

STUDY OF THE INFLUENCE OF SOIL COMPACTION ON ITS MAIN PROPERTIES

O. Nalobina^{1*}, M. Holotiuk¹, V. Puts²

¹National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

²Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES

AM
CM

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

ABSTRACT

The main problems of agriculture are: destruction of soil structure and soil compaction; water and wind erosion of soils; loss of humus; destruction of soil ecosystems. Soil degradation is a modern problem. One of the causes of soil degradation is compaction. Soil compaction in fields is a consequence of the use of heavy agricultural machinery. During crop cultivation, machine tractor units make 5–15 passes through the field, compacting the top and subsoil layers of the soil. During pre-sowing tillage and sowing, the running systems of the agricultural machines cover up to 80% of the field area. This leads to the deterioration of aeration, the conditions for the life of effective soil micro-organisms and the absorption of nutrients from the soil by plants, and as a result to the deterioration of the development of the root system of plants. The article presents the results of the evaluation of the density index of the grey-podzolized light loam soil at different depths in the field conditions of the farm of the Rivne region (Ukraine) and the influence of soil compaction on its physical and mechanical and biotic properties. The research was carried out as part of the first stage of the project, which is being implemented in accordance with cooperation agreements with leading agricultural enterprises of the Rivne region (Ukraine). The soil density indicator was determined in the track of wheeled tractors and a tractor with a crawler-track system after one, two, and three passes. It was found that the greatest increase in soil density was observed at a depth of 20–30 cm after the first tractor pass, regardless of the type of running system. After the second and especially after the third pass, compaction increases at different depths when tractors with different running systems are used. The effect of changes in soil density on its water permeability was evaluated. The influence of soil density on its biotic properties was studied.

Key words:

soil,
impact of equipment on soil,
soil density,
soil water permeability,
soil biotic properties

Article history:

Received 30.04.2023

Accepted 01.06.2023

*Corresponding author:

o.o.nalobina@nuwm.edu.ua

DOI: 10.36910/acm.vi49.1017

To cite this article:

Nalobina, O., Holotiuk, M., & Puts, V. (2023). Study of the influence of soil compaction on its main properties. *Agricultural Machines*, 49, 39-45. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1017>

УДК 624.131.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ НА ЙОГО ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

О.О. Налобіна^{1*}, М.В. Голотюк¹, В.С. Пуць²

¹Національний університет водного господарства та природокористування,
Рівне, Україна

²Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

AGRICULTURAL MACHINES



СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Основними проблемами землеробства є: руйнування структури та ущільнення ґрунту; водна та вітрова ерозія ґрунтів; втрата гумусу; руйнування ґрунтових екосистем. Деградація ґрунтів – це проблема сучасності. Одним із факторів, що спричиняє деградацію ґрунтів є ущільнення. Ущільнення ґрунту на полях є наслідком використання важкої сільськогосподарської техніки. Під час вирощування сільськогосподарських культур машинно-тракторні агрегати здійснюють 5–15 проходів полем, ущільнюючи орний та підорний шари ґрунту. Це спричиняє погіршення аерації, умов життєдіяльності ефективних ґрунтових мікроорганізмів та поглинання рослинами елементів живлення із ґрунту і, як наслідок, спричиняє погіршення розвитку кореневої системи рослин. У статті викладено результати оцінювання показників щільності сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту на різних глибинах у польових умовах господарств Рівненської області (Україна) та впливу ущільнення ґрунту на його фізико-механічні та біотичні характеристики. Дослідження проходили в рамках першого етапу реалізації проекту, який виконується згідно з угодами щодо співпраці із провідними аграрними господарствами Рівненської області (Україна). Показник щільності ґрунту визначався в колії колісних тракторів та трактора з гусеничною ходовою системою після одного, двох і трьох проходів. Встановлено, що найбільше зростання щільності ґрунту спостерігається на глибині 20–30 см після першого проходу трактора незалежно від виду ходової системи. Після другого та, особливо, третього проходів ущільнення, за умови використання тракторів із різною ходовою системою, зростає на різних глибинах. Проведено оцінювання впливу зміни щільності ґрунту на його водопроникність. Досліджено вплив щільності ґрунту на його біотичні характеристики.

