

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-02>
УДК (UDC) 574.4:631.436

В. А. ГОРБАНЬ, канд. біол. наук, доц.,
завідувач кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології
e-mail: gorvadym@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8288-6153>
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
пр-т Науки, 72, м. Дніпро, 49010, Україна
Н. А. БІЛОВА, д-р біол. наук, проф.,
професор кафедри підприємництва та економіки підприємства
e-mail: natalyabilova51@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9136-9076>
Університет митної справи та фінансів,
вул. В. Вернадського, 2/4, м. Дніпро, 49000, Україна

ВПЛИВ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ НА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМІВ ПІВДЕННИХ

Мета. Оцінка впливу лісових насаджень *Robinia pseudoacacia* L. та *Quercus robur* L. на теплопровідність, теплоємність та теплопровідність чорноземів південних.

Методи. Теплофізичні властивості ґрунтів визначали методом імпульсного нагрівання з використанням спеціально розробленої установки та програмного забезпечення. Температуру ґрунту в польових умовах визначали на поверхні ґрунту та на глибинах за допомогою температурних датчиків. Температуру повітря вимірювали цифровим анемометром-термометром-вологоміром Starmeter (ST8021).

Результати. Вплив лісових насаджень на теплофізичні властивості виконували з використанням ґрунтових зразків, відібраних з зональних чорноземів південних (використовувався як контроль), чорноземів південних під насадженням *R. pseudoacacia* та під насадженням *Q. robur* поблизу м. Зеленодольська (Криворізький район, Дніпропетровська область). Встановлено, що зростання лісових насаджень зумовило зниження температури поверхні, температури на глибині 50 см, середньої температури шару 0–50 см чорноземів південних порівняно з зональним чорноземом південним. Шар 0–50 см зонального чорнозему південного характеризується більш різкими змінами температури порівняно з чорноземами південними під лісовими насадженнями. Ріст лісового насадження *R. pseudoacacia* на чорноземі південному призвів до зростання величин його теплофізичних властивостей верхніх горизонтів порівняно з зональним чорноземом південним. Вплив насадження *Q. robur* на чорнозем південний зумовив зростання величин його теплопровідності, зменшення величин теплоємності та практично не призвело до змін величин теплопровідності.

Висновки. Насадження *R. pseudoacacia* зумовлює більш виражену зміну теплофізичних властивостей чорноземів південних порівняно з насадженням *Q. robur*, особливо це стосується верхніх горизонтів досліджуваних чорноземів південних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *теплопровідність, теплоємність, теплопровідність, чорнозем південний, лісові насадження, R. pseudoacacia, Q. Robur*

Як цитувати: Горбань В. А., Білова Н. А. Вплив лісових насаджень на теплофізичні властивості чорноземів південних. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2024. Вип. 30. С. 26 – 35. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-02>

In cites: Gorban, V. A. & Bilova, N. A. (2024). Forest plantations influence on the thermophysical properties of southern chernozems. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (30), 26-35. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-02> (in Ukrainian)

Вступ

Тепловий режим ґрунтів, який зумовлений переважно станом їх поверхні та теплофізичними властивостями, впливає на бі-

льшість ґрунтових процесів, початок та закінчення вегетаційного періоду, ріст і розвиток рослин, особливості поширення у ґрунті

кореневих систем, мікробіологічну активність ґрунту і швидкість надходження води і елементів живлення до коренів [1]. При цьому теплофізичні властивості ґрунтів в значній мірі залежать від їх гранулометричного складу [2], вмісту органічних речовин [3], вологи [4, 5], солей [6], щільності та пористості [7]. На сьогодні процес визначення теплофізичних властивостей ґрунтів та вимірювання їх теплового потоку залишається відносно витратним, руйнівним та трудомістким внаслідок мінливості параметрів у просторі та часі [8]. В Україні визначенню теплофізичних властивостей ґрунтів, не зважаючи на їх виключну роль у більшості ґрунтових процесах, не приділяється належна увага, про що свідчить дуже обмежена кількість публікацій за останні роки, які присвячені висвітленню результатів відповідних досліджень.

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження теплофізичних властивостей виконували з використанням ґрунтових зразків, відібраних 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) + Н_р (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. Склад 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) + Н_р (30–50 см) + Ph (50–68 см) + Pk (68–120 см). Ґрунт – чорнозем

В семіаридних умовах степової зони як України, так і інших країн, заліснення вважається одним з найбільш ефективних заходів щодо збереження та відновлення ґрунтового покриву [9 – 11]. Однак для подальшого ефективного функціонування та використання ґрунтів лісових насаджень необхідно враховувати зміни їх властивостей, які зумовлені породним складом, віком та іншими особливостями лісонасаджень [12].

