

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ВОЛОГИ БІОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ПОРИСТЕ ПОКРИТТЯ – ПОВЕРХНЕВИЙ ШАР ҐРУНТУ»

Грабар І. Г., д.т.н., Грабар О. І., к.т.н., Грабар Т. П., викладач

Проблема накопичення та збереження вологи при вирощуванні сільськогосподарських культур в системі «пористе покриття - ґрунт» добре вивчена з позиції агрономічної практики, і майже обділена увагою спеціалістів з проблем моделювання. В той же час вказана біодинамічна система навіть без врахування кореневої та надземної частини рослини є досить складною, дуже чутливою до варіації параметрів, і вимагає серйозного теоретичного обґрунтування. Традиційна (негнучка) система управління передбачає примусову зміну того чи іншого параметру в ручному режимі (наприклад,

зрошення при нестачі вологи), тоді як автономна біодинамічна збалансована система має запропонувати інші шляхи, дружні до навколишнього середовища, що особливо актуально перед загрозою змін клімату.

Актуальність. До 75% світових ґрунтів мають низьку родючість через нестачу тепла та вологи [9]. З іншої сторони, біолог Н. Реймерс стверджує, що людство відділяє від теплової смерті лише один порядок в кількості енергоспоживання – будемо використовувати в 10 разів більше енергії, як сьогодні, і загинемо [14]. Причина – парниковий ефект. Діоксид вуглецю CO₂ пропускає сонячні промені до Землі, але заважає охолодженню Землі шляхом випромінювання в космос. Концентрація CO₂ в атмосфері загрозово збільшується, і Людству в найближчі 50 років необхідно різко зменшити споживання вуглеводневих енергоносіїв, максимально швидко повертатися до гармонії з законами Природи і Всесвіту. Сьогодні є достатньо багато робіт, що дозволяють запропонувати оптимістичний сценарій виходу з екологічної кризи [1-9].

Допущення моделі. Кількісно моделювалось залежність вологи $W(x)$ та температури $T(x)$ в динамічній чотирьохзонній моделі «1-Повітря – 2-шар мульчі – 3-поверхневий шар ґрунту 5 см – 4-глибинні шари ґрунту», де x – вісь, нормальна поверхні ґрунту. Ставилась задача кількісно змоделювати максимально можливу конденсацію вологи на межі зон шарів 2-3 при варіації $T_{пов}$, $T_{гр}$, $W_{пов}$, $W_{гр}$, $N_{пор}$ в межах, що не суперечать здоровому глузду. При цьому з позицій перколяційно-фрактальних уявлень [1] необхідно було підібрати щільність, теплопровідність, теплоємність, пористість і фракційний склад дружнього до навколишнього середовища матеріалу шару мульчі. Цільова функція – максимальне накопичення вологи в абсолютних показниках – $Г/кв.м*год$.

Теоретичні відомості. Для розрахунку теплового потоку та переміщення і конденсації вологи необхідно задатися температурою та вологістю повітря, товщиною, щільністю та теплопровідністю пористого шару, а також температурою, теплопровідністю, щільністю та вологістю поверхневого шару ґрунту (в нашій моделі 5 см). В межах лінійної моделі температура всередині заданого шару змінюється по лінійному закону, і кут нахилу визначається термічним опором шару. Сумарний термічний опір кількох шарів визначається в рамках лінійної моделі, як сума термічних опорів.

При пошаровому розрахунку температури та вологості в нашій задачі - з позиції нашої цільової функції, однією з найголовніших задач моделювання є максимальний перетин графіків температури $T(x)$ та точки роси $T_p(x)$.

Функція $T_p(x)$ визначалась в градусах Цельсія із наступного співвідношення [13]:

$$T_p = \frac{b \gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)}, \quad (1)$$

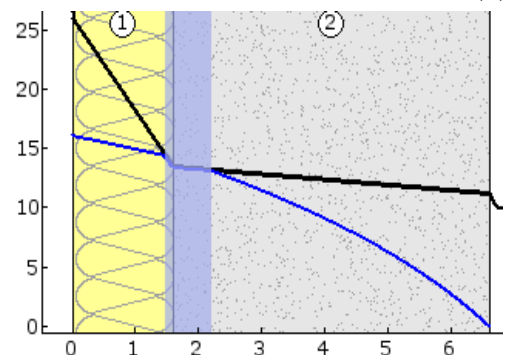
де, $a = 17.27$, $b = 237,7$ °C, RH - відносна вологість ($0 < RH < 1.0$),

$$\gamma(T, RH) = \frac{a T}{b + T} + \ln RH \quad (2)$$

Наближення (1)-(2) дає похибку ± 0.4 °C для діапазонів параметрів: 0 °C $< T < 60$ °C; $0.01 < RH < 1.0$; 0 °C $< T_p < 50$ °C

На рис.1 – 4 наведено результати комп'ютерного моделювання залежностей $T(x)$, $T_p(x)$ та $W(x)$ для вологості повітря $W_{п}=50\%$ та вологості ґрунту $W_{гр}=50\%$.