Ключові слова:

ґрунт,
вплив техніки на ґрунт,
щільність ґрунту,
водопроникність ґрунту,
біотичні характеристики ґрунту

Історія публікації:

Отримано 30.04.2023

Затверджено 01.06.2023

*Автор для листування:

o.o.nalobina@nuwm.edu.ua

DOI: 10.36910/acm.vi49.1017

Цитувати цю статтю:

Налобіна, О. О., Голотюк, М. В., & Пуць, В. С. (2023). Дослідження впливу ущільнення ґрунту на його основні характеристики. *Сільськогосподарські машини*, 49, 39-45. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1017>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Ущільнення ґрунту – це процес, який зменшує порожнечу між його частинками та наближає їх одна до одної, внаслідок чого збільшується щільність. Здатність ґрунту чинити опір ущільненню залежить від його структури і вологості. Наприклад, ущільнення лише незначною мірою впливає на ґрунти з піщаним механічним складом (Horn et al., 1995). Сприйнятливості ґрунту до ущільнення зменшується зі збільшенням вмісту органічної речовини. Це сприяє стійкості ґрунту до деформації або підвищує його еластичність. Ущільнення ґрунту збільшується за його підвищеної вологості, що характерно для глинистих ґрунтів (Smith et al., 1997).

Ущільнення ґрунту може відбуватися природним шляхом внаслідок висихання та під впливом низьких температур або штучно – внаслідок впливу важкої техніки (Batey, 2009). Механізація рослинництва характеризується багаторазовими проходками техніки полем. Це спричиняє ущільнення ґрунту і, як наслідок, погіршення фізико-механічних і агрофізичних властивостей ґрунту. Ступінь ущільнення ґрунту технічними засобами визначається масою машино-тракторного агрегата та міцністю ґрунтів (Yavuzcan et al., 2005). Міцність ґрунту залежить від вмісту у ньому води та органічних речовин. Важливими параметрами, що впливають на ущільнення ґрунту, як зазначають дослідники, також є кількість та розмір шин сільськогосподарських тракторів, що рухаються полем, а також швидкість їхньої взаємодії з ґрунтом (Sakai et al., 2008). Ущільнення ґрунту зростає зі збільшенням кількості проходів транспортних засобів полем. Зокрема, найбільше ущільнення відбувається після двох проходів техніки. Найбільше ущільнення, зазвичай, має місце на глибині 10–30 см у вологому ґрунті (Aloui & Disereus, 2011).

Ущільнення впливає на пористість ґрунту, зменшуючи макропори до мезопор, а потім – до мікропор (Vetten, 2014). Зменшення макропористості ґрунту знижує гідравлічну провідність та повітропроникність ґрунту. Ущільнення ґрунту зменшує рух повітря і води внаслідок збільшення насипної щільності та зменшення об'єму макропор. Крім того, зменшення пористості знижує швидкість інфільтрації води і повітропроникність ґрунту,

а це впливає на кругообіг вуглецю та азоту в ньому (Nawaz et al., 2013).

Дослідження впливу ущільнення ґрунту на його якість є актуальними на сьогодні. Зокрема, це пов'язано із застосуванням важкої сільськогосподарської техніки масою до 80 т. Великогабаритна техніка дозволяє вчасно обробляти значні площі, висівати культури та збирати урожай, зводити до мінімуму його втрати, що пов'язані з погодними умовами. Ширина захвату сільськогосподарських машин зростає від одного-двох рядків до 20 та більше (наприклад, сівалка Kinze 3700 – 24-х рядна), що спричиняє значне ущільнення ґрунту.