Серед чорноземів степової зони одними з найменш досліджених залишаються чорноземи південні. Враховуючи особливості генезису цих чорноземів, пов'язані з тривалими періодами посухи, викликаних дефіцитом атмосферних опадів та високими температурами повітря влітку [13], актуальним завданням постає дослідження їх теплофізичних властивостей, а також їх змін, зумовлених зростанням лісових насаджень.

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. Склад деревостану – 10Д. 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) + Н_р (20–45 см) + Ph (45–78 см) + Pk (78–120 см). Ґрунт – чорнозем південний лісопокращений середньовилугований малогумусовий середньосуглинковий на лесоподібних суглинках.

Теплофізичні властивості ґрунтів (температуропровідність, теплоємність та теплопровідність) визначали методом імпульсного нагрівання з використанням спеціально розробленої для цієї мети установки та програмного забезпечення. Установка складається з двох частин: вимірювальної та реєструючої. Вимірювальна частина являє собою прямокутний ящик розміром 100×100×50 мм, поперечної площини якого встановлений тонкий плоский електронагрівач потужністю 1,1 кВт з розмі-

ром робочого контуру 90×90 мм. Тепловий імпульс забезпечується включенням електронагрівача на певний період часу (зазвичай 3–5 с). Датчиками температури служать платинові термоопори, розміщені на відстані 10, 15, 20 і 25 мм від нагрівача. Термоопори розташовані на поздовжній осі ящика, що зменшує вплив бічних втрат тепла. Досліджуваний зразок ґрунту просіюється через сито з діаметром отворів 3 мм, щоб зберегти особливості структурно-агрегатного складу зразка, і поміщається у вимірювальну частину установки. У реєструючій частині зібрані мости постійного струму, в діагональ яких включені термоопори. Сигнал розбалансування, що виникає при зміні опору датчиків, який що викликається зміною температури, збільшується за допомогою підсилювача. Аналоговий сигнал, пропорційний зміні температури, перетворюється на цифровий код аналогово-цифровим перетворювачем. Цифрові дані обробляються мікроконтролером і передаються в ЕОМ. Мікроконтролер також управляє роботою різних блоків реєструючої частини та забезпечує зв'язок комп'ютера та установки в цілому. Управ-

ління установкою здійснюється ЕОМ за допомогою розробленого програмного забезпечення, яке дозволяє отримувати графічні та цифрові дані про температуру ґрунту залежно від часу та проводити обробку отриманих результатів. Пристрій дозволяє вимірювати температуру від 0 до 100°C з точністю до 0,01°C при частоті вимірювань від 20 мс до 2,500 с. Час нагріву також змінюється і може становити 0,4–50 с. Вимірювані залежності відображаються під час досліджень у вигляді графіка, їх також можна зберегти як текстовий файл для подальшої обробки та зберігання. Дані подаються як п'ять стовпців чисел, перший у тому числі відповідає часу, інші – температурі на відстанях 10, 15, 20 і 25 мм від нагрівача [14]. Використання чотирьох термопар забезпечує суттєве зростання точності виконуваних вимірів [15]. Температуру ґрунту в польових умовах визначали на поверхні ґрунту та на глибинах 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 та 50 см за допомогою температурних датчиків, які розміщували у попередньо підготовленій свердловині. Температуру повітря вимірювали цифровим анемометром-термометром-вологоміром Starmeter (ST8021) [14].

Результати та обговорення

В результаті вимірювання температури повітря та ґрунтів під різними типами рослинності (табл. 1) встановлено, що наприкінці вересня 2019 р. максимальна температура повітря спостерігалася над зональним чорноземом південним, а мінімальна – над чорноземом південним під насадженням *Q. robur*. Насадження *R. pseudoacacia* вплинуло на мікроклімат, внаслідок чого температура повітря при вимірюванні 28.09.2019 р. зменшилася на 5°C, а насадження *Q. robur* сприяло зменшенню температури повітря на 7°C порівняно з температурою повітря над зональним чорноземом південним. Максимальна температура поверхні ґрунту встановлена в зональному чорноземі південному, мінімальна – в чорноземі південному під насадженням *Q. robur*. Вплив лісового насадження *R. pseudoacacia* проявився у зменшенні температури поверхні чорнозему південного на 2,7°C, а лісового насадження *Q. robur* – на 5,3°C порівняно з зональним чорноземом південним. Максимальну температуру ґрунту на глибині

