

УДК 631.37.4

Золотовська Є., канд. техн. наук, Миронов А., канд. техн. наук, Ляпін Л. студ.-магістр (Дніпропетровський державний аграрний університет)

Дослідження теплоізоляції поверхні ґрунту в технології No-till

У статті наведено результати вивчення впливу поверхневого обробітку ґрунту на його щільність. Застосування теплоізоляційного шару на поверхні ґрунту дозволить прогнозувати теплофізичні процеси в конкретних кліматичних умовах. Обґрунтовано методику розрахунку поверхневого обробітку ґрунту.

Ключові слова: щільність, структура, ґрунт, теплофізичні властивості, теплоізоляційний шар, поверхневий обробіток.

Актуальність роботи. На сучасному етапі розвитку сільського господарства одним з важливих завдань є якісний обробіток ґрунту з найменшими енерговитратами, впровадження енергоощадних технологій.

Аналіз наукових праць з поверхневого обробітку ґрунту [1,2] показує, що розпушування поверхні ґрунту полегшує доступ повітря і води в ґрунт. Дрібногрудкувата структура поверхневого шару знижує випаро-

вування вологи – як з поверхні, так і з нижніх шарів ґрунту. Тому в розпушеному ґрунті накопичується волога і відповідно відбувається зміна фізичних властивостей ґрунту.

На сьогодні відсутня науково обґрунтована аналітична теорія щодо системи обробітку ґрунту зі створенням теплоізоляційного шару на поверхні ґрунту та зміною фізичних характеристик ґрунтового профілю.

Покриття ґрунту теплоізоляційним шаром дозволяє в залежності від його фізико-механічних властивостей впливати на весь комплекс факторів, що визначають фізичні умови в ґрунті. Очевидно, що змінюються тепло і масообмінні процеси на межі «ґрунт-повітря», тому, підбираючи відповідний обробіток ґрунту або накопичуючи поживні залишки на поверхні ґрунту, можна активно впливати на режим температури, вологості і щільності ґрунту.

Мета роботи – проаналізувати вплив теплоізоляційного шару за поверхневого обробітку ґрунту на теплофізичні характеристики ґрунтового профілю в технології No-till.

Результати досліджень. Механічний обробіток безпосередньо впливає на структуру ґрунту та розподіл рослинних залишків. Пористість ґрунту визначає кількість повітря і води, яке ґрунт може втримати. Розподіл рослинних залишків впливає на температуру поверхні ґрунту, рівень випарів і вміст води, а також рівень вмісту поживних речовин та інтенсивність гниття.

Під час бробітку ґрунту за технологією No-till створюється теплоізоляційний шар, що регулює ґрунтову температуру, дозволяє утримувати ґрунтову вологу, покращує структуру ґрунту і збільшує відсотковий вміст органічної речовини.

Технологія No-till передбачає теплоізоляцію рослинними залишками. В міру підвищення врожайності сільськогосподарських культур збільшується кількість рослинних залишків. З таблиці 1 випливає, що за врожайності сільськогосподарських культур 10 т/га товщина шару з рослинних залишків щільністю 12,4 кг/м³ становить 0,08 м. На сьогодні фактична врожайність сільськогосподарських культур становить до 3 т/га. Для утворення оптимальних умов термодинамічних процесів товщина шару рослинних решток на поверхні ґрунту має становити близько 0,05 м.

Очевидно, що в технологіях No-till з використанням рослинних залишків шаром 0,016 – 0,032 м забезпечити планову врожайність сільськогосподарських культур буде складно. Тому для створення теплоізоляційного шару на поверхні ґрунту в сільськогосподарській практиці широко використовують спосіб поверхневого розпушування ґрунту з одночасним замішуванням рослинних залишків на глибину 0,05 – 0,08 м. В основі цього технологічного прийому лежить зміна щільності у верхніх шарах ґрунту.

Дослідженням температурного режиму ґрунту та його властивостей [3,4] визначено, що щільність і теплофізичні властивості ґрунту взаємопов'язані. Розподіл температури в ґрунтовому профілі залежить від інтенсивності теплообміну ґрунту з навколишнім середовищем. Отже, темп зміни температури в ґрунті визначається не лише внутрішніми тепловими харак-

теристиками, але й умовами на поверхні ґрунту. За відсутності перешкод для теплообміну на поверхні інтенсивність теплообміну ґрунтового профілю із середовищем визначається його внутрішніми властивостями. Тому коефіцієнт перепаду температур на глибині і на поверхні ґрунту, відповідно до закону Фур'є, залежить від теплових властивостей і пропорційний температуропровідності. Слід зазначити, що теплопровідність істотно залежить від вологості, а отже, і від щільності ґрунту. В ділянках низької вологості вода міцно пов'язана, і процеси теплообміну визначаються кондуктивним механізмом перенесення тепла в ґрунті. Із збільшенням щільності відбувається зростання теплопровідності (рис. 1) [3, 4].

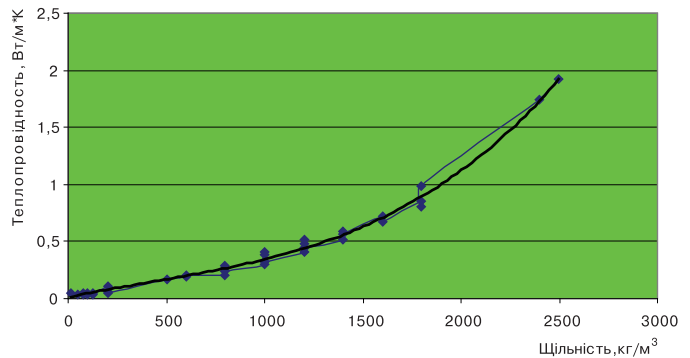


Рис. 1 – Залежність теплопровідності від щільності ґрунтового шару

Від щільності ґрунтового шару залежить урожай культур. Так, в ущільненому ґрунті порозність $\varepsilon = 0,25-0,4$, а значить, в ґрунті недостатньо вологи. Якщо ж ґрунт надміру пухкий ($\varepsilon > 0,7$), поровий простір досить розвинений, внаслідок чого коріння рослин не має контакту з поверхнею твердої фази, де містяться в поглиненому стані багато елементів живлення. Тому для створення оптимального діапазону щільності ґрунту необхідно розглядати механізми і процеси, які забезпечують рослини вологою і повітрям. Якщо піщаний ґрунт буде сипким, зі щільністю менше 1,25 г/см³ (т/м³), то такий ґрунт не здатен утримувати вологу. Однак, якщо щільність піщаного ґрунту перевищить 1,6 г/см³ (т/м³), його повітропроникність буде низькою. ґрунтово-фізичні оптимуми води і повітря в ґрунті, обумовлені ґрунтовою структурою, наведено на рис. 2.

Повітряно-водні властивості і тепловий режим ґрунту залежать також від його фізико-механічного складу. ґрунт складається з елементарних частинок (рис. 3), які з'єднані в складну систему мікро-та макро-агрегатів.

Залежність теплоізоляційного шару від урожайності культур

Урожайність, кг/га	Товщина шару рослинних залишків зі щільністю 12,4 кг/м ³ , м
2000	0,016
4000	0,032
6000	0,048
8000	0,065
10000	0,08



Рис. 2 – Схема структури ґрунту



Рис. 3 – Схема ґрунтової частинки

У землеробстві будь-який мінеральний субстрат умовно ділиться на великозем і дрібнозем. Великозем – це частинки геологічних порід, що мають розмір більше 2 мм. До дрібнозему відносяться всі частинки розмірами менше 2 мм. У свою чергу дрібнозем підрозділяється на "фізичний пісок" (розмір частинок від 0,05 до 2,0 мм), великий пил (0,05–0,002 мм) і "фізичну глину" (менше 0,002 мм). Саме частка "фізичної глини" в загальній масі ґрунту визначає її фізичні властивості і її назву за механічним складом. У піщаних ґрунтах вона не перевищує 10%, в супіщаних – 20%, в легкосуглинистих – 30%, в середньосуглинистих – 40%, а у важкосуглинистих – 45%. Ґрунти з вмістом "фізичної глини" більше 45% (а у південних ґрунтів – більше 50%) називають глинистими. У землеробській практиці піщані і супіщані ґрунти умовно відносяться до "легких", а суглинисті й глинисті – до "важких" [5].

У ґрунтознавстві прийнята класифікація ґрунтів за механічним складом, розроблена Н. А. Качинським [6], за якою всі ґрунти поділяються на категорії в залежності від вмісту в них фізичної глини, тобто частинок розміром менше 0,002 мм. Так, глинистими ґрунтами в зоні підзолистого типу ґрунтоутворення є ґрунти, в яких міститься понад 50% фізичної глини. Суглинисті ґрунти фізичної глини містять від 20 до 50%.

Тому, фізико-механічні властивості ґрунтів мають значення для створення теплоізоляційного шару під час поверхневого обробітку ґрунту.

Дослідження показали, що для утворення оптимальних термодинамічних процесів у ґрунтовому шарі [3, 4, 7] необхідно обґрунтувати методику розрахунку розпушування ґрунту.

За поверхневого обробітку щільність ґрунту [1], кг/м³, визначають за формулою:

$$\rho = \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{2KE}{G^2} + 1 \right), \quad (1)$$

де ρ_0 – об'ємна маса ґрунту, м³/кг, E – модуль пружності ґрунту, кН/м²; K – питомий коефіцієнт опору розпушуванню ґрунту, кН/м²; G – внутрішнє напруження структурних агрегатів розміром δ , кН/м²;

$$\delta = \frac{\sqrt[3]{a \cdot B \cdot K_L}}{\rho_0}, \quad (2)$$

де a – товщина теплоізоляційного шару, м; B – ширина захвату борони, м; K_L – приведений ступінь подрібнення зрізаного пласта суцільного середовища на 1 м його довжини, м; $K_L = 1$ м;

Приймаємо $\varphi_2 = 30^\circ$, $\varphi_1 = 22^\circ$, тоді питомий коефіцієнт запишемо як

У землеробстві будь-який мінеральний субстрат умовно ділиться на великозем і дрібнозем. Великозем – це частинки геологічних порід, що мають розмір більше 2 мм. До дрібнозему відносяться всі частинки розмірами менше 2

$$K = C_{yd} \left(\frac{10,72 \cdot a}{\epsilon} + 2,26 \right) + 0,49 \cdot a \cdot \rho + 1,22 \frac{a}{\epsilon} \cdot C_{yd} + 0,6 \cdot \rho \cdot V^2, \quad (3)$$

де C_{yd} – питоме зчеплення частинок, кН/м²; V – швидкість різання, м/с; ϵ – ширина робочого органу, м.

