

ВПЛИВ ЛІСОНАСАДЖЕНЬ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. ТА *QUERCUS ROBUR* L. НА СКЛАД ТА ВОДОСТІЙКІСТЬ АГРЕГАТІВ ЧОРНОЗЕМІВ ПІВДЕННИХ

Горбань Вадим Анатолійович

кандидат біологічних наук, доцент

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна

ORCID 0000-0002-8288-6153

gorvadym@yahoo.com

Наведено результати дослідження впливу лісових насаджень на структурно-агрегатний склад чорноземів південних. Ґрунтові зразки відібрано з зональних чорноземів південних, а також чорноземів південних під насадженнями *R. pseudoacacia* та *Q. robur*, поблизу м. Зеленодольська (Криворізький р-н, Дніпропетровська обл.). Вивчення складу та водостійкості агрегатів чорноземів південних під різними типами рослинності виконували за методом М.І. Савинова, використовуючи фракціонування ґрунту у повітряно-сухому стані та у воді. Зростання насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на чорноземах південних призвело до збільшення в них вмісту агрегатів фракцій 5–7, 3–5, 2–3 мм та зменшення вмісту агрегатів фракцій 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм порівняно з зональним чорноземом південним. Встановлено, що вплив насадження *R. pseudoacacia* на зміни вмісту в чорноземах південних агрегатів фракцій 7–10, 5–7, 2–3 та <0,25 мм відрізняється від впливу насадження *Q. robur*. За розміром виділено 3 споріднені групи агрегатів: більше 5 мм, від 2 до 5 мм та менше 2 мм. Вплив насаджень на чорноземі південні зумовив збільшення в них вмісту водостійких агрегатів фракцій 2–3, 1–2 та 0,5–1 мм та одночасне зменшення вмісту водостійких агрегатів фракції <0,25 мм порівняно з зональними чорноземами південними. Встановлена спорідненість водостійких агрегатів фракцій від 1 до >5 мм в чорноземах південних під степовою рослинністю та насадженням *R. pseudoacacia* та їх відмінність від подібних фракцій в чорноземі південному під насадженням *Q. robur*. Водостійкі агрегати фракцій від <0,25 до 1 мм в чорноземах південних є спорідненими незалежно від типу рослинності, яка зростає на них. Найбільш значні зміни в структурно-агрегатному складі чорноземів південних, які викликані зростанням лісових насаджень, властиві їхнім верхнім генетичним горизонтам H_1 . Отримані результати досліджень свідчать, що насадження *Q. robur* характеризується більш вираженим позитивним впливом на склад та водостійкість чорноземів південних порівняно з насадженням *R. pseudoacacia*. Виявлені особливості структурно-агрегатного складу чорноземів південних та його зміни під впливом лісових насаджень в умовах степової зони України можуть бути використані при розробці практичних заходів щодо збереження та відновлення родючості та екологічного стану цих ґрунтів.

Ключові слова: агрегатний склад, водостійкість агрегатів, фракція, коефіцієнт структурності, лісові насадження, чорнозем південний.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.9>

Вступ. Відповідно до концепції ієрархії рівнів структурної організації ґрунтів, структурно-агрегатний склад – це певний внутрішньогоризонтний рівень організації ґрунтового тіла, на якому відображаються особливості ґрунтоутворення певної місцевості (Medvedev, 2009). Цей рівень можна охарактеризувати розміром, формою, щільністю укладання структурних одиниць, зовнішніми та внутрішніми властивостями, а також специфічною динамікою, що також відображає особливості коливання факторів агрегації та деагрегації (Bulygin, Lisetskii, 1996). Особливості структурності ґрунту, а також якісні характеристики його агрегатів (зокрема розміри, водостійкість, механічна міцність) дуже істотно залежать від гранулометричного складу (Horn et al., 1994; Gao & Yang, 2023), вмісту та особливостей органічних речовин (Dehtiarov, 2011; Li et al., 2017; Cheng et al., 2023), складу та співвідношення поглинутих катіонів (Desyatnik, 2015), діяльності ґрунтової мезофауни і мікроорганізмів, розвитку кореневих систем рослин (Xiao et al., 2021). Форма структурних агрегатів може служити діагностичною ознакою, яка відображає генетичні особливості певного типу ґрунту та його природну родючість (Šimanský, 2015). При цьому розподіл розмірів агрегатів ґрунту і стабільність

структури є важливими показниками фізичної якості ґрунту (Gholoubi et al., 2019; Dorji et al., 2019) та якості органічних речовин ґрунту (Polláková et al., 2017; Ayoubi et al., 2020). Розподіл агрегатів за розмірами та їх водостійкість можуть використовуватися як індикатор деградації ґрунту (Voix-Fayos et al., 2001; Davari et al., 2020). Зокрема, відсутність агрегатів дрібного розміру може свідчити про наявність інтенсивної ерозії, внаслідок якої вони видаляються з ґрунту (Emadi et al., 2008). Значний вплив на агрегатний склад ґрунтів здійснюють різноманітні лісові насадження (Luo et al., 2023; Yang et al., 2024).

В умовах південного сходу України серед чорноземів, як свідчить аналіз наукових джерел, чорноземам південним приділяється найменша увага. Виходячи з цього, виникає потреба в детальному дослідженні цих ґрунтів, а також їх змін під дією різноманітних чинників.

Метою нашої роботи є дослідження особливостей складу та водостійкості агрегатів чорноземів південних та їх змін під впливом штучних лісових насаджень *Robinia pseudoacacia* L. та *Quercus robur* L.

Матеріали і методи досліджень. Територія досліджень. Дослідження структурно-агрегатного складу виконували з використанням ґрунтових зразків, відібраних

них з зональних чорноземів південних (пробна площа 1), чорноземів південних під насадженням *R. pseudoacacia* (пробна площа 2) та під насадженням *Q. robur* (пробна площа 3) поблизу м. Зеленодольська (Криворізький район, Дніпропетровська область).