Результати досліджень явища ущільнення ґрунту висвітлені в багатьох наукових працях. Дослідники намагалися вивчити та кількісно оцінити основні фізичні, а також біотичні властивості різних типів ґрунтів за різних режимів землекористування. Зокрема, увага зверталася на фактори, які характеризують процес ущільнення ґрунтів. Також науковці ставили за мету кількісно оцінити широкий спектр параметрів, якими можна оцінити наслідки ущільнення ґрунту, встановити їхній можливий взаємозв'язок із практикою землекористування.

Мета дослідження – дослідити у польових умовах вплив ущільнення ґрунту на фізико-механічні та біотичні характеристики ґрунту, що дозволить сформувати базу даних по агрогосподарствах Рівненської області (Україна) для подальшої формалізації процесу ущільнення ґрунту та створення математичних моделей, які розкривають сутність цього процесу.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Під час дослідження використовували загальноприйняті методики (Гаськевич та ін., 2021), а саме, вимірювання щільності ґрунту проводили за методом Качинського. Для дослідів використовували бур (сталевий циліндр), об'єм циліндра – 100 см³. На місці відбирання проб зрізали рослинність та вирівнювали поверхню ґрунту. В отвір спрямовувача закладали циліндр, який різким вертикальним рухом втулки вдавливали у ґрунт на всю його висоту. Для кращого занурення циліндра у ґрунт стінки циліндра попередньо змазували вазеліном. У тих випадках, коли зразки відбирали на сухих та

дуже щільних ґрунтах, то по головці втулки вдарили дерев'яним молотком. Циліндр після занурення повністю заповнювали ґрунтом без його ущільнення. Якщо циліндр під час занурення в ґрунт перекошувався, зразок вибраковували та відбирали новий. Після занурення циліндра у ґрунт спрямовувач знімали. Виступ ґрунту над тильним краєм циліндра зрізали гострим ножом та закривали кришкою. Навколо циліндра обкопували ґрунт з усіх боків ножом або лопаткою. Ґрунт під циліндром підрізали таким чином, щоб залишався виступ ґрунту. Циліндр із ґрунтом піднімали, перевертали кришкою донизу і гострим ножом зрізали надлишок ґрунту врівень із ріжучим краєм циліндра, не допускаючи сколу ґрунту. Циліндр із зовні очищали від ґрунту, знімали кришку і ставили верхнім неріжучим краєм над відкритим алюмінієвим бюксом. Ґрунт виштовхували за допомогою спеціального шомпола, а залишки всередині циліндра відколювали та зсипали у цей же бюкс. Виштовхували ґрунт із циліндра в бюкс над аркушем чистого паперу. Частинки ґрунту, що впали на аркуш, зсипали у бюкс, після чого його закривали кришкою та упакували (Гаськевич та ін., 2021).

Кількість дощових черв'яків у ґрунті визначали шляхом розкопування та огляду проб ґрунту. Розмір зразків ґрунту, що підлягали огляду, приймався 50×50 см. Зразки ґрунту викопували лопатою та вкладали на плівку. Ґрунт перебирали вручну, черв'яків вкладали в контейнер для визначення їх кількості. Водопроникність ґрунту у польових умовах визначали з використанням методу рам (Гаськевич та ін., 2021).



На підставі аналізу літературних джерел були сформульовані концептуальні висновки для перевіряння впливу ущільнення ґрунту на його фізичні та біотичні властивості:

- передбачається, що опір ґрунту, який досліджується, проникненню води позитивно корелюватиме з ущільненням;
- на ущільнених ділянках ґрунту зменшується вміст органічних речовин;
- ущільнення ґрунту спричиняє зменшення кількості живих організмів у ньому;
- проникність вологи зменшується через ущільнення ґрунту;
- щільність позитивно корелюватиме з числом проходів трактора.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження проводилися упродовж двох років у господарствах Рівненської області (Україна) у польових умовах. Ґрунт на експериментальних ділянках господарств – сірий опідзолений легкосуглинковий.

