Розділ 2

ЗЕМЛЕРОБСТВО

УДК 631.431.1

ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ТВЕРДІСТЬ ҐРУНТУ

В. Іванюк, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-6885-9212

Львівський національний аграрний університет

Г. Іванюк, к. геогр. н.

ORCID ID: 0000-0002-8585-7307

Львівський національний університет імені Івана Франка

<https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.033>

Іванюк В., Іванюк Г. Вплив неоднорідності ґрунтового покриття і сільськогосподарських культур на твердість ґрунту

Представлено результати дослідження впливу сільськогосподарських культур на твердість ґрунту на різних глибинах. Встановлено, що величина твердості є оптимальною для розвитку кореневої системи рослин у весняний період, за фізичної стиглості ґрунту. Відзначено зростання твердості на ділянках осінньої оранки порівняно з ґрунтами під пшеницею озимою, ріпаком озимим і сидеральними культурами – викою ярою та редькою олійною. Найменші показники твердості ґрунту зафіксовані під пшеницею озимою – у середньому $4,0 \text{ кгс/см}^2$ ($0,39 \text{ МПа}$). Значної різниці між твердістю ґрунту під викою ярою і редькою дикою не відзначено. Коефіцієнт варіації твердості ґрунту на різних глибинах темно-сірого опідзоленого ґрунту становив $0,33\text{--}0,86 \%$.

Методи обліку показників родючості ґрунту впливають на точність інтерполяції. Очевидно, що зі збільшенням кількості проб зростає репрезентативність даних, проте збільшуються витрати на проведення досліджень. Визначення просторової неоднорідності твердості ґрунту здійснили на полі сівозміни площею 26 га. Експериментальний полігон розбивали на елементарні ділянки площею 1 і 5 га із врахуванням контурів неоднорідності (рельєф, ступінь змитості, вегетаційний індекс). Величини твердості, визначені за неоднорідними зонами, були подібними, коли площа елементарної ділянки в регулярній сітці становила 1 га. Різниця між середнім арифметичним була лише $7,2 \%$, а між показником, отриманим за методом регулярної сітки 5 га, – $11,3 \%$. Просторова неоднорідність твердості ґрунту за різних методів визначення майже не відрізнялась і становила $49\text{--}54 \%$. За такої мінливості ефективним буде використання заходів диференційованого обробітку ґрунту в системі точного землеробства.

Ключові слова: твердість ґрунту, неоднорідність ґрунту, точне землеробство, пшениця озима, ріпак озимий, сидеральна культура.

Ivaniuk V., Ivaniuk H. Impact of the heterogeneity of soil cover and agricultural crops on soil compaction

The article presents results of the research on the impact of agricultural crops on soil compaction at different depth. It is determined that the value of compaction is optimal for development of plant root system in the spring period under the workability of soil. The authors stress on the increase of compaction on the autumn-plowed land plots comparing to the soil under winter wheat, winter rape, and break crops like spring vetch and oilseed radish. The lowest indices of soil compaction were marked in the variant of winter wheat, i.e. 4.0 kgf/cm^2 (0.39 MPa) on average. There was no great difference between the soil compaction under spring vetch and wild radish. The factor of variation of the soil compaction at different depth of dark-grey podzolic soil was equal to $0.33\text{--}0.86 \%$.

The methods of recording of the indices of soil fertility influence the accuracy of interpolation. It is obvious that an increase of the number of tests contributes to the increase of data representativeness, whereas needs more expenses for the research fulfilment. Determination of the spatial heterogeneity of soil compaction was performed on the field of crop rotation area of 26 ha. The demonstration trail was divided into elementary plots of the area of 1 and 5 ha with consideration of the contours of heterogeneity (topography, degree of outwash, vegetation index). The figures of compaction, determined by the heterogeneous zones, were similar when the area of an elementary plot in the regular grid was equal to 1 ha. The difference between the arithmetical mean made only 7.2% , whereas comparing to the index, obtained by the method of regular grid of 5 ha, it was 11.3% . According to different applied methods, the spatial heterogeneity of soil compaction was almost the same and equaled $49\text{--}54 \%$. Under such variability, it is more effective to use the measures of differentiated soil treatment in the system of precision agriculture.

Key words: soil compaction, soil heterogeneity, precision agriculture, winter wheat, winter rape, break crop.

Постановка проблеми. Неоднорідність ґрунтів – важлива виробнича проблема, яка зумовлює неоднаковість у просторі поля властивостей ґрунтів, рівнів забезпечення рослин елементами живлення, режимів вологи і тепла. Через неоднорідність родючості ґрунту окремих частин поля є неоднаковою [5]. Зокрема, наведене твердження стосується й твердості ґрунту. Твердість – одна з найважливіших фізико-механічних властивостей ґрунту. Висока твердість ґрунту часто буває причиною зниження схожості висіяного насіння, чинить механічний опір розвитку кореневої системи рослин, є причиною погіршення водного, повітряного і теплового режимів ґрунту [4]. Із твердістю ґрунту також тісно пов'язана така його важлива технологічна властивість, як питомий опір під час оранки плугом. В оптимальному інтервалі вологи опір ґрунту під час обробітку прямо залежить від його твердості [1].

Твердість залежить від гранулометричного складу, структури, вмісту органічної речовини, вологості, виду і строку попереднього обробітку. На твердість ґрунту впливає склад увібраних катіонів. Чорноземи, насичені кальцієм, мають твердість у 10–15 разів меншу, ніж солонці, які містять значну кількість обмінного натрію [1; 6].

Окрім того, спостерігається висока кореляція між твердістю ґрунту й розвитком кореневої системи рослин [10]. Для успішного проростання насіння і розвитку корінців 1-го порядку бажано, щоб твердість не перевищувала 10 кгс/см², а для дрібнонасінних культур – не більше 5–7 кгс/см² [6].

Для вимірювання твердості ґрунтів застосовують пенетрометри – пристрої, призначені для введення в ґрунт металевих тіл (плунжерів) певної форми з мінімальним порушенням будови ґрунту. За допомогою них можна достатньо легко та швидко визначити твердість ґрунту на різних глибинах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, проведені на дерново-літогенному ґрунті, який сформований на лесоподібних суглинках, показали, що середнє значення твердості ґрунту з глибиною зростає. На поверхні ґрунту вона становила 3,99±0,11 МПа, а на глибині 50 см – 9,73±0,27 МПа. Коефіцієнт кореляції був найвищий у верхньому шарі (40,79 %) й знижувався більше, ніж удвічі на глибині 15–20 см (18,51 %), а на глибині 25–50 см коливався в межах 33,26–37,88 % [2; 3].

У своїх дослідженнях автори [11] пояснюють строкатість врожаю зерна ячменю яркого (від 4,0 до 11,5 т/га) варіабельністю твердості ґрунту.

Була встановлена досить чітка закономірність: урожай був вищим там, де менша твердість. Одночасно було встановлено відмінності в динаміці розвитку корневих систем упродовж вегетації.

Нерівномірність розподілу показників родючості ґрунту та урожайності культур на полі може варіювати в значних межах: для кислотності ґрунту – це 10 %, для урожайності – 8–29 %. Просторова мінливість рухомого фосфору залежить від кількості елементарних ділянок на певній площі. Якщо їх є три, коефіцієнт варіації становить 24, 10–13, 20–11 % [7].

Як зазначено у [12], просторові значення кислотності ґрунту найближчі, якщо відбір змішаного зразка (проби) проводиться з урахуванням зон неоднорідності, достатньо щільної регулярної сітки (площа елементарної ділянки близько 1 га).

Постановка завдання. Вплив рослинності на твердість ґрунту вивчали на дослідному полі факультету агротехнологій та екології Львівського національного аграрного університету (координати середини облікової ділянки – 49°54'14"N, 24°06'09"E). Ґрунт – темно-сірий опідзолений легко-суглинковий на лесоподібних суглинках. Твердість ґрунту визначали навесні, у період посіву ярих зернових культур. Метою дослідження було вивчення впливу пшениці озимої, ріпаку озимого і сидеральних культур (вика яра, редька олійна) на твердість ґрунту порівняно з поверхнею, вільною від рослинності (оранка на глибину 20–22 см).

Просторову неоднорідність твердості ґрунту визначали на полі ФГ «Дзвін» Львівської області; площа поля – 26 га. Ґрунт – дерново-слабопідзолистий глеюватий вторинно насичений супіщаний на водно-льодовикових відкладах, підстелених з глибини 1,0–1,5 м елювієм мергелів. Експериментальний полігон (координати центру полігону – 49°58'49"N, 24°50'48"E) розбивали на елементарні ділянки площею 1 і 5 га із врахуванням контурів неоднорідності (рельєф, ступінь змитості, вегетаційний індекс). Заміри проводили в центрі елементарної ділянки, або зони, у шестиразовій повторності (рис. 1).

Виклад основного матеріалу. За [6], оптимальною є твердість ґрунту до 20 кгс/см², коли коріння рослин легко проникає у ґрунт. Якщо на глибині 7–12 см твердість ґрунту перевищує 10 кгс/см², необхідно проводити передпосівний обробіток ґрунту, якщо >20 кгс/см² – глибокий передпосівний. За наявності плужної підшви, твердість якої становить понад 40 кгс/см², необхідно не менше, ніж один раз у сівозміні застосовувати глибокий чизельний обробіток [6].

Рис. 1. Щільність регулярної сітки для визначення твердості ґрунту з різною площею елементарної ділянки:
а – 1 га; б – 5 га.

Навесні, на час настання фізичної стиглості ґрунту, навіть на чорноземах типових важкосуглинкових твердість ґрунту коливається у межах 3–10 кгс/см² і є оптимальною для більшості культур [5].

Наші дослідження підтверджують дані інших учених щодо низької твердості ґрунту після осінньо-зимового періоду. Зокрема, на час посіву ярих зернових культур під усіма агрофітоценозами, які ми досліджували, та на ділянці з оранкою твердість була переважно в оптимальних межах (рис. 2). На ділянках із сільськогосподарськими культурами у шарі 0–15 см ґрунту вона становила $0,4 \pm 0,14$ – $0,8 \pm 0,26$ кгс/см², а після оранки – $1,1 \pm 0,59$ – $1,2 \pm 0,53$ кгс/см².

Найменші показники твердості ґрунту зафіксовані під пшеницею озимою – у середньому 4,0 кгс/см². На усіх точках обліку твердість не перевищувала $9,1 \pm 1,25$ кгс/см², тобто коріння розвивається безперешкодно. На ділянках із ріпаком озимим найвища твердість була на глибині 45 см – $14,8 \pm 2,10$ кгс/см². Значної різниці між твердістю ґрунту під викою ярою і редькою дикою не виявлено. Лише на глибині 37 і 45 см на ділянках із редькою твердість нижча, ніж під викою, на 2,3 і 1,0 кгс/см² відповідно.

Після застосування оранки відзначене зростання твердості ґрунту порівняно з іншими варіантами, особливо на глибині понад 30 см. Твердість ґрунту збільшується до $17,9 \pm 2,41$ – $21,7 \pm 1,47$ кгс/см².

Отже, на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах не зафіксовано перевищення нормативних показників для оптимального розвитку кореневої системи навесні (понад 20 кгс/см²). Рослинність сприяє зниженню показників твердості, особливо у глибших шарах ґрунту.

Інформацію про неоднорідність ґрунту дає елементарна одиниця ґрунтового ареалу (поліпедон). Однак навіть у середині поліпедону спостерігається варіація фізичних і хімічних властивостей ґрунту. Це пов'язано зі законом структурної організації ґрунту, який апіорі не може бути однорідним тілом. Адекватне відображення елементарного ґрунтового ареалу може бути лише на детальних ґрунтових картах (масштаб 1:2 000). Площа поліпедону може змінюватись від кількох до сотні тисяч метрів квадратних. Його розмір залежить від мікро- та мезорельєфу, строкатості ґрунтоутворних порід, агровиробничої діяльності [8].

Просторова мінливість окремих ґрунтових властивостей спостерігається навіть на порівняно невеликих територіях. Часто вона є перешкодою, що не дає змоги дійти однозначних висновків щодо ґрунтових процесів. Строкатість зумовлена неоднорідністю рельєфу, материнської породи, нерівномірністю внесення добрив і меліорантів, обробітку ґрунту тощо. Унаслідок цього в межах одного поля спостерігається неоднорідність фізичних, біологічних і агрохімічних властивостей ґрунту [9].

Рис. 2. Зміна твердості ґрунту й стандартне відхилення середньої арифметичної залежно від об'єкта дослідження.

Таблиця

Статистична оцінка неоднорідності твердості ґрунту за різних методів обліку

Глибина відбору зразків ґрунту, см	Середнє значення	Медіана	Розмах коливань	Стандартне відхилення	Дисперсія	Коефіцієнт варіації
Площа елементарної ділянки 1 га						
7	1,6	1,4	2,7	0,65	0,4	0,40
15	1,4	1,4	3,4	0,68	0,5	0,48
22	3,6	3,1	7,9	2,45	6,0	0,68
30	10,7	10,6	17,2	4,29	18,4	0,40
37	10,6	8,7	15,8	4,73	22,3	0,45
45	8,4	7,4	17,4	4,49	20,1	0,53
52	7,4	6,1	21,3	4,52	20,4	0,61
Площа елементарної ділянки 5 га						
7	1,4	1,3	1,4	0,50	0,2	0,36
15	1,1	1,1	1,3	0,48	0,2	0,43
22	3,9	2,7	7,9	3,29	10,9	0,86
30	9,3	9,3	15,1	5,88	34,5	0,63
37	9,0	7,7	13,7	5,02	25,2	0,56
45	7,2	6,0	8,6	3,29	10,8	0,46
52	6,6	5,8	8,4	3,18	10,1	0,48
Врахування неоднорідності ґрунту						
7	1,7	1,5	1,7	0,66	0,4	0,39
15	1,4	1,5	1,2	0,47	0,2	0,33
22	3,7	3,7	6,7	2,26	5,1	0,61
30	11,0	10,4	10,3	3,98	15,8	0,36
37	10,6	9,8	13,7	5,17	26,7	0,49
45	9,5	7,8	16,4	5,35	28,6	0,57
52	9,3	7,7	21,3	6,64	44,0	0,72

Метод і щільність обліку показників родючості ґрунту впливає на точність інтерполяції. Очевидно, що зі збільшенням кількості проб зростає репрезентативність даних, проте збільшуються витрати на проведення досліджень. Облік властивостей ґрунту за допомогою регулярної сітки дає змогу точно врахувати строкатість показників родючості й отримати найкращу ефективність від диференційованих агрозаходів. Для великих господарств, щоб зменшити затрати, замість використання регулярної сітки необхідно задіяти інші способи: дистанційне зондування, електропровідність, карти урожайності тощо.

На час обліку (сівба пшениці ярої) твердість ґрунту була в діапазоні оптимальних значень за різних методів визначення (див. табл.). У варіанті регулярної сітки щільністю 1 га вона становила до глибини 52 см $1,4\text{--}10,7\text{ кгс/см}^2$ і найвищою була на глибинах 30 і 37 см. Коефіцієнт варіації є значущим у всіх шарах ґрунту – $0,40\text{--}0,68$. Із глибини 30 см спостерігається суттєве збільшення показника твердості ґрунту на елементарних ділянках – понад $15,8\text{ кгс/см}^2$. На глибині 22 см зафіксована найсильніша просторова мінливість твердості – коефіцієнт варіації становив $0,61\text{--}0,86$.

Величини твердості, визначені за неоднорідними зонами, були близькими, коли площа елементарної ділянки в регулярній сітці становила 1 га. Різниця між середнім арифметичним – лише 7,2 %, а між показником, отриманим за методом регулярної сітки 5 га, – 11,3 %. Просторова неоднорідність твердості ґрунту за різних методів визначення майже не відрізнялася й становила 49–54 %.

Висновки. Отож, під озимими сільськогосподарськими культурами, а також сидеральними парами з редькою олійною та викою ярою ґрунт має нижчу твердість порівняно з оранкою. У весняний період (за фізичної стиглості) твердість ґрунту до півметрової глибини є оптимальною для розвитку рослин.

Встановлено значну строкатість ґрунтового покриву щодо твердості ґрунту у межах одного поля (26 га). Коефіцієнт варіації твердості за

різних методів визначення становить 49–54 %. За такої мінливості ефективним буде задіяння диференційованого обробітку ґрунту в системі точного землеробства.

Бібліографічний список

1. Бахтин П. У. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. Москва: Колос, 1969. 272 с.
2. Демидов О. А., Кобець А. С., Грицан Ю. І., Жуков О. В. Просторова агроекологія та рекультивация земель: монографія. Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2013. 560 с.
3. Жуков А. В., Задорожная Г. А. Пространственная изменчивость твердости рекультивируемых почв. *Принципы экологии*. 2017. № 3. С. 66–80.
4. Іванюк Г. С. Біопродуктивність ґрунтів. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 350 с.
5. Медведев В. В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 1. Введение в проблему. Харьков: 13 типография, 2007. 296 с.
6. Медведев В. В. Твердость почв. Харьков: Изд. КГІ «Городская типография», 2009. 152 с.
7. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений. Москва: ВНИИА, 2007. 36 с.
8. Папіш І. Я., Ямелинець Т. С. Практикум з картографії ґрунтів. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 450 с.
9. Пліско І. В. Просторово-диференційована система управління якістю ґрунтів (на прикладі рілля України): дис. ... доктора с.-г. наук. Харків, 2019. 469 с. URL: http://www.issar.com.ua/downloads/vak_dyssertacyya_plysko_orygynal.pdf (дата звернення: 29.04.2020).
10. Bengough A. G., McKenzie B. M., Hallet P. D., Valentine T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *J. Exp. Bot.* 2011. № 62. P. 59–68.
11. Bolenius E., Rogstrand G., Arvidsson J., Stenberg B., Thylen L. On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol. *International Soil Tillage Research Organization 17-th Triennial Conference*. Kiel. Germany, 2006. P. 867–870.
12. Joshua Britton Harrell. An evaluation of soil sampling methods in support of precision agriculture in northeastern North Carolina. University of Southern California, 2014. P. 1–73.

Стаття надійшла 30.03.2020