50 см також виявлено в зональному чорноземі південному, а мінімальну – в чорноземі південному під насадженням *Q. robur*. Насадження *R. pseudoacacia* зумовило зменшення температури чорнозему південного на глибині 50 см на 1,6°C, а насадження *Q. robur* – на 2,8°C порівняно з зональним чорноземом південним. Максимальна величина середньої температури шару ґрунту 0–50 см виявлена в зональному чорноземі південному, а мінімальна – в чорноземі південному під насадженням *Q. robur*. Вплив насадження *R. pseudoacacia* призвів до зменшення середньої температури шару 0–50 см чорнозему південного на 2,5°C, а насадження *Q. robur* – на 4,5°C порівняно з зональним чорноземом південним. Максимальна різниця між температурою повітря та середньою температурою ґрунту виявилася в зональному чорноземі південному (5,4°C), мінімальна – в чорноземах південних під насадженнями *R. pseudoacacia* та *Q. robur* (2,9°C). Максимальна різниця між температурою поверхні ґрунту та на глибині 50

см характерна для зонального чорнозему південного (3,4 °С), мінімальна – для чорнозему південного під насадженням *Q. robur* (0,9 °С).

На рис. 1 наведено особливості змін величин температури з глибиною в чорноземах південних під різними типами рослинності. З рисунку можна побачити більш різку зміну величин температури в шарі 0–50 см в зональному чорноземі південному порівняно з чорноземами південними під лісовими насадженнями.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що більш вираженим середовищеперетворювальним впливом на степове середовище, зокрема на температуру повітря та ґрунтів, характеризується насадження *Q. robur*, що формує тіньову світлову структуру, порівняно з насадженням *R. pseudoacacia*, яке відрізняється напівосвітленою світловою структурою [16, 17].

Таблиця 1

Температурні показники повітря та чорноземів південних під різними типами рослинності (28.09.2019 р.)

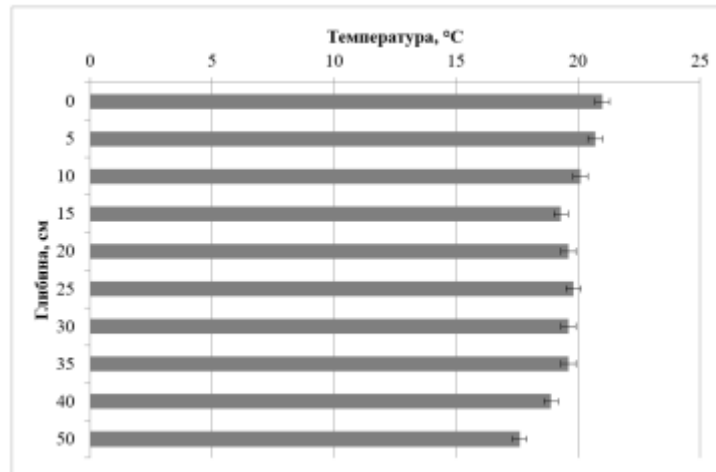
Table 1

Temperature indicators of air and southern chernozems under different types of vegetation (September 28, 2019)

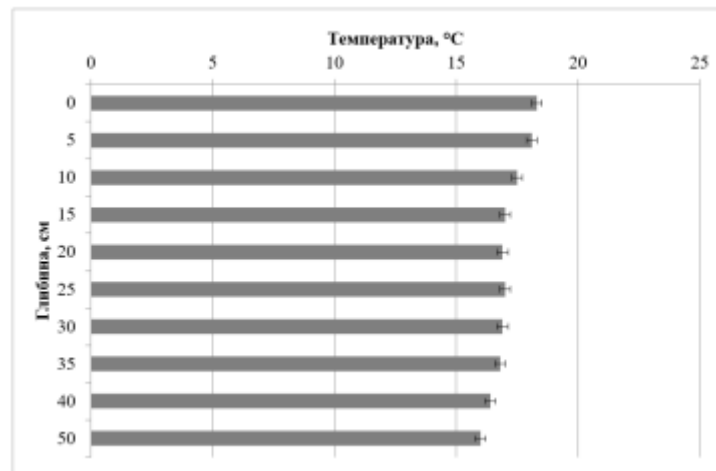
Зональний чорнозем південний	Чорнозем південний під насадженням <i>R. pseudoacacia</i>	Чорнозем південний під насадженням <i>Q. robur</i>
Температура повітря, °С		
25,0	20,0	18,0
Температура поверхні ґрунту, °С		
21,0	18,3	15,7
Температура ґрунту на глибині 50 см, °С		
17,6	16,0	14,8
Середня температура шару ґрунту 0–50 см, °С		
19,6	17,1	15,1