Пробна площа 1 (47°41'28.2"N 33°38'44.0"E) закладена на полі, яке під час відбору зразків було вільним від рослинності. Тип лісорослинних умов – СГ₁ (суглинок сухуватий). Ґрунтовий профіль: Н₁ (0–10 см) + Н₂ (10–23 см) + Нр (23–50 см) + Ph (50–77 см) + Pk (77–120 см). Ґрунт – чорнозем південний середньовилугований малогумусовий середньосуглинковий на лесоподібних суглинках.

Пробна площа 2 (47°41'16.0"N 33°39'02.6"E) розташована в насадженні *R. pseudoacacia*, яке зростає на плакорі. Тип лісорослинних умов – СГ₁ (суглинок сухуватий). Тип світлової структури – напівосвітлений. Світловий стан посилений. Тип деревостану – 10 Ак. б., вік насадження – 50 років, висота – 7–8 м, діаметр стовбурів – 9–15 см. Зімкнутість деревостану – 0,6. Ґрунтовий профіль: Н₁ (0–10 см) + Н₂ (10–30 см) + Нр (30–50 см) + Ph (50–68 см) + Pk (68–120 см). Ґрунт – чорнозем південний лісопокращений середньовилугований малогумусовий середньосуглинковий на лесоподібних суглинках.

Пробна площа 3 (47°41'28.5"N 33°38'52.1"E) закладена в насадженні *Q. robur*, яке зростає на плакорі. Тип лісорослинних умов – СГ₁ (суглинок сухуватий). Тип світлової структури – тінювий. Світловий стан нормальний. Тип деревостану – 10 Д. зв., вік насадження – 50 років, висота – 7–9 м, діаметр стовбурів – 9–12 см. Зімкнутість деревостану – 0,7. Ґрунтовий розріз: Н₁ (0–10 см)

+ Н₂ (10–20 см) + Нр (20–45 см) + Ph (45–78 см) + Pk (78–120 см). Ґрунт – чорнозем південний лісопокращений середньовилугований малогумусовий середньосуглинковий на лесоподібних суглинках.

Методика досліджень. Визначення структурно-агрегатного складу виконували за методом М.І. Савинова. Фракціонування ґрунту у повітряно-сухому стані здійснювали за допомогою сит з отворами 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 та 0,25 мм. За даними сухого просіювання обчислювали коефіцієнт структурності (К) за формулою: $K = A/B$, де А – сума макроагрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, %; В – сума агрегатів < 0,25 мм і грудок > 10 мм, %. Для фракціонування ґрунту у воді використовували сита з отворами 5, 3, 2, 1, 0,5 та 0,25 мм (Medvedev et al., 2018).

Результати. Максимальний вміст агрегатів фракцій >10 та 7–10 мм в зональному чорноземі південному (табл. 1) виявлено в горизонті Ph (32,4 та 21,7 % відповідно). Максимальним вмістом агрегатів фракцій 5–7, 3–5 та 2–3 мм відрізняється горизонт Pk (15,2, 13,3 та 15,6 % відповідно), фракції 1–2 мм – горизонт Н₁ (17,7 %), фракцій 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм – горизонт Н₂ (18,5, 12,8 та 9,6 % відповідно). Мінімальний вміст агрегатів фракції >10 мм виявлено в горизонті Pk (5,8 %). Горизонт Н₂ відрізняється мінімальним вмістом агрегатів фракцій 7–10, 5–7, 3–5 та 2–3 мм (6,9, 8,2, 7,4 та 8,8 % відповідно), горизонт Ph – фракцій 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм (8,4, 5,2, 1,6 та 1,0 % відповідно). Максимальна величина коефіцієнта структурності виявлена в горизонті Pk (9,8), мінімальна – в горизонті Ph (2,0).

Таблиця 1

Структурно-агрегатний склад чорноземів південних

Генетичний горизонт	Уміст фракцій (мм), %									Коефіцієнт структурності
	>10	7–10	5–7	3–5	2–3	1–2	0,5–1	0,25–0,5	<0,25	
Зональний чорнозем південний										
Н ₁	10,4	7,2	8,2	8,3	12,1	17,7	18,3	9,7	8,1	4,4
Н ₂	14,9	6,9	8,2	7,4	8,8	12,9	18,5	12,8	9,6	3,1
Нр	17,0	18,3	11,4	9,8	10,0	12,0	11,8	5,8	3,9	3,8
Ph	32,4	21,7	11,4	9,4	8,9	8,4	5,2	1,6	1,0	2,0
Pk	5,8	16,5	15,2	13,3	15,6	15,7	10,2	4,2	3,4	9,8
Чорнозем південний під насадженням <i>R. pseudoacacia</i>										
Н ₁	19,7	21,1	18,0	12,9	14,0	9,7	3,5	0,5	0,6	3,9
Н ₂	7,3	7,4	11,8	15,5	21,4	18,4	10,9	4,0	3,3	8,5
Нр	6,9	9,5	15,8	13,6	18,6	17,0	10,8	4,2	3,6	8,5
Ph	14,0	16,2	17,5	12,5	19,6	10,6	5,7	2,1	1,9	5,3
Pk	9,3	17,1	15,2	10,7	14,2	14,9	9,8	4,3	4,4	6,3
Чорнозем південний під насадженням <i>Q. robur</i>										
Н ₁	12,1	18,8	21,4	16,1	14,6	10,6	4,5	1,1	0,8	6,8
Н ₂	9,1	13,2	15,5	13,2	14,0	15,6	12,1	4,3	3,0	7,3
Нр	17,3	13,9	15,8	13,1	13,4	13,3	8,4	2,7	2,1	4,1
Ph	4,8	15,5	22,6	18,1	18,8	13,2	4,9	1,0	1,0	16,3
Pk	19,9	19,1	14,8	13,4	13,2	11,1	6,0	1,6	1,0	3,8

В чорноземі південному під насадженням *R. pseudoacacia* горизонт H_1 характеризується максимальним вмістом агрегатів фракцій >10, 7–10 та 5–7 мм (19,7, 21,1 та 18,0 % відповідно). Максимальний вміст агрегатів фракцій 3–5, 1–2 та 0,5–1 мм виявлено в горизонті H_2 (21,4, 18,4 та 10,9 % відповідно), фракцій 0,25–0,5 та <0,25 мм – горизонт Pk (4,3 та 4,4 % відповідно). Мінімальний вміст агрегатів фракції >10 мм встановлено в горизонті Hр (6,9 %). Горизонт H_2 характеризується мінімальним вмістом агрегатів фракцій 7–10 та 5–7 мм (7,4 та 11,8 % відповідно), горизонт Pk – фракції 3–5 мм (10,7 %), горизонт H_1 – фракції 2–3, 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм (14,0, 9,7, 3,5, 0,5 та 0,6 % відповідно). Максимальні величини коефіцієнта структурності виявлені в горизонтах H_2 та Hр (8,5), мінімальна – в горизонті H_1 (3,9).

В чорноземі південному під насадженням *Q. robur* максимальний вміст агрегатів фракцій >10 та 7–10 мм виявлено в горизонті Pk (19,9 та 19,1 % відповідно). Горизонт Ph відрізняється максимальним вмістом агрегатів фракцій 5–7, 3–5 та 2–3 мм (22,6, 18,1 та 18,8 % відповідно), горизонт H_2 – фракції 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм (15,6, 12,1, 4,3 та 3,0 % відповідно). Мінімальний вміст агрегатів фракції >10 мм виявлено в горизонті Ph (4,8 %). Горизонт H_2 відрізняється мінімальним вмістом агрегатів фракції 7–10 мм (13,2 %), горизонт Pk – фракції 5–7 та 2–3 мм (14,8 та 13,2 % відповідно), горизонт Hр – фракції 3–5 мм (13,1 %), горизонт H_1 – фракції 1–2, 0,5–1 та <0,25 мм (10,6, 4,5 та 0,8 % відповідно). Максимальна величина коефіцієнта структурності виявлена в горизонті Ph (16,3), мінімальна – в горизонті Pk (3,8).

Двофакторний дисперсійний аналіз виявив достовірні зміни вмісту агрегатів фракцій 5–7, 3–5, 2–3, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм в чорноземах південних під насадженнями *R. pseudoacacia* та *Q. robur* (табл. 2). Чорноземи південні під насадженнями *R. pseudoacacia* та *Q. robur* достовірно відрізняються між собою за вмістом агрегатів фракцій 7–10, 5–7, 2–3 та <0,25 мм.

У результаті кластерного аналізу встановлено, що дані залежно від розміру агрегатів та типу рослинності умовно можна поділити на 7 груп (рис. 1): у першій групі

(R(>10), R(7–10), Q(7–10), R(5–7)) переважають агрегати фракцій від 5 до >10 мм чорнозему південного під насадженням *R. pseudoacacia*; у другій групі (Q(5–7), Q(3–5), Q(2–3)) містяться агрегати фракцій від 2 до 7 мм чорнозему південного під насадженням *Q. robur*; у третій групі (Q(10), S(2–3), S(1–2), S(7–10), S(5–7), S(3–5)) переважають агрегати фракцій від 1 до 10 мм чорнозему південного під степовою рослинністю; у четвертій групі (R(3–5), R(2–3), Q(1–2)) переважають агрегати фракцій від 2 до 5 мм чорнозему південного під насадженням *R. pseudoacacia*; до п'ятої групи входять агрегати фракцій від <0,25 до 2 мм чорнозему південного під насадженням *R. pseudoacacia*; до шостої групи входять агрегати фракцій від <0,25 до 1 мм чорнозему південного під насадженням *Q. robur*; до сьомої групи входять агрегати фракцій від <0,25 до 1 мм чорнозему південного під насадженням *R. pseudoacacia*.

Дослідженнями водостійкості чорноземів південних під різними типами рослинності (табл. 3) встановлено, що максимальний вміст водостійких агрегатів фракцій >5, 3–5, 2–3 та 1–2 мм в зональному чорноземі південному під степовою рослинністю властивий горизонту H_1 (2,0, 6,0, 5,3 та 9,4 % відповідно). Горизонт Ph відрізняється максимальним вмістом водостійких агрегатів фракції 0,5–1 мм (26,1 %), горизонт Pk – фракції 0,25–0,5 мм (33,5 %), горизонт H_2 – фракції <0,25 мм (65,5 %). Мінімальний вміст водостійких агрегатів фракцій >5, 2–3, 1–2 та 0,5–1 мм встановлено в горизонті H_2 (0,5, 0,4, 2,4 та 7,0 % відповідно). Горизонт Ph характеризується мінімальним вмістом водостійких агрегатів фракцій 3–5 та <0,25 мм (0,2 та 39,2 % відповідно), горизонт Hр – 0,25–0,5 мм (22,0 %).

Водостійкі агрегати фракції >5 мм в чорноземі південному під насадженням *R. pseudoacacia* містяться лише в горизонті H_1 (10,5 %), також цей горизонт відрізняється максимальним вмістом водостійких агрегатів фракцій 3–5, 2–3 та 1–2 мм (10,8, 12,8 та 18,4 % відповідно). Максимальний вміст водостійких агрегатів фракцій 0,5–1 та <0,25 мм виявлено в горизонті Hр (29,5 та 37,6 % відповідно), фракції 0,25–0,5 мм – в горизонті Pk (37,5 %). Мінімальний вміст водостійких агрега-

Таблиця 2

Оцінка впливу насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на склад агрегатів чорноземів південних (n = 15)

Розмір агрегатів, мм	Порівнювальні типи рослинності					
	Степова рослинність та <i>R. pseudoacacia</i>		Степова рослинність та <i>Q. robur</i>		<i>R. pseudoacacia</i> та <i>Q. robur</i>	
	F ($F_{0,05} = 4.60$)	P	F ($F_{0,05} = 4.60$)	P	F ($F_{0,05} = 4.60$)	P
>10	2,80*	0,11*	0,85*	0,37*	0,27*	0,61*
7–10	4,3·10 ⁻³ *	0,95*	1,18*	0,30*	4,84	0,04
5–7	28,65	1,0·10 ⁻⁴	29,75	8,5·10 ⁻⁵	13,94	2,2·10 ⁻³
3–5	13,30	2,6·10 ⁻³	30,06	8,1·10 ⁻⁵	4,22*	0,06*
2–3	20,19	5,1·10 ⁻⁴	11,87	3,9·10 ⁻³	11,05	5,0·10 ⁻³
1–2	0,33*	0,57*	0,22*	0,64*	3,55*	0,08*
0,5–1	8,44	0,01	19,36	6,1·10 ⁻⁴	3,40*	0,09*
0,25–0,5	10,65	5,7·10 ⁻³	27,47	1,3·10 ⁻⁴	7,36	0,02
<0,25	6,02	0,03	22,10	3,4·10 ⁻⁴	12,29	3,5·10 ⁻³

Примітка: * достовірний вплив не встановлений при P < 0,05.

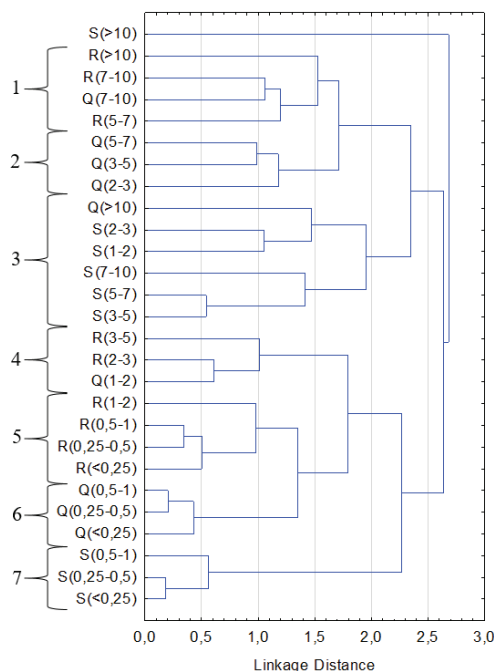


Рис. 1. Результати кластерного аналізу (Unweighted pair-group average, Chebychev distance metric) даних щодо вмісту агрегатів розміром >10, 7–10, 5–7, 3–5, 2–3, 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм у чорноземах південних під степовою рослинністю (S), під насадженнями *R. pseudoacacia* (R) та *Q. robur* (Q)

Таблиця 3

Водостійкість агрегатів чорноземів південних

Генетичний горизонт	Уміст фракцій (мм), %						
	>5	3–5	2–3	1–2	0,5–1	0,25–0,5	<0,25
Зональний чорнозем південний							
H1	2,0	6,0	5,3	9,4	11,9	16,6	48,8
H2	0,5	0,3	0,4	2,4	7,0	24,0	65,5
Hp	0,8	1,2	1,7	4,6	12,0	22,0	57,7
Ph	–	0,2	1,3	5,4	26,1	27,8	39,2
Pk	–	0,2	0,5	5,2	19,1	33,5	41,6
Чорнозем південний під насадженням <i>R. pseudoacacia</i>							
H1	10,5	10,8	12,8	18,4	19,3	10,0	18,2
H2	–	1,1	3,3	11,9	24,1	25,2	34,4
Hp	–	0,2	1,3	10,4	29,5	21,0	37,6
Ph	–	–	0,5	6,0	24,7	32,2	36,5
Pk	–	0,3	1,1	6,5	18,4	37,5	36,2
Чорнозем південний під насадженням <i>Q. robur</i>							
H1	23,6	12,7	12,5	14,4	13,3	6,8	16,9
H2	10,3	5,1	6,1	13,6	22,2	15,0	27,7
Hp	0,7	1,5	3,0	9,1	29,4	24,7	31,6
Ph	–	0,3	1,4	7,0	27,5	24,3	39,4
Pk	–	0,1	0,8	7,4	24,1	31,4	36,3

тів фракції 3–5 мм виявлено в горизонті Hp (0,2 %). Горизонт Ph відрізняється мінімальним вмістом водостійких агрегатів фракцій 2–3 та 1–2 мм (0,5 та 6,0 % відповідно), горизонт Pk – фракції 0,5–1 мм (18,4 %), горизонт H₁ – фракцій 0,25–0,5 та <0,25 мм (10,0 та 18,2 % відповідно).

У чорноземі південному під насадженням *Q. robur* горизонт H₁ відрізняється максимальним вмістом водостійких агрегатів фракцій >5, 3–5, 2–3 та 1–2 мм

(23,6, 12,7, 12,5 та 14,4 % відповідно). В горизонті Hp виявлено максимальний вміст водостійких агрегатів фракції 0,5–1 мм (29,4 %), в горизонті Pk – фракції 0,25–0,5 мм (31,4 %), в горизонті Ph – фракції <0,25 мм (39,4 %). Мінімальний вміст водостійких агрегатів фракції > 5 мм встановлено в горизонті Hp (0,7 %), фракцій 3–5 та 2–3 мм – в горизонті Pk (0,1 та 0,8 % відповідно), фракції 1–2 мм – в горизонті Ph (7,0 %), фракції 0,5–1,

0,25–0,5 та <0,2 мм – в горизонті H_1 (13,3, 6,8 та 16,9 % відповідно).

Двофакторний дисперсійний аналіз виявив достовірні зміни вмісту водостійких агрегатів фракцій 2–3, 1–2, 0,5–1 та <0,25 мм в чорноземах південних під насадженням *R. pseudoacacia*, а також усіх досліджуваних фракцій в чорноземах південних під насадженням *Q. robur* (табл. 4). Чорноземи південні під насадженнями *R. pseudoacacia* та *Q. robur* достовірно відрізняються між собою за вмістом водостійких агрегатів фракцій > 5, 3–5, 2–3 та 0,25–0,5 мм.

В результаті кластерного аналізу встановлено, що дані залежно від розміру водостійких агрегатів та типу рослинності умовно можна поділити на 3 групи (рис. 2):

до першої групи (S(>5), R(>5), R(3–5), R(2–3), S(3–5), S(2–3), S(1–2)) входять водостійкі агрегати фракцій від 1 до > 5 мм чорноземів південних під степовою рослинністю та насадженням *R. pseudoacacia*; в другій групі (Q(>5), Q(3–5), Q(2–3), R(1–2), Q(1–2)) переважають водостійкі агрегати фракцій від 1 до > 5 мм чорнозему південного під насадженням *Q. robur*; до третьої групи (S(0,5–1), S(0,25–0,5), R(0,25–0,5), R(<0,25), Q(<0,25), Q(0,25–0,5), R(0,5–1), Q(0,5–1), S(<0,25)) входять водостійкі агрегати фракцій від <0,25 до 1 мм усіх досліджуваних чорноземів південних.

Обговорення. Верхній генетичний горизонт H_1 зонального чорнозему південного відрізняється максимальним вмістом агрегатів фракції 0,5–1 мм порівняно

Таблиця 4

Оцінка впливу насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на водостійкість агрегатів чорноземів південних (n = 15)

Розмір водостійких агрегатів, мм	Порівнювальні типи рослинності					
	Степова рослинність та <i>R. pseudoacacia</i>		Степова рослинність та <i>Q. robur</i>		<i>R. pseudoacacia</i> та <i>Q. robur</i>	
	F ($F_{0,05} = 4.60$)	P	F ($F_{0,05} = 4.60$)	P	F ($F_{0,05} = 4.60$)	P
>5	2,24*	0,16*	7,35	0,02	9,88	$7,2 \cdot 10^{-3}$
3–5	2,61*	0,13*	9,02	$9,5 \cdot 10^{-3}$	11,91	$3,9 \cdot 10^{-3}$
2–3	5,30	0,04	12,69	$3,1 \cdot 10^{-3}$	8,56	0,01
1–2	25,34	$1,8 \cdot 10^{-4}$	27,27	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,36*	0,56*
0,5–1	12,67	$3,1 \cdot 10^{-3}$	18,03	$8,1 \cdot 10^{-4}$	0,01*	0,92*
0,25–0,5	0,14*	0,72*	10,37	$6,2 \cdot 10^{-3}$	11,78	$4,1 \cdot 10^{-3}$
< 0,25	29,34	$2,1 \cdot 10^{-5}$	24,48	$2,1 \cdot 10^{-4}$	4,43*	0,05*

Примітка: * достовірний вплив не встановлений при $P < 0,05$.

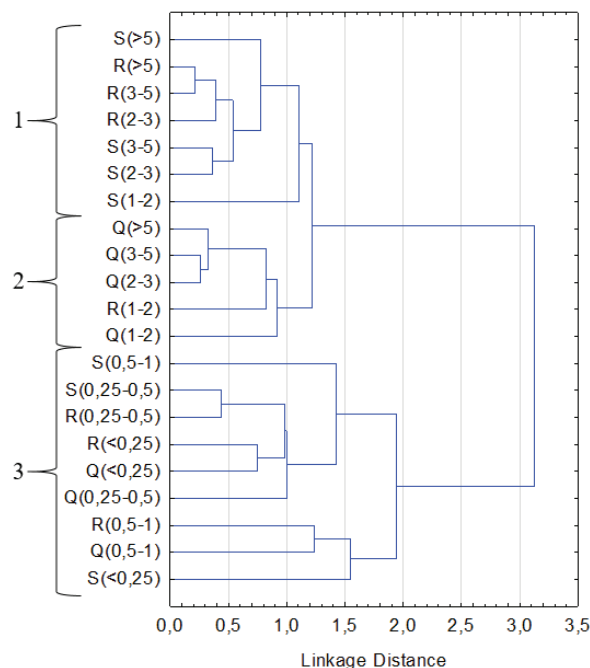


Рис. 2. Результати кластерного аналізу (Unweighted pair-group average, Chebychev distance metric) даних щодо вмісту водостійких агрегатів розміром >5, 3–5, 2–3, 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм у чорноземах південних під степовою рослинністю (S), під насадженнями *R. pseudoacacia* (R) та *Q. robur* (Q)

з іншими фракціями. Зростання лісонасаджень на чорноземах південних зумовило зміну складу їх агрегатів, особливо у верхніх генетичних горизонтах. У верхньому горизонті H_1 чорнозему південного під насадженням *R. pseudoacacia* максимальним вмістом відрізняються агрегати фракції 7–10 мм (на 13,9 % більше порівняно з горизонтом H_1 зонального чорнозему південного). Верхній горизонт H_1 чорнозему південного під насадженням *Q. robur* характеризується максимальним вмістом агрегатів фракції 5–7 мм (на 13,2 % більше порівняно з горизонтом H_1 зонального чорнозему південного). Разом з цим у горизонті H_1 чорноземів південних під лісовими насадженнями спостерігається суттєве зменшення вмісту агрегатів фракцій 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 та <0,25 мм порівняно з горизонтом H_1 зонального чорнозему південного. Такі особливості змін складу агрегатів можуть слугувати діагностичною ознакою впливу штучних лісових насаджень на чорноземі південні. Зменшення вмісту агрегатів фракції < 0,25 мм внаслідок відновлення рослинності на ґрунтах з одночасним збільшенням вмісту агрегатів фракції > 5 мм встановлено іншими дослідниками (Dou et al., 2020), що співпадає з отриманими нами результатами. Зростання насаджень *R. pseudoacacia* на чорноземі південному призвело до зменшення величини його коефіцієнту структурності у горизонті H_1 на 0,5, а насаджень *Q. robur* – до збільшення на 2,4 порівняно з коефіцієнтом структурності горизонту H_1 зонального чорнозему південного. Це свідчить про негативний вплив насаджень *R. pseudoacacia* та позитивний вплив насаджень *Q. robur* на склад агрегатів верхнього генетичного горизонту чорнозему південного. Разом з тим горизонти H_2 , H_r та Ph чорноземів південних під лісовими насадженнями характеризуються більшими величинами коефіцієнту структурності порівняно з відповідними горизонтами зонального чорнозему південного. Подібні висновки щодо сприятливого впливу лісових насаджень на агрегатний стан чорноземів звичайних отримані В.М. Яковенком та Н.А. Біловою (Yakovenko, Bilova, 2018). Двофакторний дисперсійний аналіз підтвердив достовірні зміни вмісту агрегатів фракцій 5–7, 3–5, 2–3, 0,5–1, 0,25–0,5 та < 0,25 мм в чорноземах південних під впливом лісових насаджень порівняно з зональними чорноземами південними. Отримані результати схожі з результатами дослідження впливу насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на агрегатний склад чорноземів звичайних (Gorban et al., 2020). Встановлено, що насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* по-різному впливають на зміни вмісту в чорноземах південних агрегатів фракцій 7–10, 5–7, 2–3 та < 0,25 мм. Кластерний аналіз дозволив виділити 3 споріднені групи агрегатів за їх розмірами: більше 5 мм, від 2 до 5 мм та менше 2 мм. Схожі групи агрегатів за розмірами пропонували виділяти також інші дослідники (Wang et al., 2019; Zhong et al., 2019; Kong et al., 2022; Jiang et al., 2023).

Серед водостійких агрегатів в горизонті H_1 зонального чорнозему південного максимальним вмістом характеризується фракція < 0,25 мм, в чорноземі південному під насадженням *R. pseudoacacia* – фракція 0,5–1 мм, в чорноземі південному під насадженням *Q. robur* – фракція

> 5 мм. В цілому зростання лісових насаджень на чорноземах південних зумовило збільшення в них вмісту водостійких агрегатів фракцій >5, 3–5, 2–3, 1–2 та 0,5–1 мм та одночасне зменшення вмісту водостійких агрегатів фракцій 0,25–0,5 та <0,25 мм порівняно з зональними чорноземами південними. Схожі висновки були отримані нами при дослідженні впливу лісових насаджень на чорноземі звичайні (Gorban, Boloban, 2019; Yakuba, Gorban, 2021). Позитивний вплив лісових насаджень на водостійкість агрегатів підтверджується дослідженнями І.А. Іванько (Ivanko, 2016). Двофакторний дисперсійний аналіз підтвердив достовірний вплив насаджень *R. pseudoacacia* на зміни вмісту водостійких агрегатів фракцій 2–3, 1–2, 0,5–1 та <0,25 мм в чорноземі південному. Зростання насаджень *Q. robur* призвело до достовірних змін вмісту водостійких агрегатів усіх досліджуваних фракцій в чорноземі південному. Встановлено, що *R. pseudoacacia* та *Q. robur* по-різному впливають на зміни вмісту в чорноземах південних водостійких агрегатів фракцій > 5, 3–5, 2–3 та 0,25–0,5 мм. Зміни вмісту водостійких агрегатів в ґрунтах під впливом зміни типу рослинності підтверджуються іншими дослідниками (Zhu et al., 2017; Hong et al., 2021; Wang et al., 2023). Кластерний аналіз виявив спорідненість водостійких агрегатів фракцій від 1 до >5 мм в чорноземах південних під степовою рослинністю та насадженням *R. pseudoacacia* та їх відмінність від подібних фракцій в чорноземі південному під насадженням *Q. robur*. Водостійкі агрегати фракцій від < 0,25 до 1 мм в чорноземах південних є спорідненими незалежно від типу рослинності, яка зростає на них.

Висновки. Вплив насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на чорноземі південні призвів до достовірного збільшення вмісту агрегатів фракцій 5–7, 3–5, 2–3 мм та достовірного зменшення вмісту агрегатів фракцій 0,5–1, 0,25–0,5 та < 0,25 мм порівняно з зональним чорноземом південним. Встановлено відмінності впливу насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* на зміни вмісту в чорноземах південних агрегатів фракцій 7–10, 5–7, 2–3 та < 0,25 мм. Виділено 3 споріднені групи агрегатів: більше 5 мм, від 2 до 5 мм та менше 2 мм. Зростання насаджень на чорноземах південних зумовило достовірне збільшення в них вмісту водостійких агрегатів фракцій 2–3, 1–2 та 0,5–1 мм та одночасне достовірне зменшення вмісту водостійких агрегатів фракції < 0,25 мм порівняно з зональними чорноземами південними. Виявлено, що насаджень *R. pseudoacacia* та *Q. robur* по-різному впливають на зміни вмісту в чорноземах південних агрегатів фракцій 7–10, 5–7, 2–3 та <0,25 мм. Встановлена спорідненість водостійких агрегатів фракцій від 1 до > 5 мм в чорноземах південних під степовою рослинністю та насадженням *R. pseudoacacia* та їх відмінність від подібних фракцій в чорноземі південному під насадженням *Q. robur*. Водостійкі агрегати фракцій від < 0,25 до 1 мм в чорноземах південних є спорідненими незалежно від типу рослинності, яка зростає на них. В цілому, насаджень *Q. robur* характеризується більш вираженим позитивним впливом на склад та водостійкість чорноземів південних порівняно з насадженням *R. pseudoacacia*.

Бібліографічні посилання:

1. Ayoubi, S., Mirbagheri, Z., & Mosaddeghi, M. R. (2020). Soil organic carbon physical fractions and aggregate stability influenced by land use in humid region of northern Iran. *International Agrophysics*, 34(3), 343–353. doi: 10.31545/intagr/125620.
2. Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A. C., & Soriano-Soto, M. D. (2001). Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 44(1), 47–67. doi: 10.1016/s0341-8162(00)00176-4.
3. Bulygin, S. Yu., & Lisetskii, F. N. (1996). Aggregate composition of soils, its assessment and monitoring. *Eurasian Soil Science*, 29(6), 707–711.
4. Cheng, Y., Xu, G., Wang, X., Li, P., Dang, X., Jiang, W., Ma, T., Wang, B., Gu, F., & Li, Z. (2023). Contribution of soil aggregate particle size to organic carbon and the effect of land use on its distribution in a typical small watershed on Loess Plateau, China. *Ecological Indicators*, 155, 110988. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110988.
5. Davari, M., Gholami, L., Nabiollahi, K., Homaei, M., & Jafari, H. J. (2020). Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran, Baneh). *Soil and Tillage Research*, 198, 104504. doi: 10.1016/j.still.2019.104504.
6. Dehtiarov, V. V. (2011). Humus chornozemiv livoberezhnoho Lisostepu i Stepu Ukrainy [Humus of chernozems of the left-bank forest-steppe and steppe of Ukraine]. Mайдan, Kharkiv, 360 (in Ukrainian).
7. Desyatnik, K. O. (2015). Rol kaltsiiu v optymizatsii pokaznykiv rodiuchosti ta umov isnuvannia pedobiontiv u chornozemii opidzolenomu [Role of calcium in optimization of fertility parameters and conditions of pedobiont existence in chernozems podzolized]. *Gruntoznavstvo*, 16(1–2), 52–59 (in Ukrainian). doi: 10.15421/041505.
8. Dorji, T., Field, D. J., & Odeh, I. O. A. (2019). Soil aggregate stability and aggregate-associated organic carbon under different land use or land cover types. *Soil Use and Management*, 36(2), 308–319. doi: 10.1111/sum.12549.
9. Dou, Y., Yang, Y., An, S., & Zhu, Z. (2020). Effects of different vegetation restoration measures on soil aggregate stability and erodibility on the Loess Plateau, China. *Catena*, 185, 104294. doi: 10.1016/j.catena.2019.104294.
10. Emadi, M., Emadi, M., Bagherneja, M., Fathi, H., & Saffari, M. (2008). Effect of Land Use Change on Selected Soil Physical and Chemical Properties in North Highlands of Iran. *Journal of Applied Sciences*, 8(3), 496–502. doi: 10.3923/jas.2008.496.502.
11. Gao, Y., & Yang, P. (2023). Temporal and spatial distribution of soil water repellency in grassland soils and its relation to soil moisture, hydrophobic matter, and particle size. *Science of The Total Environment*, 904, 166700. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166700.
12. Gholoubi, A., Emami, H., & Caldwell, T. (2019). Deforestation effects on soil aggregate stability quantified by the high energy moisture characteristic method. *Geoderma*, 355, 113919. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.113919.
13. Gorban, V. A., & Boloban, A. O. (2019). Osoblyvosti strukturno-ahrehatnoho skladu chornozemiv zvychaynykh pid stepovoiu ta lisovoiu roslynnistiu [Features of the structural-aggregate composition of ordinary chernozems under the steppe and forest vegetation]. *Ecology and Noospherology*, 30(2), 74–79 (in Ukrainian). doi: 10.15421/031913.
14. Gorban, V., Huslysty, A., Kotovych, O., & Yakovenko, V. (2020). Changes in Physical and Chemical Properties of Calcic Chernozem Affected by Robinia pseudoacacia and Quercus robur Plantings. *Ekológia (Bratislava)*, 39(1), 27–44. doi: 10.2478/eko-2020-0003.
15. Hong, Z., Wen, Y., Liu, Y., Tong, X., Yan, L., Li, H., Xu, Z., & Tan, B. (2021). Characteristics of soil water stable aggregates in different colored-leaf forests in subalpine western Sichuan. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 27(3), 601–607. doi: 10.19675/j.cnki.1006-687x.2020.02020.
16. Horn, R., Taubner, H., Wuttke, M., & Baumgartl, T. (1994). Soil physical properties related to soil structure. *Soil and Tillage Research*, 30(2–4), 187–216. doi: 10.1016/0167-1987(94)90005-1.
17. Ivanko, I. A. (2016). Ekolohichna rol svitlovoi struktury u formuvanni shtuchnykh lisovykh nasadzhen u stepovii zoni Ukrainy [The ecological role of light structure in the formation of artificial forest plantations in the steppe zone of Ukraine]. *Bioheotsenolohichni doslidzhennia lisiv stepovoi zony Ukrainy*. Svidler A.L., Dnipro, 155–171 (in Ukrainian).
18. Jiang, W., Li, Z., Xie, H., Ouyang, K., Yuan, H., & Duan, L. (2023). Land use change impacts on red slate soil aggregates and associated organic carbon in diverse soil layers in subtropical China. *Science of The Total Environment*, 856, 159194. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.159194.
19. Kong, T., Liu, B., Henderson, M., Zhou, W., Su, Y., Wang, S., Wang, L., & Wang, G. (2022). Effects of Shelterbelt Transformation on Soil Aggregates Characterization and Erodibility in China Black Soil Farmland. *Agriculture*, 12(11), 1917. doi: 10.3390/agriculture12111917.
20. Li, C., Cao, Z., Chang, J., Zhang, Y., Zhu, G., Zong, N., He, Y., Zhang, J., & He, N. (2017). Elevational gradient affect functional fractions of soil organic carbon and aggregates stability in a Tibetan alpine meadow. *Catena*, 156, 139–148. doi: 10.1016/j.catena.2017.04.007.
21. Luo, T., Xia, L., Xia, D., Liu, W., Xu, Y., He, Z., & Xu, W. (2023). Impact of typical land use type on the stability and content of carbon and nitrogen of soil aggregates in western Hubei. *Ecosphere*, 14(12), e4736. doi: 10.1002/ecs2.4736.
22. Medvedev, V. V. (2009). Struktura gruntu yak ekolohichniy chynnyk [Soil structure as an ecological factor]. *Visnyk KhNAU. Hruntoznavstvo*, 3, 14–20 (in Ukrainian).
23. Medvedev, V. V., Bulyhin, S. Yu., & Vitvitskyi, S. V. (2018). Fyzyka gruntu [Soil physics]. NUBiP, K., 289 (in Ukrainian).
24. Polláková, N., Šimanský, V., & Jonczak, J. (2017). Characteristics of physical properties in soil profiles under selected introduced trees in the Nature Reserve Arboretum Mlyňany, Slovakia. *Folia Oecologica*, 44(2), 78–86. doi: 10.1515/foecol-2017-0010.