У процесі виконання польових робіт ущільнення ґрунту відбувалося колісними та гусеничними тракторами. У господарствах використовувалися трактори:

- Claas 850 Axion (потужність – 171 кВт, маса – 8096 кг);
- John Deere 6195M (потужність – 151 кВт, маса – 7500 кг);
- Fendt Vario 900MT (потужність – 317 кВт, маса – 15169 кг).

Щільність ґрунту визначалася як за загальним фоном, так й після проходження тракторів у центральній зоні сліду (рис. 1). Результати досліджень подані в таблиці.



Рис. 1 – Ущільнення ґрунту після проходження сільськогосподарської техніки

Таблиця – Середні значення щільності ґрунту після першого, другого та третього проходів тракторів

Глибина ґрунту	Щільність ґрунту, г/см ³									
	початкова	після проходження трактора Claas 850 Axion			після проходження трактора John Deere 6195M			після проходження трактора Fendt Vario 900 MT		
		кількість проходів			кількість проходів			кількість проходів		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0–10	1,143	1,288	1,403	1,422	1,249	1,398	1,401	1,303	1,427	1,438
10–20	1,185	1,304	1,411	1,430	1,298	1,401	1,426	1,341	1,436	1,459
20–30	1,166	1,336	1,450	1,471	1,322	1,422	1,443	1,369	1,456	1,465
30–40	1,143	1,249	1,448	1,462	1,203	1,418	1,437	1,251	1,361	1,409
40–50	1,140	1,216	1,458	1,469	1,212	1,407	1,439	1,261	1,351	1,401

Під час досліджень упродовж другого року визначені закономірності зростання (у відсотках) щільності ґрунту на різній глибині залежно від кількості проходів тракторів (рис. 2). Встановлено, що ущільнення ґрунту збільшилося на 6,60–7,80% порівняно з першим роком досліджень для випадку використання колісних тракторів та на 6,47–7,92% – у випадку використання гусеничного трактора значно більшої маси. Причому, найбільший відсоток зростання ущільнення спостерігався на глибині 20–30 см після першого проходу та 30–40 см – після другого й третього проходів.

Крім того, для генетичної, агрономічної та меліоративної характеристики ґрунту важливо знати його водопроникність, від якої залежить

ступінь поглинання ґрунтом атмосферних опадів або поливних вод, формування поверхневого та внутрішнього ґрунтового стоку води, інтенсивність процесів водної ерозії, формування генетичних горизонтів тощо (Гаськевич та ін., 2021). Ущільнення ґрунту обмежує рух води вниз, що спричиняє перенасичення водою верхніх шарів ґрунту, а це може викликати нестачу кисню для коренів рослин (рис. 3) (Агроном, 2020). Результати досліджень зміни водопроникності ґрунту від його щільності представлено на рис. 4. Водопроникність – мінлива характеристика, яка залежить від багатьох факторів, а саме: механічного складу ґрунту, його структурного стану, пористості, щільності, вологості та інших властивостей.

