фк}$  у гумусі орного шару зросло з 1,52 до 1,75, підорного — з 1,47 до 1,57.

Унесення  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  + 12 т/га гною на 1 га сівозмінної площі за впливом на якісний склад гумусу прирівнювалося до альтернативної орґано-мінеральної системи удобрення. Її застосування посилювало процеси гуміфікації, співвідношення  $C_{гк}:C_{фк}$  на кінець II ротації в гумусі орного шару зросло з 1,60 до 1,73, підорного — з 1,48 до 1,61.

Орґано-мінеральні системи удобрення сприяли зростанню фракцій гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм, що посилювало внутрішню стабільність гумінових кислот на фоні загального їх зростання.

За орґано-мінеральних систем удобрення в ґрунті спостерігалось абсолютне зростання вмісту лабільного гумусу та негідролізованого залишку відповідно на 0,09–0,19% та 0,01–0,06%. Це свідчить про комплексний характер процесів гумусоутворення, за яких не лише утворюються легкорозчинні групи гумусу, а й відбувається глибока трансформація органічної речовини добрив у малорухомі і досить стабільні його складові, що підтверджує розширене відтворення родючості чорнозему опідзоленого.

Найефективнішою щодо стабілізації кількісних характеристик і якісного складу гумусу була альтернативна органічна система удобрення. Унесення 12 т гною на 1 га сівозміни у поєднанні із заорюванням побічної продукції поліпшувало гумусний стан чорнозему опідзоленого переважно у верхньому шарі 0–30 см. За 20 років уміст загального вуглецю гумусу в орному шарі зріс на 0,12%, при цьому утворення гумусу характеризувалося найвищим ступенем його гуміфікації. Співвідношення  $C_{гк}:C_{фк}$  збільшилося з 1,52 до 1,85. Гумус відзначався високим абсолютним умістом гумінових кислот (0,72%) та домінуванням у їхньому складі стабільних, зв'язаних з кальцієм фракцій.

Використання як органічного добрива всієї побічної продукції культур зерно-бурякової сівозміни на фоні внесення оптимальних норм мінеральних добрив в умовах нестійкого зволоження зони Лісостепу є альтернативою традиційній орґано-мінеральній системі удобрення, яка дає змогу стабілізувати гумусний фонд чорнозему опідзоленого та сприяє поліпшенню якісного складу гумусу.

### Висновки

Культури зерно-буракової сівозмінні в побічній продукції синтезують ресурс органічної речовини, який у 2,8–2,9 рази перевищує післяжнивні і кореневі рештки. Використання цього ресурсу як органічного добрива разом з унесенням оптимальних норм мінеральних добрив ( $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ) в умовах нестійкого зволоження зони Лісостепу забезпечило зростання запасів вуглецю в шарі ґрунту 0–40 см на 0,11 т/га за рік, що відповідало внесенню  $N_{50}P_{42,5}K_{50} + 12$  т/га гною, і вуглецевого фонду на 0,10 т/га за рік. Органо-мінеральні системи удобрення сприяли формуванню гуматних форм гумусу (зі співвідношенням  $C_{гк}:C_{фк}$  —

1,73–1,75), посилювали внутрішню стабільність гумінових кислот та забезпечували комплексний характер процесів гумусоутворення.

Використання мінеральної системи удобрення ( $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  на 1 га сівозмінної площі) упродовж 2-х ротацій зерно-буракової сівозмінні зумовило кількісну та якісну деструкцію гумусу. Запаси органічної речовини в шарі чорнозему опідзоленого 0–40 см зменшилися на 8,18 т/га вуглецю, посилювалися процеси фульватизації гумусу, співвідношення  $C_{гк}:C_{фк}$  зменшилося в орному шарі з 1,50 до 1,17, підорному — з 1,43 до 1,38.

### Бібліографія

1. Булигін С.Ю., Дегтярьов В.В., Крохін С.В. Гумусний стан чорноземів України//Вісн. аграр. науки. — 2007. — № 2. — С. 13–16.
2. Носко Б.С., Бацула А.А., Чесняк Г.Я. Гумусное состояние почв Украины и пути его регулирования//Почвоведение. — 1992. — № 10. — С. 33–39.
3. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства/за ред. О.Г. Тараріка, М.Г. Лобаса. — К., 1998. — 158 с.
4. Сайко В.Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною//Вісн. аграр. науки. — 2003. — № 5. — С. 5–8.
5. Тараріко Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем. — К.: ДІА, 2007. — 560 с.
6. Цвей Я.П. Гумусовий стан чорнозему в процесі довготривалого застосування добрив//Агро-екологіч. журн. — 2002. — № 3. — С. 73–75.