Рис.1. Залежність $T(x)$ – верхній графік та $T_p(x)$ – нижній графік (C) від глибини (см) в системі «повітря – пористий шар мульчі(1) – поверхневий шар ґрунту 5 см(2) – глибинні шари ґрунту». Вологість повітря $W_{п} = 50\%$ та його температура 30C, вологість ґрунту на глибині 5 см – $W_{гр}=50\%$ та його температура 10C. Товщина мульчі 16 мм, Зона накопичення вологи – на перетині графіків $T(x)$ та $T_p(x)$ – біля 1 мм мульчі та 5 мм ґрунту (синій шар). При заданих



умовах в зоні конденсації маємо накопичення вологи 36,5 г/кв.м*год. Моделювання виконано програмним комплексом [15].

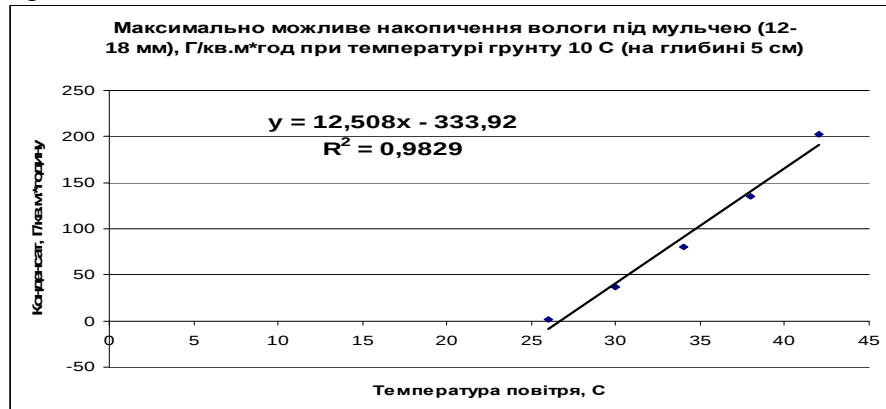
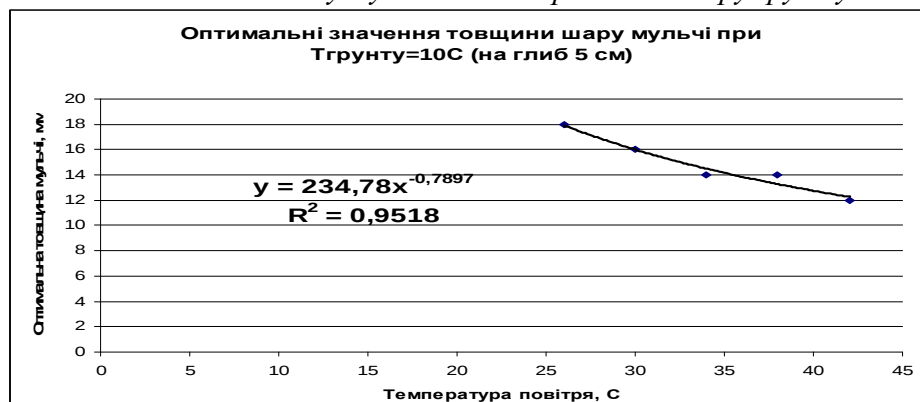
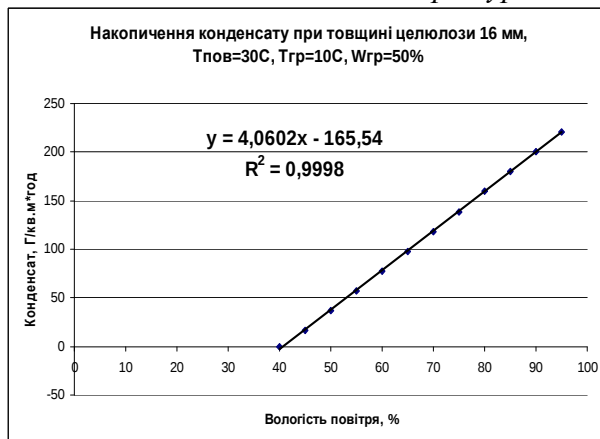


Рис.2. Накопичення вологи ($W_n = W_{zp} = 50\%$), температури ґрунту на глибині 5 см 10С. Товщина мульчі 12 - 16 мм, Зона накопичення вологи – на перетині графіків $T(x)$ та $Tr(x)$ – на межі контакту мульчі та поверхневого шару ґрунту.