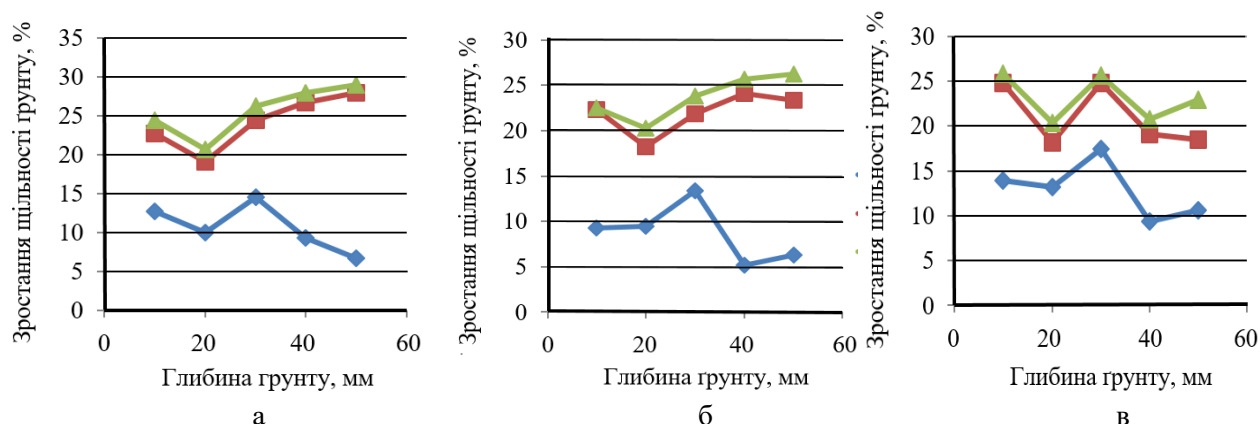


Рис. 2 – Закономірності зростання щільності ґрунту на різній глибині залежно від кількості проходів тракторів Claas 850 Axion (а), John Deere 6195M (б) та Fendt Vario 900 MT (в):

— 1 – без проходу трактора; — 2 – після 1 проходу трактора; — 3 – після 2 проходів трактора

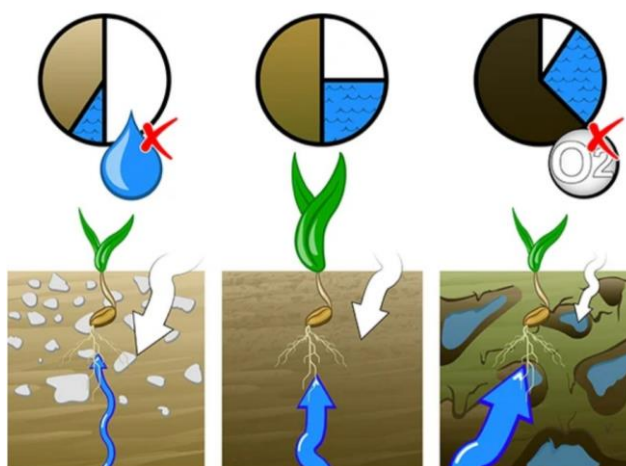


Рис. 3 – Аерація ґрунту (Агроном, 2020)

Для формалізації процесу ущільнення ґрунту необхідно враховувати вплив щільності ґрунту на біоту. З цією метою встановлено закономірність впливу щільності ґрунту на кількість черв'яків у ньому (рис. 5). Зі збільшенням кількості проходів тракторів

зменшується кількість живих організмів (черв'яків) у ґрунті. Після трьох проходів тракторів Claas 850 Axion та John Deere 6195M кількість черв'яків зменшилася на 56,25%, а після трьох проходів трактора Fendt Vario 900 MT – зменшення черв'яків відбулося на 62,5%.

