

ФОРМУВАННЯ ГУМУСУ В ЧОРНОЗЕМІ ПІВДЕННОМУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАТИВ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

ІУТИНСЬКА Г.О. – доктор біологічних наук, професор,
член-кореспондент Національної академії наук України
<https://orcid.org/0000-0001-6692-1946>

Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного
Національної академії наук України

ГОЛОБОРОДЬКО С.П. – доктор сільськогосподарських наук, професор
<http://orcid.org/0000-0002-6968-985X>

Інститут зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України

ДИМОВ О.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
<http://orcid.org/0000-0002-7839-0956>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сучасний стан сільськогосподарства підзони Південного Степу, як і в Україні у цілому, характеризується низкою негативних процесів: істотною зміною співвідношення між тваринницькою й рослинницькою галузями на користь останньої і, як наслідок, занепадом тваринництва. Якщо чисельність поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) в Україні у 1990 р. становила 24,6 млн голів (у т. ч. 8,4 млн корів), то в 2020 р. – лише 3,4 млн голів (у т. ч. 1,8 млн корів) [1]. У зв'язку зі значним скороченням поголів'я ВРХ середньорічні обсяги застосування органічних добрив протягом 1990–2020 рр. зменшилися з 225–278 млн т, які вносилися у 1986–1990 рр., до 9,7–10,6 млн т [2]. Як наслідок, у всіх природно-кліматичних зонах України відбувається зниження родючості орних земель та їх деградація, що пов'язано з істотним зменшенням вмісту гумусу в ґрунтах. Уміст гумусу у важко-суглинковому за гранулометричним складом чорноземі південному становить 3,0–3,5%, а його запас у гумусовому горизонті досягає 200–250 т/га [3]. Середньорічні втрати гумусу в землеробстві степової зони України внаслідок його мінералізації досягають 1,13–1,15 т/га. Підтримання бездефіцитного балансу гумусу повинно досягатися шляхом застосування оптимальних норм органічних добрив: у зоні Полісся – 15,1 т/га, Лісостепу – 10,9 і Степу – 13,4 т/га [4]. Проте досягти такого рівня їх застосування через значне скорочення поголів'я ВРХ у всіх природно-кліматичних зонах України як сьогодні, так і найближчими роками неможливо. Одним із найменш енергоємних шляхів підтримання позитивного балансу гумусу в сучасних умовах господарювання є застосування сидератів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сидерація – приорювання зеленої маси рослин (зеленого добрива) в ґрунт із метою збагачення його азотом та органічними речовинами. Цей термін свого часу запропонував французький учений Ж. Віль (Ville, 1824–1897). Дослідженнями питань використання сидератів в Україні на сучасному етапі

розвитку землеробства займалися такі вчені, як О.М. Бердников, І.С. Борщак, С.І. Бурикіна, Г.М. Господаренко, В.Г. Друз'як, В.М. Кириленко, В.В. Кириченко, В.І. Колісник, О.Л. Лисянський, О.Ф. Михалевич, М.Д. Науменко, М.О. Преодоляк, В.Т. Робу, С.М. Серединський, С.Ф. Третьяков, М.О. Цандур, І.А. Шувар та ін. Ними було розроблено наукові основи застосування сидератів і сидеральних парів, досліджено форми, витрати на вирощування, ефективність через приріст урожаю першої удобреної культури, під яку безпосередньо використано сидерати, їхній вплив на родючість ґрунтів тощо. Проте питання формування гумусу в ґрунтах за використання сидератів, особливо в умовах зрошення, залишаються мало дослідженими.

Мета статті. Висвітлити результати досліджень із визначення ролі сидератів як одного з ефективних чинників у формуванні гумусу в чорноземі південному в умовах зрошення.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліді проводили на зрошуваному чорноземі південному в Бериславському районі Херсонської області, лабораторні – в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Як зелені добрива застосовували ріпак ярий, редьку олійну та буркун білий дворічний. Кількість зеленої маси, що заорювалася у ґрунт, становила: буркуну білого дворічного – 2,78–3,93 т/га, ріпаку ярого – 2,10–3,68, редьки олійної – 1,86–2,68 т/га. Кількість післяжнивни-кореневих решток буркуну досягала 6,5–8,3 т/га, ріпаку ярого – 4,2–5,6 і редьки олійної – 3,0–3,2 т/га абсолютно сухої маси.