Дослідженнями теплофізичних властивостей (табл. 2) виявлено, що в зональному чорноземі південному максимальна величина температуропровідності властива горизонту Pk ($7,118 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$), мінімальна – горизонту H₁ ($6,624 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$), зі збільшенням глибини спостерігається поступове збільшення її величин. Це може бути зумовлено підвищенням дисперсності нижніх горизонтів внаслідок погіршення структурно-агрегатного складу, за рахунок зменшення вмісту органічних речовин та зниженням інтенсивності структуроутворюючої ролі рослин та тваринного світу в нижніх горизонтах порівняно з верхніми [18, 19]. В чорноземі південному під насадженням *R.*

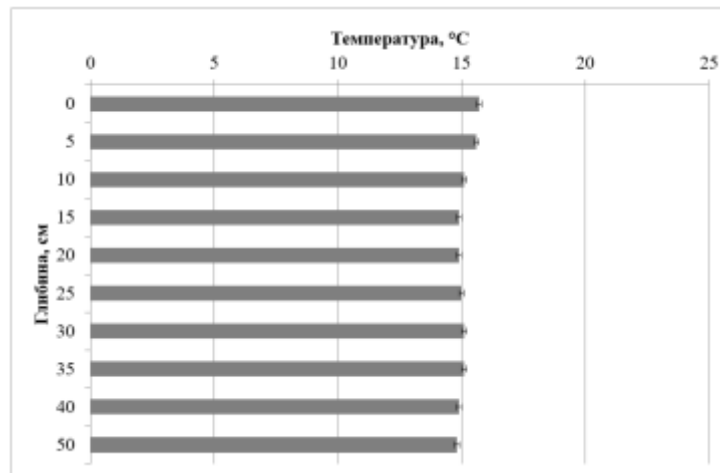
pseudoacacia максимальна величина температуропровідності виявлена в горизонті H₁ ($7,379 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$), з глибиною спостерігається зменшення її величин, а мінімальна величина характерна для горизонту Ph ($6,330 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$). Це можна пояснити надходженням еолово-ґрунтового матеріалу, зазвичай збагаченого мулистого фракцією, на поверхню ґрунтів лісових насаджень [20]. В чорноземі південному під насадженням *Q. robur* максимальна величина температуропровідності властива горизонту H_p ($6,795 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$), а мінімальна – горизонту Ph ($6,549 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$), що може бути зумовлено особливостями профільного розподілу вмісту органічних речовин [21] та гранулометричного складу досліджуваних ґрунтів [22].



1



2



3

Рис. 1 – Температурні показники чорноземів південних (28.09.2019 р.): 1 – зональний чорнозем південний; 2 – чорнозем південний під насадженням *R. pseudoacacia*; 3 – чорнозем південний під насадженням *Q. robur*
Fig. 1 – Temperature indicators of southern chernozems (September 28, 2019): 1 – zonal southern chernozems; 2 – southern chernozem under the plantation of *R. pseudoacacia*; 3 – southern chernozem under the plantation of *Q. robur*

Таблиця 2

Теплофізичні властивості чорноземів південних

Table 2

Thermophysical properties of southern chernozems

Генетичний горизонт	Температуропровідність, $10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$, середнє \pm стандартна помилка	Теплоємність, $\text{МДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, середнє \pm стандартна помилка	Теплопровідність, $\text{Дж}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})$, середнє \pm стандартна помилка
Зональний чорнозем південний			
H ₁	6,624 \pm 0,267	1,285 \pm 0,075	0,851 \pm 0,064
H ₂	6,663 \pm 0,614	1,294 \pm 0,029	0,863 \pm 0,098
H _p	6,994 \pm 0,396	1,283 \pm 0,031	0,898 \pm 0,073
Ph	6,720 \pm 0,125	1,330 \pm 0,064	0,895 \pm 0,060
Pk	7,118 \pm 0,100	1,247 \pm 0,060	0,888 \pm 0,056
Чорнозем південний під насадженням <i>R. pseudoacacia</i>			
H ₁	7,379 \pm 0,336	1,335 \pm 0,028	0,984 \pm 0,024
H ₂	6,797 \pm 0,829	1,278 \pm 0,117	0,875 \pm 0,179
H _p	6,613 \pm 0,682	1,307 \pm 0,063	0,867 \pm 0,125
Ph	6,330 \pm 0,750	1,270 \pm 0,158	0,812 \pm 0,188
Pk	6,545 \pm 0,522	1,282 \pm 0,159	0,844 \pm 0,161
Чорнозем південний під насадженням <i>Q. robur</i>			
H ₁	6,782 \pm 0,214	1,253 \pm 0,055	0,850 \pm 0,055
H ₂	6,771 \pm 0,101	1,269 \pm 0,050	0,860 \pm 0,040
H _p	6,795 \pm 0,538	1,272 \pm 0,061	0,866 \pm 0,109
Ph	6,549 \pm 0,766	1,278 \pm 0,059	0,840 \pm 0,136
Pk	6,633 \pm 0,878	1,256 \pm 0,077	0,838 \pm 0,161

