

УДК 631.37.4
© 2017

**О.С. МИРОНОВ,
О.В. ЗОЛОТОВСЬКА,**
кандидати технічних наук

О.О. МІЩЕНКО,
студент

Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет,
Україна
E-mail: alonaz197@ukr.net
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро

**ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ,
ЩІЛЬНОСТІ, ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ
В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ**

Наведено результати експериментальних досліджень накопичення вологи в ґрунті. Виконано обробку експериментальних показників температур на поверхні та в глибині ґрунту. Побудовано діаграму залежності відносної вологості на поверхні ґрунту, щільності, твердості ґрунту від відношення температур на поверхні та в глибині ґрунту. Діаграма дає можливість визначати закономірність утворення ґрунтової вологи, прогнозувати водні і теплові властивості ґрунту. Використання оцінки теплофізичного стану ґрунту дозволяє оперативно приймати оптимальні рішення щодо обробітку ґрунту, управління формуванням сталого врожаю вирощуваних культур.

Ключові слова: відносна вологість, щільність, твердість, градієнт температур, діаграма вологості, обробіток ґрунту.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку аграрного сектору країни однією з нагальних проблем є створення ресурсозберігаючих технологій, започаткованих на природному землеробстві, які допоможуть підвищити врожайність, скоротити енерговитрати, уникнути забруднення води і повітря, запобігти ерозії ґрунту тощо. До головних чинників, які лімітують зростання врожайності, можна віднести передусім вологість ґрунту [1–10]. Особливо це стосується степової зони, де опадів зазвичай недостатньо і часто трапляються посухи. Тому з'являється необхідність в дослідженні вологості ґрунту і впливу на неї людини, а не погоди.

Огляд наукових робіт, присвячених вивченню поверхневого обробітку ґрунту, підтвердив: щоб виростити й зібрати добрий

урожай у наявних природних умовах, необхідно усвідомити природу накопичення вологи та теплофізичний стан у ґрунтового профілі [1, 5, 6]. У цьому напрямі значну допомогу можуть надати такі прийоми обробітку ґрунту, як боронування або лущення стерні, що в 50–60 роки минулого століття були непорушними. Поле після лущення, з мульчуючим шаром ґрунту, рослинними рештками товщиною 6 см, на гектарі втрачає до 0,36 мм води за добу (для порівняння: без мульчі 5,4–6,8 мм, або 54–68 т/га води). Дані досліджень свідчать, що лущення супіщаного ґрунту підвищує вологість шару 0–10 см на 0,4–2,3 %, а шару 10–20 см на 3,1–4,3 %. Це дозволяє навіть за сухої погоди вирощувати сільськогосподарські культури та забезпечувати якісну підготовку ґрунту до сівби озимих [5–10].

Очевидно, що розпушування поверхні ґрунту регулює доступ повітря і води в ґрунт [1, 2]. Дрібна структура поверхневого шару ґрунту знижує випаровування вологи як з поверхні, так і з нижніх шарів. Тому під розпушеним шаром ґрунту накопичується волога і відповідно відбувається зміна щільності, твердості ґрунту. Теплові властивості ґрунту визначають зміну його температури в процесі поглинання тепла поверхнею і його перерозподіл в активному шарі ґрунту. Отже, встановлення закономірностей утворення ґрунтової вологи, прогнозування водних і теплових властивостей ґрунту є значною передумовою отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Нині ця проблема системно, теоретично і оперативного в польових умовах не вирішена.

Тому метою цього дослідження було вивчити температури на поверхні та в глибині ґрунту, отримані в польових умовах, та побудувати діаграму залежності відносної вологості на поверхні ґрунту, вологості, щільності, твердості ґрунту від відношення температур.

Результати дослідження та їх обговорення. Зволоження ґрунту може відбуватися внаслідок сорбції та конденсації водяної пари. У більшості випадків конденсація вологи з повітря є основним показником підвищення вологості ґрунту.

У літніх, зимових умовах на різних глибинах ґрунту утворюються різні величини

парціальних тисків водяної пари. Різниця величин парціальних тисків в глибині ґрунту викликає потік водяної пари через ґрунт до зовнішньої поверхні та глибини. Узимку пара дифундує з теплої глибини через ґрунт назовні. У літню пору за холодного ґрунту пара йде з поверхні ґрунту на глибину. Одночасно з дифузією водяної пари через ґрунт у зворотному напрямку від зовнішньої поверхні ґрунту водяні пари дифундують у повітря.