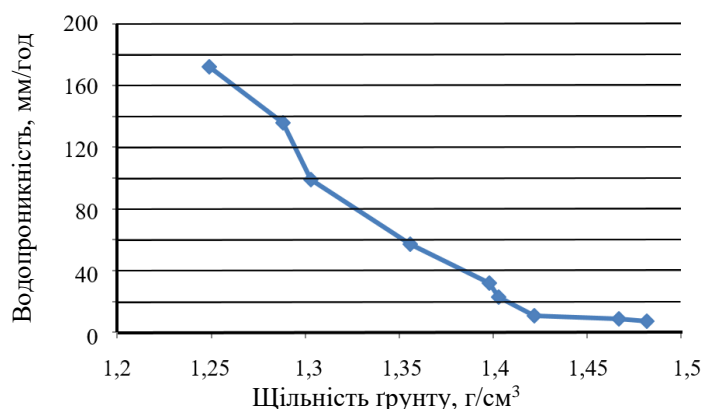


Рис. 4 – Графік зміни водопроникності ґрунту від його щільності

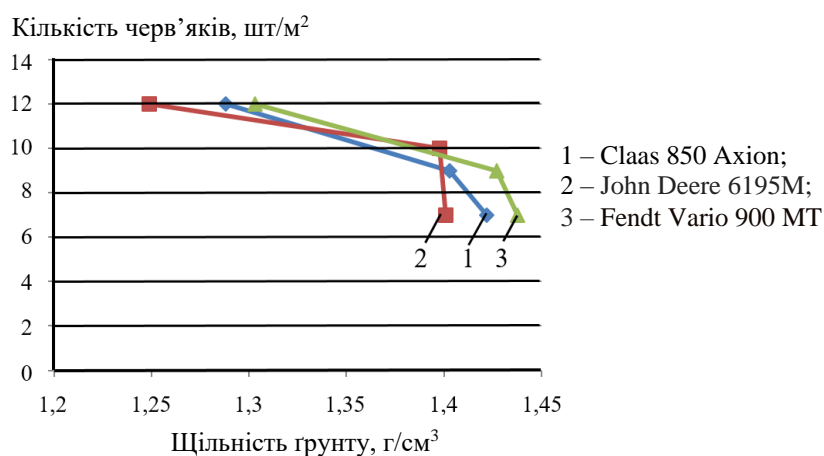


Рис. 5 – Кількість черв'яків на 1 м² ґрунту залежно від його щільності (після триразового проходження тракторів)

ВИСНОВКИ

За результатами дослідження впливу ущільнення ґрунту на його фізико-механічні та біотичні характеристики встановлено, що:

- щільність ґрунту збільшується із збільшенням кількості проходів тракторів;

- найбільше зростання щільності ґрунту спостерігається на глибині 20–30 см після першого проходження трактора незалежно від виду ходової системи;

- після третього проходження трактора закономірності зростання щільності ґрунту різні для тракторів із колісною та гусеничною ходовими системами;

- найбільша щільність ґрунту після проходження тракторів: на глибині 40–50 см – для колісного трактора; на глибині 30–40 см – для гусеничного трактора з гумо-еластичною гусеницею;

- зі збільшенням щільності ґрунту його водопроникність зменшується;

- зі збільшенням кількості проходів трактора полем зменшується кількість живих організмів (черв'яків) у ґрунті; після трьох проходів тракторів Claas 850 Axion та John Deere 6195M кількість черв'яків зменшилася на 56,25%, а трактора Fendt Varjo 900 MT – на 62,5%.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Alaoui, A., & Diserens, E. (2011). Changes in soil structure following passage of a tracked heavy machine. *Geoderma*, 163(3-4), 283-290.
- Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management – a review. *Soil Use and Management*, 25(4), 335-345.
- Horn, R., Domzłal, H., Słowińska-Jurkiewicz, A., & Van Ouwerkerk, C. (1995). Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research*, 35(1), 23-36.
- Nawaz, M. F., Bourrié, G., & Trolard, F. (2013). Soil compaction and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 291-309. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0071-8>
- Sakai, H., Nordfjell, T., Suadcani, K., Talbot, B., & Bøllehuus, E. (2008). Soil compaction on forest soils from different kinds of tires and tracks and possibility of accurate estimate. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29(1), 15-27.
- Smith, C., Johnston, M., & Lorentz, S. (1997). Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I. The effect of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. *Soil and Tillage Research*, 41(1), 53-73.
- Vetten, L. D. (2014). *A comparison of methods assessing soil compaction on black vertosols*. South-Eastern Queensland, Australia.
- Yavuzcan, H. G., Matthies, D., & Auernhammer, H. (2005). Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: impacts of tillage method and soil water content. *Soil and Tillage Research*, 84(2), 200-215.
- Агроном. (2020). Як щільність ґрунту впливає на урожайність с.-г. культур (How the density of the soil affects the yield of agricultural crops). Retrieved April 2, 2023, from <https://www.agronom.com.ua/yak-shhilnist-gruntu-vplyvaye-na-urozhajnist-s-g-kultur/>
- Гаськевич, В. Г., Папіш, І. Я., & Телегуз, О. Г. (2021). *Фізика ґрунтів (Soil physics)*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка.