

ТВЕРДІСТЬ ҐРУНТУ - ОПИС СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ПРИБОРІВ

Зубко В.М.¹, д.т.н.,
Комісар Є.О.¹, аспірант
Нупек Roubík², к.т.н.,
Шелест М.С.¹, асистент
Дацько О.М.¹, аспірантка
Гриненко О.А.³, головний конструктор
Жигилій Д.О.⁴, к.т.н.

¹ Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна.

² Чеський університет природничих наук, Прага, Чехія.

³ Українське конструкторське бюро трансмісії та ходової частини, Лозова, Україна.

⁴ Сумський державний університет, Суми, Україна.

Ущільнення ґрунту є суттєвим параметром, який негативно впливає на продуктивність ґрунту, витрати на обробіток, ріст врожаю, урожайність та якість продукції.

Вимірювання ущільнення ґрунту є фактором, що представляє інтерес для моніторингу родючості ґрунту, який відіграє важливу роль у циклі врожаю. Стійкість до проникнення ґрунту є найбільш використовуваним методом вимірювання її ущільнення. Тому що, це швидко і легко, хоча воно має важливі обмеження через його тісний взаємозв'язок із вмістом води у ґрунті та існуванням великої мінливості на полі. Ці фактори вимагають збільшення кількості проб, що вимагає зусиль та часу.

Існує багато різноманітних способів дослідження ущільнення ґрунту на аграрних полях (Nemmat and Adamchuk, 2008). Насипна щільність ґрунту та міцність ґрунту у вигляді механічного опору використовуються для вимірювання ущільнення ґрунту, маючи останній найпоширеніший метод. Серед систем механічного опору найбільш широко застосовується опір проникненню, представлений індексом конуса (СІ), який визначається як сила на одиницю площі, необхідна для проштовхування стандартного конуса через ґрунт. Вимірювання індексу конуса можна проводити за допомогою знарядь, відомих як ґрунтові пенетрометри.

На ґрунти, призначені для рослинництва, зазвичай впливають різні фактори. Двома найважливішими з них є монокультура та використання важкої сільськогосподарської техніки (Hartemink, 1998). Наслідком впливу вищезазначених причин є утворення та збільшення ущільнення ґрунту, що негативно впливає на розвиток рослин. Зазвичай ущільнення ґрунту призводить до зменшення виробництва

продукції рослинництва. Як зазначав Hadas (1997) - це явище оцінюється з точки зору стійкості до пенетрометра, і його негативний вплив варіюється залежно від типу культури. Дослідження деяких авторів доводять, що при нормальному проникненні в ґрунт кореня нульовий опір становить близько 5 МПа. Наприклад, Materechera et al. (1991) встановив цю межу на рівні 5 МПа. В працях Хадас (1997) зазначено про діапазон від 1,6 МПа для кукурудзи до 3,7 МПа для ячменю. Дуйкер (2002) вважав, що ця крайність становить 2,06 МПа (300 фунтів на квадратний дюйм). На жаль, ущільнення ґрунту само по собі ніде не зникає, а є кумулятивним процесом (Keller, 2004). Тобто процес, під час якого сила і швидкість його дії збільшуються і накопичуються.

На сьогоднішній день існує багато різних методів вимірювання щільності ґрунту, починаючи від ручних вимірювань за допомогою пенетрометрів та до сканерів ґрунту, які вимірюють без контакту.

Для вимірювання щільності ґрунтів використовують пенетрометри - прилади, призначені для введення в ґрунт металевих плунжерів певної форми, з як найменшим порушеннями структури ґрунту. За принципом дії пенетрометри бувають динамічними та статичними. У першому з них поршень вводиться в землю при ударі або втраті ваги (маси). Статичні пенетрометри вводять поршень у ґрунт повільно і поступово, без застосування динамічного ефекту.

Вимірювання опору конічного пенетрометра - простий, швидкий і недорогий емпіричний метод, який знайшов широке застосування для моніторингу та оцінки ущільнення ґрунту (Pagliaita in., 2000; Castrignanò та in., 2002).

Перші пенетрометри були введені в агро виробництво з 1960-х років. Вони мали просту будову, де показання реєструвались вручну (Hendrick, 1969). Проте широка універсальність процедури та її здатність отримувати швидкі результати ущільнення ґрунту робили її цінним інструментом для аграрних досліджень, що в свою чергу стало поштовхом до розвитку та вдосконалення приладу. Поступово були розроблені електронні прилади, здатні контролювати опір проникненню через тензодатчики та глибину проникнення за допомогою світлових діодів або ультразвукових датчиків. Вимірювання реєстрували на портативних реєстраторах даних. Тим часом Американське товариство агровиробництва та біології встановлюють стандарти щодо розмірів конуса та швидкості penetрації, щоб отримати порівнянність заходів, вжитих різними дослідженнями (ASABE, 2010).

Вимоги до просторово чітких даних щодо ґрунту з високою роздільною здатністю у трьох вимірах (поперечно та вертикально) зростають. Це викликано рядом наскрізних дисциплін, таких як точне землеробство, моделювання процесів ґрунтових процесів та врожаю та цифрове картографування ґрунту (Verecken et al., 2016). Сьогодні

існує кілька сучасних технологій для ефективною характеристики бічних змін ґрунту. Ці методи включають дистанційне зондування повітря та супутника (Barnes та ін., 2003), датчики поточного ґрунту (Adamchuk та ін., 2004), видимою провідність / опір (Corwin and Lesch, 2003), наземний радар (Lunt та ін., 2005) та γ -промінь (Triantafilis та ін., 2013). Ці технології зазвичай використовуються для створення карт ґрунту з високою роздільною здатністю для фіксації бічної мінливості.

З досягненнями точного землеробства багато дослідників зосередили увагу на просторових варіаціях ущільнення ґрунту (Hemmat and Adamchuk, 2008). Було визнано, що рекомендовані методи безпосереднього вимірювання ущільнення ґрунту вимагають великих зусиль і не вимагають витрат на широкомасштабне картографування полів. Тому більш привабливою альтернативою стало визначення непрямих заходів разом з їх місцем знаходження (географічними координатами) (Gaultney, 1989). У попередні роки були розроблені різні прототипи датчиків ущільнення ґрунту для відображення певних предикторів ущільнення ґрунту. Сучасні системи датчиків ущільнення ґрунту базуються на датчиках міцності ґрунту (Hemmat and Adamchuk, 2008), датчиках проникності рідини (Clement and Stombaugh, 2000), датчиках вмісту води (Alaoui and Helbling, 2006) або не комбінаціях (Mouazen and Roman, 2006).

Для підходів на основі карт у точному землеробстві (ПЗ) використовуються різноманітні сенсорні методи для швидкого збору інформації у польових масштабах. Як мобільна операція, вимірювання на ходу привертає все більшу увагу при дослідженні властивостей ґрунту. Раніше прилади, призначені для постійних вимірювань ґрунту, в основному реалізовувались з використанням окремих датчиків, які могли вимірювати лише один фізичний параметр (Erhardt та ін., 2001).

На сьогоднішній день найбільш ефективною машиною є сканер ґрунту. Він використовується для вимірювання щільності та запису точних координат дослідження. Одним з них на світовому ринку є Topsoil Mapper (2018). Цей пристрій було розроблено австрійською компанією Geoprospectors. Сьогодні Topsoil Mapper (2018) - це найсучасніший і найзручніший сканер. Система дозволяє реєструвати ущільнення, структуру та вологість ґрунту практично в реальному часі. Дані надсилаються на дисплей транспортного засобу, що виконує сканування.

За допомогою Topsoil Mapper (2018) аграрії отримують дані про властивості ґрунту на полях великих площ за відносно не великий проміжок часу. Крім того, реалізовано спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє автоматично створювати карти ґрунтів. Опрацювати отримані дані та отримати результати досить просто.

Ще однією перевагою системи є те, що вона дозволяє контролювати глибину обробітку ґрунту під час роботи. Зібрані дані передаються в режимі реального часу безпосередньо на бортовий

комп'ютер трактора, а потім на землеоброблювальну техніку. Це сприяє поліпшенню екологічної та економічної ефективності сільського господарства.

Датчик ґрунту STEYR SoilXplorer (2018) - ще один безконтактний датчик для картографування та зміни глибини обробітку ґрунту. Він використовує електромагнітні сигнали для вимірювання провідності ґрунту. На цій підставі можна визначити зони типу ґрунту, відносний вміст води, а також зони ущільнення.

Використання ґрунтових сканерів дає можливість швидко зробити аналіз структури ґрунту в режимі реального часу та отримані дані зібрати та зберегти у файли. Також сканування можна проводити при виконанні інших сільськогосподарських робіт. Однак дані машини є не доступними для більшості господарств, через високу вартість.

Аналіз існуючих методів і засобів визначення твердості ґрунту показав, що на сьогоднішній день існує багато різних способів для визначення ущільнень ґрунту. Кожного з них присутні переваги та недоліки. Наприклад, пенетрометри — прості у використанні та не дорогі для проведення аграріям дослідів. Але процес вимірювання займає багато часу. Також отримані дані не дуже зручні в подальшому їхньому використанні. Ще одним з факторів, що впливають на одержувані результати при визначенні твердості ґрунту, є вплив людського фактора. Оскільки велика частина приладів для визначення твердості ґрунту заглиблюється під дією фізичної сили оператора. Це призводить до не точності вимірювань.

Використання ґрунтових сканерів, навпаки, дає можливість швидко зробити аналіз структури ґрунту в режимі реального часу та отримані дані зібрати та зберегти у файли. Також сканування можна проводити при виконанні інших сільськогосподарських робіт. Дані машини є не доступними для більшості господарств, через високу вартість. Тому, на сьогоднішній день є актуальним завданням у розробці більш дешевого методу, на відміну від ґрунтових сканерів, для визначення ущільнення ґрунту, але ж не менш ефективних від них. Що дасть можливість навіть не великим господарствам робити аналіз ґрунту на щільність

Список використаних джерел

1. Nemmat, A., Adamchuk, V.I., 2008. Сенсорні системи для вимірювання ущільнення ґрунту: огляд і аналіз. Комп'ютери та електроніка в сільському господарстві 63: 89–103.

2. Hartemink, A.E., 1998. Хімічні та фізичні властивості ґрунту як індикатори сталого землекористування під цукровою тростиною в Папуа-Новій Гвінеї. Геодерма 85: 283–306

3. Nadas, A., 1997. Обробка ґрунту – бажаний структурний стан ґрунту, отриманий шляхом належної фрагментації ґрунту та процесів переорієнтації. Дослідження ґрунту та обробки ґрунту. 43: 7–40.

4. Duiker, S.J., 2002. Діагностика ущільнення ґрунту за допомогою пенетрометра (тестера ущільнення ґрунту). Факти про агрономію 63. Центр розповсюдження публікацій, Університет штату Пенсільванія, Пенсільванія, с. 4.

5. Keller, T., 2004. Дослідження ущільнення ґрунту та обробітку ґрунту в механіці сільськогосподарських ґрунтів. к.т.н. Дисертація, Шведський університет сільськогосподарських наук, Упсала.

6. Pagliai, M., Marsili, A., Servadio, P., Vignozzi, N., Pellegrini, S., 2000. Зміни деяких фізичних властивостей глинистого ґрунту після проходження гумових гусеничних і колісних тракторів середньої потужності. В: Досвід впливу та запобігання ущільнення ґрунту в Європейському співтоваристві, Арвідссон, Дж., ванденАккер, Дж. Дж. Х., Хорн Р. (ред.). СЛУ РЕПРО 2000. С. 131–144.

7. Castrignanò, A., Maiorana, M., Fornaro, F., Lopez, N., 2002. Просторова та часова мінливість міцності ґрунту та її зміна з часом на політвердих сортів пшениць Південній Італії. Дослідження ґрунту та обробки ґрунту 65 (1): 95–108.

8. Hendrick, J.G., 1969. Реєстраційний пенетрометр ґрунту. Журнал сільськогосподарських інженерних досліджень 14 (2): 183–186.

9. St. Joseph, MI., 2010. ASABE Standards: Standards Engineering Practices Data. Американське товариство сільськогосподарських і біологічних інженерів D271.2.

10. Viscarra Rossel, R.A., Bouma, J., 2016. Зондування ґрунту: нова парадигма для сільського господарства. Аграрні системи 148: 71–74.

11. Barnes, E.M., Sudduth, K.A., Hummel, J.W., Lesch, S.M., Corwin, D.L., Yang, C., Daughtry, C.S.T., Bausch, W.C., 2003. Методи дистанційного та наземного датчика для картування властивостей ґрунту. Фотограмметрична техніка та дистанційне зондування. 69: 619–630.

12. Adamchuk, V.I., Hummel, J.W., Morgan, M.T., Upadhyaya, S.K., 2004. Датчики ґрунту на ходу для точного землеробства. Комп'ютери та електроніка в сільському господарстві 44: 71–91.

13. Corwin, D.L., Lesch, S.M., 2003. Застосування електропровідності ґрунту для точного землеробства. Агрономічний журнал 95: 455–471.

14. Lunt, I.A., Hubbard, S.S., Rubin, Y., 2005. Оцінка вологості ґрунту з використанням наземних радіолокаційних даних. Гідрологічний журнал. 307: 254–269.

15. Triantafilis, J., Gibbs, I., Earl, N., 2013. Цифрове розпізнавання зразків ґрунту в нижній долині Намой за допомогою чисельної кластеризації даних гамма-спектрометрії. Геодерма 192: 407–421.

16. Nemmat, A., Adamchuk, V.I., 2008. Сенсорні системи для вимірювання ущільнення ґрунту: огляд та аналіз. Комп'ютери та електроніка в сільському господарстві 63: 89–103.

17. Gaultney, L.D., 1989. Рецептурне землеробство на основі датчиків властивостей ґрунту, В: Американське товариство сільськогосподарських інженерів, Сент-Джозеф, МІ. Документ № 891036, Американське товариство сільськогосподарських інженерів.

18. Clement, V.R., Stombaugh, T.S., 2000. Розробка датчика ущільнення ґрунту безперервного вимірювання, В: Американське товариство сільськогосподарських інженерів, Сент-Джозеф, штат Мічиган. Документ № 001041, Американське товариство сільськогосподарських інженерів.

19. Alaoui, A., Helbling, A., 2006. Оцінка ущільнення ґрунту за допомогою гідродинамічної зміни вмісту води: порівняння між ущільненим і неущільненим ґрунтом. Геодерма 134 (1/2): 97–108.

20. Mouazen, A.M., Ramon, H., 2006. Розробка он-лайн системи вимірювання насипної щільності на основі онлайн-вимірюної осадки, глибини та вологості ґрунту. Дослідження ґрунту та обробки ґрунту 86: 218–229.

21. Erhardt, J.P., Grisso, R.D., Kocher, M.F., Jasa, P.J., Schinstock, J.L., 2001. Using the Veris Electrical Conductivity Cart as a Draft Predictor, In: American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. Стаття № 01-1012, Американське товариство сільськогосподарських інженерів.

22. Михайло Копецький. 2018. Сканери ґрунту – точні системи для підвищення ефективності сільського господарства. URL: <https://rynok-apk.ru/articles/technology/skanery-pochvy/> [Доступ 03.07.2021]