Відзначимо, що температуропровідність ґрунту, так само, як і теплопровідність, істотно залежить від вологості. В області низької вологості вода міцно пов'язана і процеси теплообміну визначаються кондуктивним механізмом перенесення тепла в ґрунті. З підвищенням вологості відбувається зростання температуропровідності. У цьому діапазоні плівково-стикова вологість може відносно вільно переміщуватися всередині порового простору, випаровуючись з теплих шарів і конденсуючись у холодних. В області насичення, з переходом плівково-стикової вологи в плівково-капілярну і виникнення суцільних водяних пробок, пародифузійне перенесення тепла послаблюється, а теплообмін зводиться до кондуктивної теплопередачі. При цьому значення теплопровідності ґрунту вповільнює його зростання, відповідно температуропровідність знижується.

Розподіл температури в ґрунтового профілі залежить від інтенсивності теплооб-

1. Покази вологого та сухого термометрів на поверхні ґрунту посівів пшениці озимої 2009 року (від 12.00 до 14.00 год), °C

Показник	Дата	Технологія вирощування								
		традиційна			мінімальна			No-till		
t_c	09.04.	19,3	15,4	17,35	13,4	13,8	14,85	13,3	13,8	13,98
t_g		16,8	14,9	15,85	12	12	13,28	12,1	13	12,79
t_c	09.05.	15,6	15,3	15,45	14,2	13,8	14,48	12,7	12,5	13,23
t_g		14,8	14,5	14,65	14	13,6	14,08	13,2	13	13,1
t_c	06.06.	29	29,7	29,35	32,1	32	31,15	29,6	29,2	29,98
t_g		26,5	27,4	26,95	28,3	29,4	28,22	27,8	27,6	27,87
t_c	07.07.	-	-	36,2	-	-	35	-	-	34,4
t_g		-	-	33,9	-	-	33,2	-	-	33,8

міну ґрунту з навколишнім середовищем. Отже, темп зміни температури в ґрунті визначається не тільки внутрішніми тепловими характеристиками, але і умовами на поверхні ґрунту. За відсутності перешкод для теплообміну на поверхні інтенсивність теплообміну ґрунтового профілю зі середовищем визначається його внутрішніми властивостями. Тому градієнт температур у глибині і на поверхні залежить від теплових властивостей і пропорційної температуро-провідності.

Для визначення в польових умовах таких оперативних показників, як температура на поверхні та в глибині ґрунту, відносна вологість на поверхні ґрунту, вологість, щільність, твердість ґрунту розроблений та виготовлений прилад [8]. Досліди проводили на демонстраційному полі АТЗТ "Агро-Союз" протягом чотирьох місяців. Дані вимірювання температури на поверхні ґрунту наведено в табл. 1. Покази температур вологого та сухого термометрів записували через 5–6 хв.

Отримавши дані температур вологого та сухого термометрів по психрометричних таблицях знаходимо відносну вологість на поверхні ґрунту (табл. 2).

Обчислена відносна вологість повітря φ на поверхні ґрунту використовується для накладання її на лінії відносної вологості, розташовані під кутом, на шкалі діаграми залежності з правого боку (рисунок).

3. Температура на поверхні та в глибині ґрунту посівів пшениці 2009 року (удень від 12.00 до 14.00 год), °C

Показник	Дата	Технологія вирощування								
		традиційна			мінімальна			No-till		
t_1	09.04.	19,3	15,4	17,35	13,4	13,8	14,85	13,3	13,8	13,98
t_2		9,8	8,6	9,20	8,5	9,6	9,10	9,2	10,0	9,43
t_1	09.05.	15,6	15,3	15,45	14,2	13,8	14,48	12,7	12,5	13,23
t_2		13,3	12,8	13,05	12,7	12,5	12,75	12,5	12,5	12,50
t_1	06.06.	29,0	29,7	29,35	32,1	32,0	31,15	29,6	29,2	29,98
t_2		23,6	23,4	23,50	22,3	22,4	22,73	23,9	24,5	23,71
t_1	07.07.	-	-	36,20	-	-	35,00	-	-	34,40
t_2		-	-	29,10	-	-	28,40	-	-	30,30

2. Відносна вологість повітря на поверхні ґрунту посівів пшениці озимої (від 12.00 до 14.00 год), %

Технологія вирощування		
традиційна	мінімальна	No-till
81,2	83,3	85,7
88,2	88,7	89,0
87,6	86,3	87,4
87,6	87,7	88,7

Показники температур (від 12.00 до 14.00 год) на поверхні t_1 та в глибині ґрунту t_2 (табл. 3) використовуються для розрахунку безрозмірного коефіцієнта (t_1 / t_2), який характеризує стан ґрунту в польових умовах (табл. 4).

