

УДК 631.671:631.674:635.63

**СУМАРНЕ ТА СЕРЕДНЬОДОБОВЕ ВИПАРОВУВАННЯ
РОСЛИН ОГІРКА ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ПОЛИВУ ЯК
ФУНКЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ***

В.В. ВАСЮТА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Визначено величини сумарного водоспоживання рослин огірка за різних способів поливу і глибини розрахункового шару ґрунту з метою встановлення характеру зв'язку між величиною водоспоживання та сумою ефективних температур в окремі фази розвитку та в цілому за вегетацію.

Ключові слова: спосіб поливу, водоспоживання, огірок, температура повітря

* Науковий консультант – академік НААН М.І. Ромащенко.

© В.В. Васюта, 2013

Меліорація і водне господарство. 2013. Вип. 100

Постановка проблеми. Головне джерело води для рослин – ґрунтова волога. В умовах недостатнього природного вологозабезпечення її дефіцит покривається штучною подачею води на зрошуваний масив, а тому поливи є основним інструментом регулювання водного режиму рослин і ґрунту в агроценозі. Основна мета регулювання – створення оптимальних умов вологозабезпечення в розрахунковому шарі ґрунту, яка досягається подачею необхідної кількості води відповідно до потреб рослин у певні періоди вегетації, що компенсує витрати вологи на продукційні процеси агроценозу.

Сумарні витрати води за вегетацію з одиниці площі на транспірацію рослинами і випаровування з поверхні ґрунту складають сумарне водоспоживання, яке залежить від біологічних особливостей рослин, природно-кліматичних умов, технології вирощування та багатьох інших факторів. Визначається сумарне водоспоживання методом водного балансу за сумою середньодобових температур, дефіцитом вологості повітря, випаровуваністю, показниками теплового і радіаційного балансу [8].

Враховуючи біологічні особливості овочевих рослин, їхню можливість до рівня забезпечення вологою, визначення сумарного водоспоживання у зрошуваному овочівництві завжди було відповідальним завданням. Особливої актуальності питання набуло на етапі переходу від суцільного до локального принципу зволоження поверхні ґрунту в зв'язку з тим, що за локального поливу заданий режим вологості ґрунту підтримується тільки в зоні розташування кореневої системи рослин. Оперативне управління режимами зрошення можливе за різних способів, але найменш затратні – розрахункові за метеорологічними показниками. Тому дослідження водоспоживання і виявлення зв'язків між метеорологічними показниками та витратами вологи рослинами на продукційні процеси є актуальним і перспективним.

Стан вивчення проблеми. Відомо, що огірок серед овочевих рослин належить до найбільш вологовибагливої групи. За абсолютними величинами сумарного водоспоживання поступається іншим овочевим тільки через короткий період вегетації. Водоспоживання, як одна з найбільш важливих гідрометеорологічних характеристик взаємозв'язку сільськогосподарських культур з умовами їхнього вирощування, є основним елементом водного балансу і відіграє важливу роль у життєдіяльності рослин та формуванні їхнього урожаю.

Визначення закономірностей зміни сумарного водоспоживання рослин за різної їхньої продуктивності – один з важливих початкових показників за розробки оптимальних поливних режимів сільськогосподарських культур [3, 4]. Беручи до уваги той факт, що випаровуваність є результатом комплексної дії метеорологічних факторів, які зумовлюють обмін вологи в системі ґрунт–рослина–атмосфера, більшість дослідників прирівнюють її до оптимального водоспоживання рослин і для її розрахунку використовують метеодані. Розрахункові методи призначення поливів (С.М. Алпатьєва, Д.А. Штойко, М.М. Іванова, Г.К. Льгова) більш простіші та менш затратні порівняно з прямими за рівнем вологості ґрунту, дають змогу оперативно управляти режимом зрошення, отримуючи врожайність на рівні прямих методів з різницею витрат води в допустимих межах [1, 9]. У цьому контексті Є.К. Міхєєв звернув увагу на те, що в підходах до управління режимом зрошення розрахунковим методам належить особливе місце, і беззаперечним є той факт, що рішення, які приймаються на розрахунковій основі, найбільш наближені до оптимального рівня та більш повно відображають динамічність процесів у системі, ніж емпіричні [7]. Розрахункові методи визначення випаровуваності досить поширені в світі. Наприклад, еталонна випаровуваність за рекомендаціями Всесвітньої організації ООН з продовольства ФАО визначається за методом Пенмана–Монтейта, який з досить високою точністю дає змогу розрахувати еталонне випаровування в різних частинах світу [3].

Згадані вище методи визначення оптимального рівня сумарного водоспоживання рослин дають результати з достатнім ступенем достовірності для нормування поливів за суцільного зволоження поверхні ґрунту, але потребують корегування у разі локальної подачі води.

Завдання і методика досліджень. Завдання досліджень полягало у визначенні величини сумарного водоспоживання рослин огірка за трьох способів поливу – дощування, мікродощування і краплинного зрошення – та двох розрахункових шарів ґрунту з метою встановлення характеру зв'язку між величиною водоспоживання та сумою ефективних температур в окремі фази розвитку й у цілому за вегетацію для кожного досліджуваного фактора.