Аналіз величин теплоємності виявив, що її максимальна величина в зональному чорноземі південному характерна для горизонту Ph (1,330 МДж/(м³·К)), а мінімальна – для горизонту Pk (0,247 Дж/(м·с·К)). Максимальна величина теплоємності в чорноземі південному під насадженням *R. pseudoacacia* виявлена в горизонті H₁ (1,335 Дж/(м·с·К)), з глибиною спостерігається зменшення її величин, а мінімальна величина пов'язана з в горизонтом Ph (1,270 Дж/(м·с·К)). В чорноземі південному під насадженням *Q. robur* максимальна величина теплоємності характерна для горизонту Ph (1,278 Дж/(м·с·К)), а мінімальна – для горизонту H₁ (1,253 Дж/(м·с·К)), зі збільшенням глибини спостерігається зростання її величин.

Дослідження теплопровідності виявили, що в зональному чорноземі південному її максимальна величина пов'язана з горизонтом H_p (0,898 Дж/(м·с·К)), а мінімальна – з горизонтом H₁ (0,851 Дж/(м·с·К)). В чорноземі південному під насадженням *R. pseudoacacia* максимальну величину теплопровідності виявлено в горизонті H₁ (0,984 Дж/(м·с·К)), з глибиною

спостерігається її зменшення, а мінімальна величина встановлена в горизонті Ph (0,812 Дж/(м·с·К)). Максимальна величина теплопровідності в чорноземі південному під насадженням *Q. robur* характерна для горизонту H_p (0,866 Дж/(м·с·К)), а мінімальна – для горизонту Pk (0,838 Дж/(м·с·К)).

Виявлені особливості профільного розподілу величин теплоємності та теплопровідності чорноземів південних можуть бути зумовлені вмістом органічних речовин, гранулометричним та структурно-агрегатним складом досліджуваних ґрунтів [23].

Розрахунок коефіцієнтів варіації встановив, що зональний чорнозем південний відрізняється найменшою мінливістю температуропровідності, теплоємності та теплопровідності (5,3, 4,2 та 7,2 % відповідно). Насадження *R. pseudoacacia* призвело до майже двократного збільшення величин коефіцієнта варіації зазначених теплофізичних властивостей (9,8, 7,9 та 15,8 % відповідно). Вплив насадження *Q. robur* також проявився у збільшенні

величин коефіцієнтів варіації температуропровідності, теплоємності та теплопровідності (7,5, 4,2 та 11,0 %) порівняно з зональним чорноземом південним, однак у меншій мірі порівняно з чорноземом південним під насадженням *R. pseudoacacia*.

Отримані результати свідчать, що зростання насадження *R. pseudoacacia* зумовлює більш виражену зміну теплофізичних властивостей чорноземів південних порівняно з насадженням *Q. robur*, особливо це стосується верхніх горизонтів досліджуваних чорноземів південних.

Висновки

Вимірювання температури, здійснені наприкінці вересня 2019 р., виявили, що лісові насадження *R. pseudoacacia* та *Q. robur* зумовили зниження температури поверхні (на 2,7 та 5,3 °C відповідно), температури на глибині 50 см (на 1,6 та 2,8 °C відповідно), середньої температури шару 0–50 см (на 2,5 та 4,5 °C відповідно) чорноземів південних порівняно з зональним чорноземом південним.

Зональний чорнозем південний характеризується більш різкими змінами температури в шарі 0–50 см порівняно з чорноземами південними під лісовими насадженнями.

Вплив лісового насадження *R. Pseudoacacia* на чорнозем південний призвів до зрос-

тання величин його теплофізичних властивостей верхніх горизонтів порівняно з зональним чорноземом південним.

Насадження *Q. robur* на чорноземі південному зумовило зростання величин його температуропровідності, зменшення величин теплоємності та практично не вплинуло на величини теплопровідності.

Вплив насадження *R. pseudoacacia* зумовлює більш виражену зміну теплофізичних властивостей чорноземів південних порівняно з насадженням *Q. robur*, особливо це стосується верхніх горизонтів досліджуваних чорноземів південних