Уміст органічного вуглецю визначали за Нікітіним [6], груповий склад гумусу – за Коновою і Бельчиковою [7]. Кількість вуглеводів у ґрунті та розподіл їх за основними групами органічної речовини досліджували за методом Юхніна [8]. Визначення молекулярно-масових характеристик гумінових кислот проводили експрес-методом шляхом центрифугування їхніх зразків у градієнті щільності розчинів хлориду натрію [9]. Визначення амінокис-

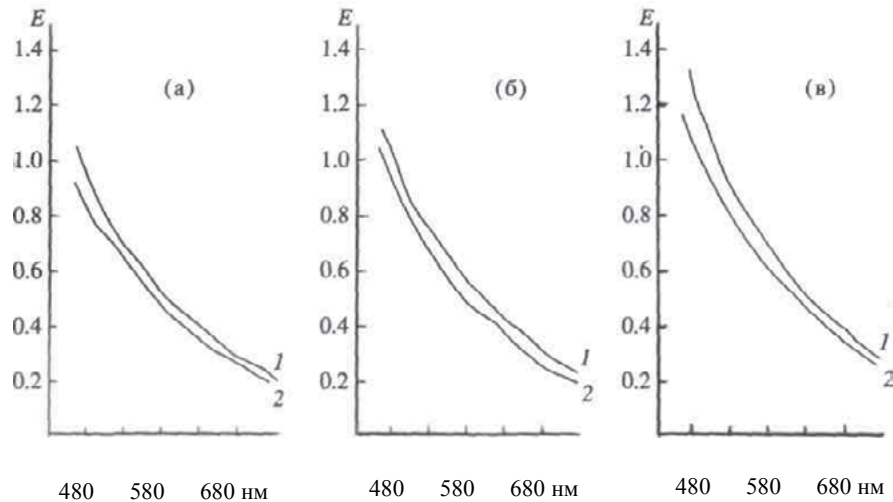


Рис. 1. Спектри поглинання гумінових кислот зрошуваного чорнозему південного залежно від заорювання корневих залишків (1) і надземної маси (2): а – ріпаку ярого, б – редьки олійної, в – буркуну білого дворічного

Таблиця 1 – Загальний уміст і груповий склад гумусу в чорноземі південному за зрошення (у середньому за три роки досліджень)

Культура	Уміст гумусу (С), %	Гумінові кислоти (С-гк)*	Фульвокислоти (С-фк)	Негідролізуемий залишок (С-нз)
Заорювання надземної маси зелених добрив				
Ріпак ярий	2,93 ± 0,07	$\frac{7,8 \pm 0,08}{31,07}$	$\frac{1,9 \pm 0,04}{7,65}$	$\frac{14,9 \pm 0,64}{61,28}$
Редька олійна	3,10 ± 0,10	$\frac{7,9 \pm 0,14}{28,91}$	$\frac{3,5 \pm 0,08}{12,87}$	$\frac{15,6 \pm 0,59}{58,22}$
Буркун білий	3,10 ± 0,05	$\frac{8,0 \pm 0,28}{29,6}$	$\frac{2,7 \pm 0,08}{10,0}$	$\frac{16,3 \pm 0,48}{60,0}$
Заорювання корневих залишків зелених добрив				
Ріпак ярий	2,87 ± 0,10	$\frac{8,4 \pm 0,20}{33,46}$	$\frac{2,8 \pm 0,08}{11,21}$	$\frac{13,8 \pm 0,42}{55,33}$
Редька олійна	2,77 ± 0,05	$\frac{8,5 \pm 0,26}{35,47}$	$\frac{1,9 \pm 0,04}{7,85}$	$\frac{13,6 \pm 0,40}{56,68}$
Буркун білий	2,93 ± 0,06	$\frac{8,0 \pm 0,9}{32,84}$	$\frac{2,2 \pm 0,06}{8,34}$	$\frac{15,4 \pm 0,54}{58,82}$

Примітка: чисельник – довірчий інтервал загального умісту С-гк, С-фк і С-нз у мг на 1 г ґрунту; знаменник – уміст С-гк, С-фк і С-нз, у % до загального умісту С.