Для побудови діаграми залежності проводимо допоміжні розрахунки безрозмірного коефіцієнта t_1 / t_2 :

$t_1, ^\circ\text{C}$	40	35	30	25	20	15	10
$t_2, ^\circ\text{C}$	25	25	25	25	25	25	25
t_1 / t_2	1,6	1,4	1,2	1	0,8	0,6	0,4

Показники безрозмірного коефіцієнта t_1 / t_2 , менші за одиницю, свідчать про випаровування (втрати), більші за одиницю – про конденсацію (накопичення) вологи в ґрунті.

Безрозмірний коефіцієнт при побудові діаграми залежності знаходиться на нижній шкалі (рисунок). Зліва наносять шкалу во-

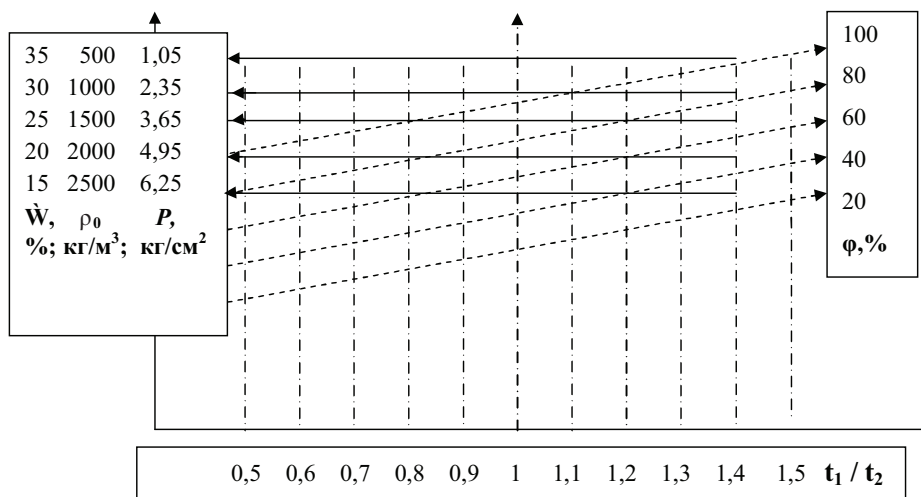
4. Безрозмірний коефіцієнт, який характеризує стан ґрунту в польових умовах (удень від 12.00 до 14.00 год), t_1/t_2

Технологія вирощування		
традиційна	мінімальна	No-till
1,88	1,63	1,48
1,18	1,13	1,05
1,24	1,37	1,26
1,24	1,23	1,13

логості ґрунту \dot{W} . Крім того, надається можливість додатково розташувати на діаграмі, згідно з масштабом, кореляційну залежність (0,85–0,95) між вологістю ґрунту \dot{W} та щільністю (ρ_0 – об’ємна маса ґрунту, кг/м³), твердістю (P – модуль пружності ґрунту, кг/см²).

Таким чином, методика використання діаграми полягає в такому:

- приладом для вимірювання температури на поверхні та в глибині ґрунту в польових умовах отримують дані температури повітря на поверхні t_1 та в глибині ґрунту t_2 вдень від 12.00 до 14.00 год. Показники температур ділять – t_1 / t_2 ; показник стану ґрунту знаходять на нижній шкалі діаграми;
- визначають відносну вологість на поверхні ґрунту;
- із точки перетину отриманого безрозмірного коефіцієнта температур t_1 / t_2 і фактичної відносної вологості повітря на поверхні ґрунту (пунктирні лінії) проводять горизонтальну лінію, зі справа наліво, до шкали вологості ґрунту \dot{W} . У такий спосіб по безрозмірному коефіцієнту t_1 / t_2 та відносній вологості повітря на поверхні ґрунту визначають вологість ґрунту.