Конфлікт інтересів

Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Фізика ґрунту: навч. посіб. К.: НУБіП, 2018. 289 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b7c9e2be-3af2-4e13-a6af-cb605534aa61/content>
2. Yun P., Hu M.-J., Ying A., Wang X.-Q. Testing of coral sand thermal physical parameters and comparative analysis of prediction models. *Yantu Lixue/Rock and Soil Mechanics*. 2023. Vol. 44. N 3. P. 884–895. DOI: <https://doi.org/10.16285/j.rsm.2022.1321>
3. Zhao B. W., Zhao Y., Liu H., Li, Y. Q., Duan K. X., Zhang X. Effect of Wheat Straw Biochar on Thermophysical Properties of Loessial Soil. *Nature Environment and Pollution Technology*. 2021. Vol. 20. N 3. P. 1033–1039. DOI: <https://doi.org/10.46488/nept.2021.v20i03.010>
4. Lunt P. H., Fuller K., Fox M., Goodhew S., Murphy T. R. Comparing the thermal conductivity of three artificial soils under differing moisture and density conditions for use in green infrastructure. *Soil Use and Management*. 2022. Vol. 39. N 1. P. 260–269. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12841>
5. Zhu X., Gao Z., Chen T., Wang W., Lu C., Zhang Q. Study on the Thermophysical Properties and Influencing Factors of Regional Surface Shallow Rock and Soil in China. *Frontiers in Earth Science*. 2022. Vol.10. 864548. DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2022.864548>
6. Bublik S., Semin M., Levin L., Brovka A., Dedyulya I. Experimental and Theoretical Study of the Influence of Saline Soils on Frozen Wall Formation. *Applied Sciences*, 2023. Vol. 13. N 18. 10016. <https://doi.org/10.3390/app131810016>
7. Petcu C., Dobrescu C. F., Dragomir C. S., Ciobanu A. A., Lăzărescu A. V., Hegyi, A. Thermophysical Characteristics of Clay for Efficient Rammed Earth Wall Construction. *Materials*, 2023. Vol. 16. N 17. 6015. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma16176015>

8. Alpar S., Berger J., Rysbaiuly B., Belarbi R. Estimation of soils thermophysical characteristics in a nonlinear inverse heat transfer problem. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2024. Vol. 218. 124727. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124727>
9. Якуба М. С., Горбань В. А. Історичні аспекти створення та особливості функціонування полезахисних насаджень степової зони України. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивуації земель*. 2021. Вип. 50. С. 33–43. DOI: <https://doi.org/10.15421/442104>
10. Dubyna D. V., Ustylenko P. M., Baranovski B. A., Karmyzova L. A. Forest strips of Ukraine in the modern realities, state assessment and ways of their restoration. *Agronomy*. 2023. Vol. 6. N 2. P. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.32819/021205>
11. Wu W., Chen G., Meng T., Li C., Feng H., Si B., Siddique K. H. M. Effect of different vegetation restoration on soil properties in the semi-arid Loess Plateau of China. *Catena*. 2023. Vol. 220. 106630. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106630>
12. Wang J., Zhao W., Wang G., Pereira, P. Afforestation changes the trade-off between soil moisture and plant species diversity in different vegetation zones on the Loess Plateau. *Catena*. 2022. Vol. 219. 106583. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106583>
13. Казаков В. Л., Паранько І. С., Сметана М. Г., Шипунова В. О., Коцюруба В. В., Калініченко О. О. Природна географія Кривбасу. Кривий Ріг: КДПУ, 2005. 156 с.
14. Gorban V. A. Soil thermal properties of forest biogeocenoses in steppe zone as a diagnostic indicator of their soil genesis. *Fundamental and Applied Soil Science*. 2019. Vol. 19. N 1. P. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.15421/041905>
15. Corasaniti S., Coppa P., Potenza M., Bovesecchi G. Probes for Contemporary Measurement of Thermal Conductivity, Thermal Diffusivity, and Convection Heat Transfer. *ASME Journal of Heat and Mass Transfer*, 2023. Vol. 145. N 6. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4056369>
16. Грицан Ю. І. Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище. Д.: ДДУ, 2000. 300 с.
17. Іванько І. А. Екологічна роль світлової структури у формуванні штучних лісових насаджень у степовій зоні України. *Біогеоценологічні дослідження лісів степової зони України*. Д.: Свідлер А.Л., 2016. С. 155–171.
18. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів лівобережного Лісостепу і Степу України. Х.: Майдан, 2011. 360 с
19. Яковенко В. М., Білова Н. А. Біогенне мікроструктурування лісових ґрунтів степової зони України. Дніпро: Середняк Т. К., 2018. 204 с.
20. Avescilla F., Panebianco J. E., Iturri L. A., de Oro L. A., Comas R. N., Buschiazzo, D. E. Dust deposition in agricultural landscapes: Temporal and spatial dynamics along a transect into a natural forest patch. *Aeolian Research*. 2023. Vol. 63–65. 100887. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2023.100887>
21. Liu M., Zhao L., Hu G., Xiao Y., Xiao M., Zhao J., Chu X., Li X. Improved thermal conductivity parameterization of SHAW model in permafrost regions on the Qinghai-Tibet Plateau. *Cold Regions Science and Technology*. 2024. Vol. 218. 104057. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2023.104057>
22. Schjønning P. Thermal conductivity of undisturbed soil – Measurements and predictions. *Geoderma*. 2021. Vol. 402. 115188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115188>
23. Kharel G., Dhakal M., Deb S. K., Slaughter L. C., Simpson C., West C. P. Effect of Long-Term Semiarid Pasture Management on Soil Hydraulic and Thermal Properties. *Plants*. 2023. Vol. 12. N 7. 1491. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12071491>