Таблиця 2 – Уміст вуглеводів у гумінових кислотах чорнозему південного, % до загального вмісту вуглецю (середнє за три роки досліджень)

Культура	Кількість вуглеводів, мг в 1 г ґрунту					% вуглецю вуглеводню до загального вуглецю гумінових кислот
	гк	S	S \bar{x}	V, %	S \bar{x} %	
Заорювання зеленої маси						
Ріпак ярий	0,37	0,017	0,006	4,6	1,87	4,11
Редька олійна	0,39	0,026	0,011	6,6	2,79	4,49
Буркун білий	0,42	0,023	0,009	5,5	2,14	4,20
Заорювання корневих залишків						
Ріпак ярий	0,33	0,024	0,010	7,2	3,01	3,90
Редька олійна	0,35	0,014	0,006	4,0	1,71	3,65
Буркун білий	0,30	0,017	0,007	5,7	2,36	3,57

Примітка: S – стандартне відхилення; S \bar{x} – похибка вибіркової середньої; V, % – коефіцієнт варіації; S \bar{x} % – відносна похибка вибірки.

лотного складу гумінових кислот проводили після їх гідролізу 6%-м розчином соляної кислоти при 110°C протягом 24 годин. Якісний та кількісний склад амінокислот визначали на автоматичному аналізаторі амінокислот ААА–339.

Результати досліджень. За вирощування на чорноземі південному за зрошення вказаних вище культур на зелене добриво загальний вміст органічного вуглецю порівняно з варіантами із заорюванням кореневих залишків був вищим на 2–12%. Найбільший вміст гумусу виявлено за заорювання на зелене добриво зеленої маси буркуну білого дворічного та редьки олійної – 3,10%, а також за заорювання кореневих залишків ріпаку ярого – 2,93% (табл. 1).

Уміст гумінових кислот (ГК) у груповому складі гумусу за заорювання вказаних культур як зелених добрив порівняно з відповідними варіантами з корневими залишками був дещо нижчим. Що стосується фульвокислот (С-фк), то за використання зеленої маси буркуну білого дворічного й редьки олійної як сидератів порівняно з варіантами, де заорювалися лише кореневі залишки вказаних культур, вміст С-фк істотно підвищувався.

Зміни у співвідношенні компонентів різної молекулярної маси у складі гумінових кислот суттєво впливали на значення середньовагових молекулярних мас. За використання сидератів на зелені добрива порівняно із заорюванням кореневих залишків рослин спостерігалось часткове збільшення середньовагових значень молекулярних мас.

Установлено також, що високими молекулярними масами характеризуються гумінові кислоти, збагачені периферичними компонентами, присутність яких свідчить про активний процес новоутворення або оновлення цих з'єднань, що підсилює їхню біологічну активність [10; 11]. Навпаки, за втрати бічних радикалів, спостерігається зменшення молекулярних мас, характерне для більш зрілих інертних гумінових кислот, в яких відбувається часткове руйнування аліфатичної частини молекул та зростання відносного вмісту ароматичних ядерних структур [12–14].

Інтерпретуючи наведені дані, можна зробити припущення, що застосування сидератів активізує збагачення гумінових кислот, передусім їхньої периферичної частини, про що свідчить збільшення їхніх молекулярних мас. Найбільш активно вказані процеси відбувалися за заорювання зеленої маси буркуну білого дворічного. Гумінові кислоти, виділені з ґрунту вказаного варіанту, характеризувалися найвищими значеннями їхньої молекулярної маси. Слід зазначити також, що й післязжнивно-кореневі залишки наведеної бобової культури також позитивно впливали на молекулярно-масові характеристики гумінових кислот.

Для визначення особливостей хімічної будови гумінових кислот ми використовували спектрофотометричний аналіз, який є більш чутливим діагностичним методом під час дослідження хімічної будови гумінових кислот. Низка авторів [15; 16] указує на існування залежності між молекулярними масами гумінових кислот та їхніми оптичними влас-

твостями, зокрема наголошено на зростанні інтенсивності світлопоглинання за збільшення ступеня конденсованості молекули. Одержані в результаті досліджень спектри мали загальний характер побудови, але за інтенсивністю світлопоглинання вони істотно відрізнялися (рис. 1).

У зв'язку із цим нами було досліджено окремі компоненти аліфатичної частини гумінових кислот, зокрема індивідуальні неспецифічні з'єднання – вуглеводи та амінокислоти. Установлено, що у досліджуваних гумінових кислотах вуглеводи становили 3,57–4,49% (табл. 2). Заорювання зеленої маси сприяло більшому збагаченню гумінових кислот амінокислотними компонентами порівняно із заорюванням кореневих залишків.