Діаграма залежності: t_1/t_2 ; ϕ від \dot{W} ; ρ_0 ; P .

5. Визначення вологості \dot{W} , щільності ρ_0 , твердості P ґрунту, 2009 рік

Дата	Технологія вирощування								
	традиційна			мінімальна			No-till		
	\dot{W}	ρ_0	P	\dot{W}	ρ_0	P	\dot{W}	ρ_0	P
09.04.	32	1300	3,13	33	1250	3,00	33	1250	3,00
09.05.	34	1200	2,87	35	1150	2,74	36	1100	2,61
06.06.	33	1250	3,00	33	1250	3,00	34	1200	2,87
07.07.	32	1300	3,13	33	1250	3,00	33	1250	3,00

Діаграма залежності (t_1 / t_2 , φ , \dot{W} , ρ_0 , P) надає змогу по показниках безрозмірного коефіцієнта температур t_1 / t_2 та відносної вологості на поверхні ґрунту φ визначити вологість \dot{W} , щільність ρ_0 , твердість P ґрунту (табл. 5).

Конструктивно вдосконалюючи прилад, у ручку вмонтовують процесор, який виконує перерахунок по показниках безрозмірного коефіцієнта температур (t_1 / t_2) і відносної вологості на поверхні ґрунту φ . На екран виводяться показники вологості \dot{W} , щільності ρ_0 , твердості P ґрунту.

Висновки

1. У випадку тепломасоперенесення з поверхні в глибину ґрунту (перепад температур) контролюється сформований шар з конденсованої вологи, який є показником вологості та утримує втрати вологи з більшої глибини.

2. Надається можливість протягом світового дня отримати характеристику щодо накопичення або втрат вологи з ґрунту, а з 12.00 до 14.00 год визначити фактичну вологість, щільність, твердість ґрунту. Така інформація дозволяє попередньо оці-

нити проведені агрозаходи (традиційна, мінімальна, No-till технології) та їх вплив на ефективність накопичення або на втрати вологи з ґрунту.

3. Отримані дані дозволяють побудувати експериментальну діаграму залежності: t_1/t_2 ; φ ; \dot{W} ; ρ_0 ; P . Отже, по показниках безрозмірного коефіцієнта температур t_1/t_2 та відносної вологості на поверхні ґрунту визначають вологість \dot{W} , щільність ρ_0 , твердість P ґрунту.

Бібліографія

1. Кравчук В.І. Науково-технічна експертиза техніко-технологічних рішень систем обробітку ґрунту / В.І. Кравчук, В.В. Погорілий, Л.П. Шустік. – К.: Фенікс, 2008. – 50 с.

2. Гордієнко В.П. Ґрунтова волога / В.П. Гордієнко. – Сімферополь: ЧП “Предприятие Фенікс”, 2008. – 368 с.

3. Мичурин Б.Н. Энергетика почвенной влаги / Б.Н. Мичурин. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 140 с.

4. Шейн Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шейн, Л.О. Карпачевский. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.

5. Золотовская Е.В. Технология ресурсосберегающего накопления влаги в полевых условиях / Е.В. Золотовская, А.С. Миронов // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 62–68.

6. Золотовська О. Дослідження теплоізоляції поверхні ґрунту в технології No-till / О. Золотовська, О. Миронов // Техніка и технології АПК. – 2013. – № 2. – С. 37–40.

7. Золотовская Е.В. Модель количественной влаги при изменяющихся теплофизических параметрах почвы / Е.В. Золотовская, А.С. Миронов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 96. – С. 645–653.

8. Миронов А.С. Определение теплофизических параметров почвы в течении дня / А.С. Миронов, Е.В. Золотовская // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2016. – № 10/1(29). – С. 213–216.

9. Золотовская Е.В. Теплоизоляция в сберегающем земледелии / Е.В. Золотовская, А.С. Миронов // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – № 4(38). – С. 84–87.

10. Миронов О.С. Оцінка теплофізичного стану ґрунту в польових умовах / О.С. Миронов, О.В. Золотовська // Матеріали Міжнар. науково-практ. конф. “Сучасний стан родючості чорноземних ґрунтів і шляхи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур”. – Дніпро. – 2016. – С. 91–93.