Стаття надійшла до редакції 20.03.2024

Стаття рекомендована до друку 14.05.2024

V. A. GORBAN, Ph. D. (Biology), Associate Professor,
Head of the Department of Geobotany, Soil Science and Ecology
e-mail: gorvadym@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8288-6153>
Oles Honchar Dnipro National University,
72, Nauki ave., Dnipro, 49010, Ukraine

N. A. BILOVA, DSc (Biology), Professor,
Professor of the Department of Entrepreneurship and Enterprise Economics
e-mail: natalyabilova51@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9136-9076>
University of Customs and Finance,
2/4, V. Vernadskogo Street, Dnipro, 49000, Ukraine

FOREST PLANTATIONS INFLUENCE ON THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SOUTHERN CHERNOZEMS

Purpose. Evaluation of the influence of *Robinia pseudoacacia* L. and *Quercus robur* L. forest plantations on thermal diffusivity, specific heat and thermal conductivity of southern chernozems.

Methods. The thermophysical properties of soils were determined by the method of pulse heating using a specially developed installation and software. Soil temperature in the field was determined on the soil surface and at depths using temperature sensors. Air temperature was measured with a digital anemometer-thermometer-hygrometer Starmeter (ST8021).

Results. The influence of forest plantations on thermophysical properties was performed using soil samples taken from zonal southern chernozems (used as a control), southern chernozems under *R. pseudoacacia* plantations and under *Q. robur* plantations near the city of Zelenodolsk (Kryvorizky district, Dnipropetrovsk region). It was established that the growth of forest plantations led to a decrease in the surface temperature, the temperature at a depth of 50 cm, and the average temperature of the 0–50 cm layer of southern chernozems compared to zonal southern chernozems. The 0–50 cm layer of zonal southern chernozem is characterized by sharper temperature changes compared to southern chernozem under forest plantations. The growth of the forest plantation of *R. pseudoacacia* on the southern chernozem led to an increase in the values of its thermophysical properties of the upper horizons compared to the zonal southern chernozem. The influence of planting *Q. robur* on southern chernozem led to an increase in its thermal diffusivity, a decrease in specific heat, and practically did not lead to changes in thermal conductivity.

Conclusions. The growth of the *R. pseudoacacia* plantation leads to a more pronounced change in the thermophysical properties of southern chernozems compared to the *Q. robur* plantation, especially in the upper horizons of the studied southern chernozems.

KEYWORDS: *thermal diffusivity, specific heat, thermal conductivity, southern chernozem, forest plantations, R. pseudoacacia, Q. robur*

References

1. Medvedev, V. V., Bulyhin, S. Yu., & Vitvitskyi, S. V. (2018). Soil physics. NUBiP, Kyiv. Retrieved from <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b7cce2be-3af2-4e13-a6af-cb605534aa61/content> (in Ukrainian)
2. Yun, P., Hu, M.-J., Ying, A., Wang, X.-Q. (2023). Testing of coral sand thermal physical parameters and comparative analysis of prediction models. *Yantu Lixue/Rock and Soil Mechanics*, 44(3), 884–895. <https://doi.org/10.16285/j.rsm.2022.1321>
3. Zhao, B. W., Zhao, Y., Liu, H., Li, Y. Q., Duan, K. X., & Zhang, X. (2021). Effect of Wheat Straw Biochar on Thermophysical Properties of Loessial Soil. *Nature Environment and Pollution Technology*, 20(3), 1033–1039. <https://doi.org/10.46488/nept.2021.v20i03.010>
4. Lunt, P. H., Fuller, K., Fox, M., Goodhew, S., & Murphy, T. R. (2022). Comparing the thermal conductivity of three artificial soils under differing moisture and density conditions for use in green infrastructure. *Soil Use and Management*, 39(1), 260–269. <https://doi.org/10.1111/sum.12841>
5. Zhu, X., Gao, Z., Chen, T., Wang, W., Lu, C., & Zhang, Q. (2022). Study on the Thermophysical Properties and Influencing Factors of Regional Surface Shallow Rock and Soil in China. *Frontiers in Earth Science*, 10, 864548. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.864548>

6. Bublik, S., Semin, M., Levin, L., Brovka, A., & Dedyulya, I. (2023). Experimental and Theoretical Study of the Influence of Saline Soils on Frozen Wall Formation. *Applied Sciences*, 13(18), 10016. <https://doi.org/10.3390/app131810016>
7. Petcu, C., Dobrescu, C. F., Dragomir, C. S., Ciobanu, A. A., Lăzărescu, A. V., & Hegyi, A. (2023). Thermophysical Characteristics of Clay for Efficient Rammed Earth Wall Construction. *Materials*, 16(17), 6015. <https://doi.org/10.3390/ma16176015>
8. Alpar, S., Berger, J., Rysbauly, B., & Belarbi, R. (2024). Estimation of soils thermophysical characteristics in a nonlinear inverse heat transfer problem. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 218, 124727. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124727>
9. Yakuba, M. S., & Gorban, V. A. (2021). Historical creations aspects and functioning features of field protective forest plantations in the steppe zone of Ukraine. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 50, 33–43. <https://doi.org/10.15421/442104> (in Ukrainian)
10. Dubyna, D. V., Ustymenko, P. M., Baranovski, B. A., & Karmyzova, L. A. (2023). Forest strips of Ukraine in the modern realities, state assessment and ways of their restoration. *Agrology*, 6(2), 38–44. <https://doi.org/10.32819/021205>
11. Wu, W., Chen, G., Meng, T., Li, C., Feng, H., Si, B., & Siddique, K. H. M. (2023). Effect of different vegetation restoration on soil properties in the semi-arid Loess Plateau of China. *Catena*, 220, 106630. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106630>
12. Wang, J., Zhao, W., Wang, G., & Pereira, P. (2022). Afforestation changes the trade-off between soil moisture and plant species diversity in different vegetation zones on the Loess Plateau. *Catena*, 219, 106583. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106583>
13. Kazakov, V. L., Paranko, I. S., Smetana, M. G., Shipunova, V. O., Kotsyruba, V. V., & Kalinichenko, O. O. Natural geography of Kryvbas (2005). KDPU, Kryvyi Rih. (in Ukrainian)
14. Gorban, V. A. (2019). Soil thermal properties of forest biogeocenoses in steppe zone as a diagnostic indicator of their soil genesis. *Fundamental and Applied Soil Science*, 19(1), 26–30. <https://doi.org/10.15421/041905>
15. Corasaniti, S., Coppa, P., Potenza, M., & Bovesecchi, G. (2023). Probes for Contemporary Measurement of Thermal Conductivity, Thermal Diffusivity, and Convection Heat Transfer. *ASME Journal of Heat and Mass Transfer*, 145(6). <https://doi.org/10.1115/1.4056369>
16. Grytsan, Yu. I. (2000). Ecological foundations of the transforming effect of forest vegetation on the steppe environment. DSU, Dnipropetrovsk. (in Ukrainian)
17. Ivanko, I. A. (2016). The ecological role of light structure in the formation of artificial forest plantations in the steppe zone of Ukraine. *Biogeocenological studies of the forests of the steppe zone of Ukraine*. Svidler A.L., Dnipro, 155–171 (in Ukrainian)
18. Dehtiarov, V. V. (2011). Humus of chernozems of the left-bank forest-steppe and steppe of Ukraine. Maidan, Kharkiv, 360 (in Ukrainian)
19. Yakovenko, V. M., & Bilova N. A. (2018). Biogenic microstructuring of forest soils of the steppe zone of Ukraine. Serdiuk T.K., Dnipro, 204 (in Ukrainian)
20. AVECILLA, F., PANEBIANCO, J. E., ITURRI, L. A., DE ORO, L. A., COMAS, R. N., & BUSCHIAZZO, D. E. (2023). Dust deposition in agricultural landscapes: Temporal and spatial dynamics along a transect into a natural forest patch. *Aeolian Research*, 63–65, 100887. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2023.100887>
21. Liu, M., Zhao, L., Hu, G., Xiao, Y., Xiao, M., Zhao, J., Chu, X., & Li, X. (2024). Improved thermal conductivity parameterization of SHAW model in permafrost regions on the Qinghai-Tibet Plateau. *Cold Regions Science and Technology*, 218, 104057. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2023.104057>
22. Schjønning, P. (2021). Thermal conductivity of undisturbed soil – Measurements and predictions. *Geoderma*, 402, 115188. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115188>
23. Kharel, G., Dhakal, M., Deb, S. K., Slaughter, L. C., Simpson, C., & West, C. P. (2023). Effect of Long-Term Semiarid Pasture Management on Soil Hydraulic and Thermal Properties. *Plants*, 12(7), 1491. <https://doi.org/10.3390/plants12071491>

The article was received by the editors 20.03.2024
The article is recommended for printing 14.05.2024