Висновки. У зв'язку із суттєвим зменшенням обсягів застосування органічних добрив (гною), що пов'язано зі значним скороченням поголів'я ВРХ, одним з ефективних способів підвищення родючості ґрунтів у Південному Степу є використання сидератів. Застосування зелених добрив на зрошуваному південному чорноземі сприяє збільшенню в ньому загального вмісту гумусу й зростанню частки гумінових кислот із розвиненою периферичною частиною, яка збагачена амінокислотами та вуглеводами. Найбільш активно ці процеси відбуваються за заорювання зеленої маси й кореневих залишків буркуну білого дворічного, що дає змогу рекомендувати його як перспективну сидеральну культуру на зрошуваних ґрунтах Південного Степу України.

Упровадження цих напрямів досліджень сприятиме зниженню мінералізації гумусу в ґрунтах, поліпшенню їхніх фізичних та фізико-хімічних властивостей, насамперед суттєвому збільшенню вмісту в них органічного вуглецю і мінеральних та тих, що легко гідролізуються, сполук азоту, а також зменшенню катастрофічного впливу природних явищ, пов'язаних із глобальною зміною клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Інтернет-ресурс. URL: www.aqro-business.com.ua/component/content/article/878html?ed=55.
2. Лазнюк І. Статистика: офіційна демонстрація зростання на тлі загального зубожіння. *Пропозиція*. 2008. № 12. С. 37–39.
3. Полупан М.І. Ґрунти України та нормативна їх родючість. *Посібник українського хлібороба*. Київ, 2008. С. 69–71.
4. Дацько Л.В. Сучасний стан ґрунтів України та агроекологічні аспекти використання добрив. *Посібник українського хлібороба*. Київ, 2008. С. 62–65.
5. Голобородько С.П. Донник. Одеса : АПИКА, 1990. 61 с.
6. Никитин Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве. *Агрoхимия*. 1983. № 8. С. 101–106.
7. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса. *Почвоведение*. 1961. № 10. С. 75–87.
8. Юхнин А.Л., Заславский Е.М., Амосова Я.М. Определение углеводов в почвах и почвенных компонентах : научный доклад высшей школы. *Биологические науки*. 1973. № 5. С. 131–134.
9. Способ определения молекулярно-массового распределения пектинов и гумусных соединений

почвы / С.К. Воцелко и др. ; А.с. № 1756357 А, 23.08.92. Бул. № 31.

10. Новицкий М.В. Продукты трансформации растительных остатков и органических удобрений и их роль в формировании гумуса дерново-подзолистых почв. *Тезисы докл. VIII Всесоюз. съезда почвоведов*, г. Новосибирск, 14–18 августа 1989 г. Новосибирск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 1989. Кн. 2. С. 65.

11. Таскина В.М., Кутявина О.А. Скорость разложения растительных остатков сельскохозяйственных культур в полях севооборотов Красноярской лисостепи. *Баланс органических веществ и плодородие почв в Восточной Сибири*. Новосибирск : ВАСХНИЛ СО, 1985. С. 61–70.

12. Деревянко Р.Г., Бацула А.А., Медведева Л.С. Баланс гумуса в орошаемом земледелии степной зоны Украинской ССР. *Агрохимия и почвоведение*. 1990. № 53. С. 25–34.

13. Иванова Н.И. Микробиологические процессы и трансформация гумуса в черноземных почвах УССР при сидерации : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1991. 22 с.

14. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Ленинград : Наука, 1980. 288 с.

15. Кононова М.М. Органическое вещество почвы: его природа, свойства и методы изучения. Москва : АН СССР, 1963. 314 с.

16. Пестряков В.К., Ковин Н.В., Попов А.И. О трансформации органических веществ при компостировании в дерново-подзолистых почвах. *Почвоведение*. 1987. № 4. С. 54–63.

REFERENCES:

1. Internet resource. Retrieved from: www.aqro-business.com.ua/component/content/article/878html.?ed=55.

2. Lazniuk, I. (2008). Statystyka: ofitsiina demonstratsiia zrostannia na tli zahalnoho zubozhinnia [Statistics: official demonstration of growth amid general impoverishment]. *Propozytsiia – Propozition*, 12, 37–39 [in Ukrainian].