Із (3) отримуємо товщину теплоізоляційного шару:

$$a = \frac{K - 19,31C_{yd} - 0,6\rho V^2}{0,49\rho}. \quad (4)$$

Результати розрахунків наведено на рис. 4.

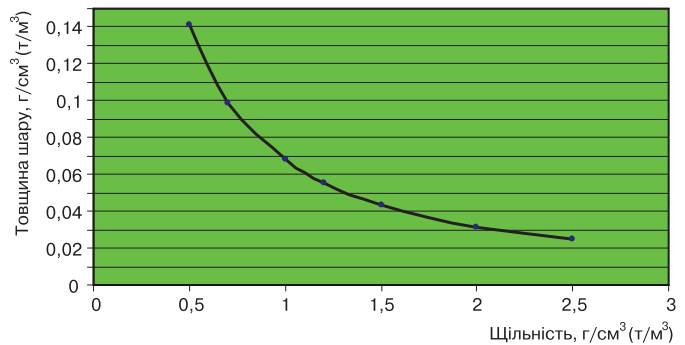


Рис. 4 – Залежність щільності ґрунту від товщини теплоізоляції

Аналіз залежності (рис. 4) показує, що при створенні теплоізоляції поверхневого шару ґрунту товщиною 0,05–0,08 м щільність ґрунту становитиме 0,9–1,3 г/см³ (т/м³). Відомо, що при щільності більше 1,3 г/см³ (т/м³) знижується вміст повітря, необхідного для нормального функціонування коренів рослин. Таким чином, застосовуючи поверхневий обробіток ґрунту з одночасним замішуванням рослинних залишків, можна активно впливати на теплофізичні властивості ґрунту, його температурний режим і вологість, а також знижувати або підвищувати величину акумульованої сонячної радіації за відповідних оптимальних діапазонів щільності ґрунту.

Висновки:

1. Технологія No-till передбачає використання рослинних залишків, кількість яких залежить від врожайності сільськогосподарських культур. З даних таблиці випливає, що для створення теплоізоляційного шару ґрунту і таким чином підтримання оптимальних діапазонів теплофізичних характеристик необхідний його поверхневий обробіток із замішуванням поживних залишків.

2. Як показали дослідження, із зростанням α_p з 10° до 20° щільність ґрунту не змінюється (1,3 г/см³). Оскільки напрямок ліній ковзання вздовж і впоперек зон деформації не змінюється, то $\alpha_p = 35^\circ$ при $v/a = 0,7$. Очевидно, що на величину v/a впливають фізико-механічні властивості і кут внутрішнього тертя φ_2 .

Список літератури

1. Панченко О.М. Теорія подрібнення ґрунтів ґрунтообробними знаряддями / О.М. Панченко. – Дніпропетровськ, 1999. – 140 с.
2. Сисолін П.В. Ґрунтообробні та посівні машини / П.В. Сисолін, П.В. Погорілий. – К.: Фенікс, 2005. – 264 с.
3. Миронов А.С. Оцінка технологій в АПК за допомогою визначення теплофізичного стану ґрунту / А.С. Миронов // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11. – С.36 – 40.

4. Золотовський Є.В. Модель кількісної вологи при зміні теплофізичних параметрів ґрунту / Є.В. Золотовський, А.С. Миронов // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2012. – № 96. – С. 645–653.

5. Шеїн Є.В. Курс фізики ґрунтів / Є.В. Шеїн, Л.О. Карпачевській. – М.: Гриф і К, 2007. – 616 с.

6. Качинський Н.А. Фізика ґрунту / Н.А. Качинський. – М.: Вища школа, 1970. – 358 с.

7. Миронов А.С. Теплоізоляція та вологозберігаючі технології в рослинництві/ Миронов А.С., Сироватко В.А., Можаренко М.Н. // Вісник ДДАУ. – 2009. – № 2. – С. 36-39.

Анотація. В статтю представлені результати досліджень по вивченню впливу поверхнової

обробки ґрунту на її щільність. Применение тепло-изоляционного слоя на поверхности почвы позволит прогнозировать теплофизические процессы в конкретных климатических условиях. Обоснована методика расчета поверхностной обработки почвы.

Summary. In the article the results of researches are presented on the study of influence of superficial treatment of soil on its closeness. Application of heat-insulation layer on-the-spot soil will allow to forecast thermophysical processes in concrete climatic terms. The method of calculation of superficial treatment of soil is grounded.

Стаття надійшла до редакції 11 грудня 2012 р.