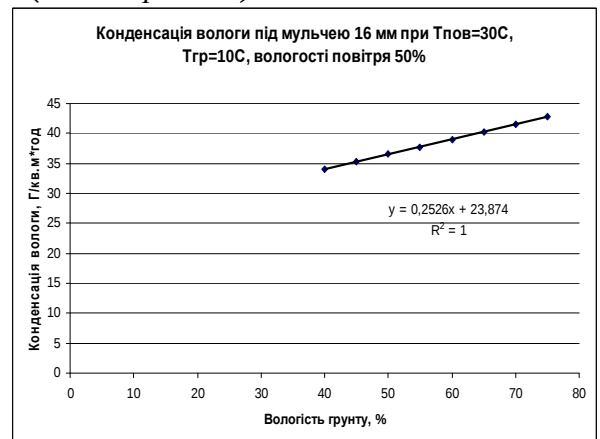


а) б)

Рис.3. Оптимальне значення (по критерію $Q = \max$) товщини шару мульчі від температури повітря ($W_n = W_{zp} = 50\%$)



а)



б)

Рис.4. Конденсація вологи під шаром мульчі 16 мм при зміні вологості повітря (а) та вологості ґрунту (б) в широких діапазонах.

Висновки:

1. Запропонована, обґрунтована та кількісно досліджена чотирьохзонна модель залежності температури та максимально можливої конденсації вологи в поверхневому шару ґрунту під пористим покриття (екраном мульчі).

2. Отримані кількісні залежності параметрів пористого покриття, а також фізичні та геометричні параметри пористого покриття (шару мульчі) від температури і вологості повітря та поверхневого шару ґрунту,

3. В межах допущення запропонованої моделі показано, що отриманим кількісним розрахункам задовольняє легкий пористий матеріал щільністю 45-70 кг/куб.м, з теплопровідністю 0,035 – 0,05 Вт/м/К, що також бути екологічно безпечним для майбутнього врожаю. Показано, що найбільш придатним і технологічно, і екологічно, і економічно обґрунтованим матеріалом мульчі є подрібнена целюлоза.

4. В результаті проведеного моделювання встановлено, що в діапазоні температур $T_p=30^{\circ}\text{C}$, $T_{gr}=10^{\circ}\text{C}$, вологості $W_p=W_{gr}=50\%$ оптимальним за критерієм максимального накопичення вологи $Q_{\text{вологи}}=\max$ є екран мульчі з подрібненої целюлози товщиною 16 мм. Дане значення є точкою екстремуму. В перерахунку це дає норму внесення 10 т/га

5. Встановлено, що в околі екстремуму при змінах вологості повітря 50-90% та його температури 30-40 $^{\circ}\text{C}$ на межі «мульча – поверхневий шар ґрунту» конденсація вологи може досягати значень 30-200 Г/кВ.м*годину, що при забезпеченні інших заходів збереження вологи може стати розумною альтернативою загрозам змін клімату. При цьому кількісно показано, що зростання температури повітря покращує баланс вологи, що конденсується.

Майбутні дослідження має сенс проводити для багатошарових композицій мульчі та ґрунту, а також створення комплексу машин та технологій внесення мульчі оптимальних фізичних та геометричних параметрів.

Використані джерела інформації

1. Грабар І.Г., Грабар О.І., Гутніченко О.А., Кубрак Ю.О. Перколяційно-фрактальні матеріали: властивості, технології, застосування. – Житомир: ЖДТУ. – 2007. – 354 с.
2. Грабар І.Г., Грабар О.І. Фрактали і тензори в наукових дослідженнях. - 2007. – 69 с.
3. Грабар І.Г., Максимчук О.М., Левик С.А. Вплив часу біоактивації зерен пшениці сорту «Одеська-162» на кінетику її проростання. Вісник ЖНАЕУ. – 2011. - №1. с.450-455.
4. Грабар І.Г., Максимчук О.М. Вплив мікрорезонансної біоактивації на врожайність ярого ячменю сорту «Південний». – Вісник ЖНАЕУ. – 2009. - №2, с.9-13.
5. Грабар І.Г., Березенський Ю.В. Вплив режимів мікрорезонансної біоактивації насіння льону довгунця сорту Ліра на кінетику його проростання. - Вісник ЖНАЕУ. - № 1, 2012, с.21-26
6. Грабар І.Г. Мікрорезонансні технології та секрети довголіття. – Житомир-Київ. – 2012. – 148 с.
7. Биорегуляция микробно-растительных систем: Монография / Под ред. Г.А. Иутинской, С. П. Пономаренко. — К.: «НПЧЛАВА», 2010. — 472 с.
8. Бурлака В.А., Грабар І.Г., Хомяк І.В. та ін.. Екологія відходів. – Житомир. – Рута. -2007. – 512 с.
9. Зелінський М.З. Земля і воля.- Хмельник.: ПП Бевз. – 2012 .- 120 с.
10. Ковалев Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Сельскохозяйственные материалы. – М.: Родник.- 1998.- 208 с.
11. В.Г.Веселаго. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА ВЕЩЕСТВ С ОДНОВРЕМЕННО ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ϵ и μ . – Успехи физических наук. – 1967. – т.92, №3. – с.517-526.
12. <http://ru.wikipedia.org/> ВЛАЖНОСТЬ; ТОЧКА РОСЫ
13. Физические величины. Справочник.Под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З – М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 1232 с.
14. Теплотехника. Под ред. Баскакова А.П. - М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 224 с.
15. <http://теплорасчет.рф>