25. Šimanský, V. (2015). Dynamics of soil structure parameters in loamy soils of Slovakia. *Soil Forming Factors and Processes from the Temperate Zone*, 14, 1–8. doi: 10.15551/FPPZT.V14I1.515.
26. Wang, B., Zhao, X., Liu, Y., Fang, Y., Ma, R., Yu, Q., & An, S. (2019). Using soil aggregate stability and erodibility to evaluate the sustainability of large-scale afforestation of *Robinia pseudoacacia* and *Caragana korshinskii* in the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management*, 450, 117491. doi: 10.1016/j.foreco.2019.117491.
27. Wang, Y., Chen, L., Qu, M., Duan, W., Wang, Z., Tian, Z., & Yang, W. (2023). Response of Soil Aggregate Composition and Stability to Secondary Succession and Plantation of a Broad-Leaved Korean Pine Forest after Clear-Cutting and Its Causes. *Forests*, 14(10), 2010. doi: 10.3390/f14102010.
28. Xiao, L., Huang, Y., Zhao, J., Zhou, J., & Abbas, F. (2021). Effects of planting structure on soil water-stable aggregates, microbial biomass and enzyme activity in a catchment of Loess Plateau terraces, China. *Applied Soil Ecology*, 159, 103819. doi: 10.1016/j.apsoil.2020.103819.
29. Yakovenko, V. M., & Bilova N. A. (2018). Biohonne mikrostrukturoutvorennia lisovykh hruntiv stepovoi zony Ukrainy [Biogenic microstructuring of forest soils of the steppe zone of Ukraine]. Serdiuk T.K., Dnipro, 204 (in Ukrainian).
30. Yakuba, M. S., & Gorban, V. A. (2021). Istorychni aspekty stvorennia ta osoblyvosti funkcionuvannia polezakhysnykh nasadzen stepovoi zony Ukrainy [Historical creations aspects and functioning features of field protective forest plantations in the steppe zone of Ukraine]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel*, 50, 33–43 (in Ukrainian). doi: 10.15421/442104.
31. Yang, H., Long, H., Li, X., Luo, X., Liao, Y., Wang, C., Cai, H., & Shu, Y. (2024). Vegetation restoration improved aggregation stability and aggregated-associated carbon preservation in the karst areas of Guizhou Province, southwest China. *Peer J*, 12, e16699. doi: 10.7717/peerj.16699.
32. Zhong, Z., Han, X., Xu, Y., Zhang, W., Fu, S., Liu, W., Ren, C., Yang, G., & Ren, G. (2019). Effects of land use change on organic carbon dynamics associated with soil aggregate fractions on the Loess Plateau, China. *Land Degradation & Development*, 30(9), 1070–1082. doi: 10.1002/ldr.3294.
33. Zhu, G., Shangguan, Z., & Deng, L. (2017). Soil aggregate stability and aggregate-associated carbon and nitrogen in natural restoration grassland and Chinese red pine plantation on the Loess Plateau. *Catena*, 149, 253–260. doi: 10.1016/j.catena.2016.10.004.

Gorban V. A., PhD (Biological Sciences), Associates Professor, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Influence of Robinia pseudoacacia L. and Quercus robur L. forest plantations on the aggregate-size distribution and size distribution of water-stable aggregates of southern chernozems

The results of the study of the influence of forest plantations on the aggregate-size distribution and size distribution of water-stable aggregates of southern chernozems are given. Soil samples were taken from zonal southern chernozems, as well as southern chernozems under *R. pseudoacacia* and *Q. robur* plantations, near the city of Zelenodolsk (Kryvyi Rih district, Dnipropetrovsk region). The study of the aggregate-size distribution and size distribution of water-stable aggregates of southern chernozems under different types of vegetation was carried out according to the method of M.I. Savinov, using soil fractionation in the air-dry state and in water. The growth of *R. pseudoacacia* and *Q. robur* plantations on southern chernozems led to an increase in the content of aggregates of fractions 5–7, 3–5, 2–3 mm and a decrease in the content of aggregates of fractions 0.5–1, 0.25–0.5 and <0.25 mm compared to the zonal southern chernozem. It was established that the effect of planting *R. pseudoacacia* on changes in content in southern chernozem of aggregates of fractions 7–10, 5–7, 2–3, and <0.25 mm differs from the effect of planting *Q. robur*. According to the size, 3 related groups of aggregates are distinguished: more than 5 mm, from 2 to 5 mm and less than 2 mm. The influence of plantations on southern chernozems led to an increase in the content of water-stable aggregates of the 2–3, 1–2, and 0.5–1 mm fractions and a simultaneous decrease in the content of water-stable aggregates of the < 0.25 mm fraction compared to the zonal southern chernozem. The affinity of water-stable aggregates of fractions from 1 to > 5 mm in southern chernozems under steppe vegetation and *R. pseudoacacia* plantations and their difference from similar fractions in southern chernozem under *Q. robur* plantations was established. Water-stable aggregates of fractions from < 0.25 to 1 mm in southern chernozems are related regardless of the type of vegetation that grows on them. The most significant changes in the structural and aggregate composition of southern chernozems, which are caused by the growth of forest plantations, are characteristic of their upper genetic horizons H_1 . The research results show that the *Q. robur* plantation is characterized by a more pronounced positive effect on the aggregate-size distribution and size distribution of water-stable aggregates of southern chernozems compared to the *R. pseudoacacia* plantation. The identified features of the structural and aggregate composition of southern chernozems and its changes under the influence of forest plantations in the conditions of the steppe zone of Ukraine can be used in the development of practical measures to preserve and restore the fertility and ecological state of these soils.

Key words: aggregate-size distribution, size distribution of water-stable aggregates, fraction, coefficient of structure, forest plantations, southern chernozem.