3. Polupan, M.I. (2008). Grunty Ukrainy ta normatyvna ikh rodiuchist [Soils of Ukraine and their normative fertility]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba – Manual of the Ukrainian farmer*, 69–71 [in Ukrainian].

4. Datsko, L.V. (2008). Suchasnyi stan gruntiv Ukrainy ta ahroekolohichni aspekty vykorystannia dobryv [Current state of Ukrainian soils and agroecological aspects of fertilizer use]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba – Manual of the Ukrainian farmer*, 62–65 [in Ukrainian].

5. Holoborodko, S.P. (1990). *Donnik [Clover]*. Odessa: APIKA [in Russian].

6. Nikitin, B.A. (1983). Utochneniie k metodike opredeleniia gumusa v pochve [Clarification of the method for determining humus in the soil]. *Agrokhimiiia – Agrochemistry*, 8, 101–106 [in Russian].

7. Kononova, M.M., & Belchikova, N.P. (1961). Uskorennyie metody opredeleniia sostava humusa [Acceler-

ated methods for determining the composition of humus]. *Pochvovedeniie – Soil Science*, 10, 75–87 [in Russian].

8. Yukhnin, A.L., Zaslavskii, Ye.M., & Amosova, Ya.M. (1973). Opredeleniie uglevodov v pochvakh i pochvennykh komponentakh: Nauch. dokl. vyssh. shk. [Determination of carbohydrates in soils and soil components: Scientific reports higher school]. *Biologicheskiiie nauki – Biological Sciences*, 5, 131–134 [in Russian].

9. Votseko, S.K., Iutinskaia, G.A., Kovalenko, E.A., & Simonenko, I.A. (1992). Sposob opredeleniia molekuliarno-massovoho raspredeleniia pektinov i gumysnykh soiiedinenii pochvy [Method for determining the molecular weight distribution of pectins and humus compounds of soil]. Copyright certificate № 1756357 А, 23.08.92. Bul. № 31 [in Russian].

10. Novitskii, M.V. (1989). Produkty transformatsyi rastitelnykh ostatkov i organicheskikh udobrenii i ikh rol' v formirovanii gumusa dernovo-podzolistykh pochv [Transformation products of plant residues and organic fertilizers and their role in the formation of humus in sod-podzolic soils]. Proceedings from: *VIII Vsesoiuznyi syezd pochvovedov (14–18 avgusta 1989 hoda) – 8th All-Union Congress of Soil Scientists (Books 2: II Commission "Chemistry of soils". III Commission "Soil biology", p. 65)*. Novosibirsk: Institut pochvovedeniia i agrokhimii [in Russian].

11. Taskina, V.M., & Kutivavina, O.A. (1985). The rate of decomposition of plant residues of agricultural crops in the fields of crop rotations of the Krasnoyarsk Forest-Steppe. *Organic matter balance and soil fertility in Eastern Siberia*. Novosibirsk: VASKhNIL SO [in Russian].

12. Derevianko, R.G., Batsula, A.A., & Medvedeva, L.S. (1990). Balans gumusa v oroshaiemom zemledelii stepnoi zony Ukrainskoi SSR [Humus balance in irrigated agriculture of the steppe zone of the Ukrainian SSR]. *Agrokhimiiia i pochvovedeniie – Agrochemistry and soil science*, 53, 25–34 [in Russian].

13. Ivanova, N.I. (1991). Mikrobiolohicheskiiie protsessy i transformatsiia gumusa v chernozemnykh pochvakh USSR pri sideratsyi [Microbiological processes and transformation of humus in chernozem soils of the Ukrainian SSR during sideration]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

14. Aleksandrova, L.N. (1980). *Orhanicheskoiie veshchestvo pochvy i protsessy yeho transformatsyi [Soil organic matter and its transformation processes]*. Leningrad: Nauka [in Russian].

15. Kononova, M.M. (1963). Organicheskoiie veshchestvo pochvy: yeho priroda, svoistva i metody izucheniia [Soil organic matter: its nature, properties, and methods of study]. Moscow: Publ. h. AS of the USSR [in Russian].

16. Pestriakov, V.K., Kovin, N.V., & Popov, A.I. (1987). O transformatsyi organicheskikh veshchestv pri kompostirovanii v dernovo-podzolistykh pochvakh [On the transformation of organic substances during composting in sod-podzolic soils]. *Pochvovedeniie – Soil science*, 4, 54–63 [in Russian].