Дослідження проводили на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства УААН (нині ІЗЗ НААН) в лабораторії овочівни-

цтва у 1992–1996 рр. згідно з методикою дослідної справи у зрошуваному землеробстві й овочівництві [2, 6]. Моделювання процесу випаровування, встановлення характеру його зв'язку із сумою ефективних температур в окремі фази розвитку і в цілому за вегетаційний період та розробку математичної моделі – у 2012 р.

Результати досліджень. Для оптимізації режиму поливу упродовж вегетаційного періоду необхідно з'ясувати витрати вологи в найбільш характерні періоди росту і розвитку рослин. Витрати вологи визначали в основні фази росту і розвитку, поділивши умовно вегетаційний період на чотири періоди, починаючи від дати масових сходів, для виявлення реакції рослин на зміни умов у системі ґрунт–рослина–атмосфера залежно від температурного навантаження.

Процес росту рослин функціонально залежить від багатьох складових, але тепло – одна з найбільш важливих, бо визначає існування, розвиток і розповсюдження організмів. Значення температури полягає в тому, що вона змінює швидкість протікання фізико-хімічних реакцій у клітинах, а відтак впливає на ростові процеси рослин. С.М. Алпатыєв звертає увагу на те, що за тепловим станом щорічні декади вегетації фітоценозів нерівноцінні внаслідок змінних з року в рік погодних умов, тому коефіцієнти біологічних кривих випаровування точніше можна визначати за режимом сум температур, що є характеристикою теплового режиму вегетаційного періоду.

В наших дослідженнях як основний фактор впливу на процес випаровування розглядалася температура повітря, моніторинг якої не вимагає дорогого обладнання, є досить простим і доступним навіть в умовах виробництва.

Аналіз ходу наростання температури повітря і сумарного випаровування в окремі періоди росту й розвитку рослин огірка дав змогу встановити зв'язок між ними і визначити коефіцієнти пропорційності, які характеризують витрати вологи на 1°C температури повітря для досліджуваних факторів.

Спостереження за ходом наростання сумарної температури від дати сівби до масових сходів показало, що в середньому за роки досліджень накопичується 297°C ефективної температури. За такої суми ефективних температур витрати вологи полем у середньому становлять 25 мм вологи. Деяка різниця між витратами вологи за варіантами дослідів пояснюється, в першу чергу, локальними відмінностями величини вихідної вологості ґрунту у варіантах дослідів на

початку вегетації, оскільки в цей час волога витрачається винятково на фізичне випаровування. На час утворенням 5-го справжнього листка у рослин огірка сума ефективних температур досягла 613°C та істотно збільшувалися витрати ґрунтової вологи як за способами поливу, так і за глибиною розрахункового шару. Простежувалась чітка тенденція до збільшення сумарного випаровування за технології суцільного зволоження ґрунту. Так, за поливу дощуванням сумарні витрати вологи порівняно з краплинним зрошенням зросли на $231 \text{ м}^3/\text{га}$ відповідно і на 1°C сумарної ефективної температури повітря волога витрачалася на $0,038 \text{ мм}$ більше, ніж за краплинного зрошення (рис. 1).

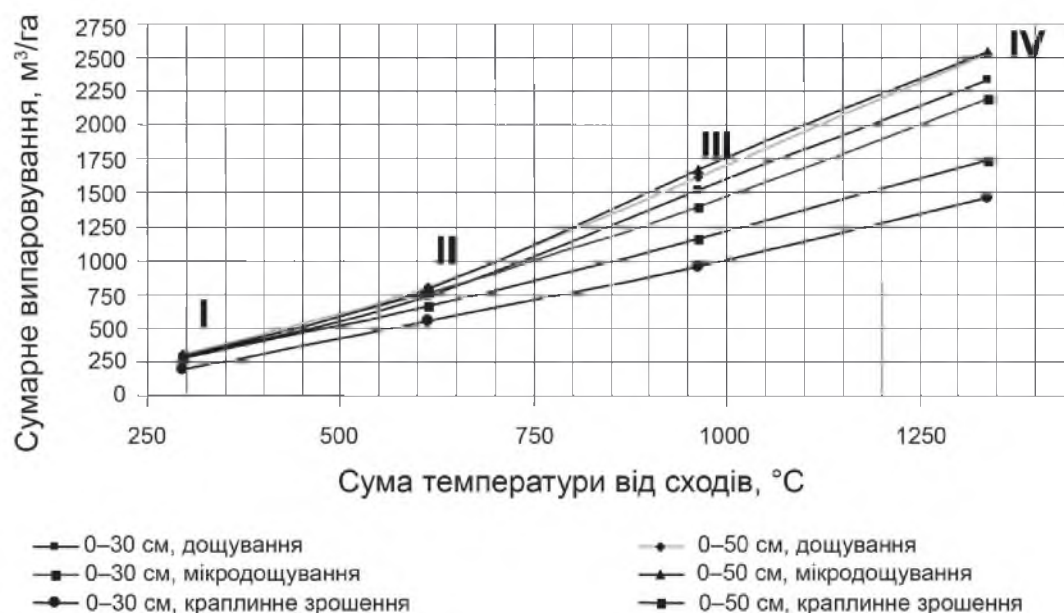


Рис. 1. Сумарне випаровування рослин огірка за різних способів поливу і глибини розрахункового шару ґрунту. Фази розвитку:

I – масові сходи; II – 5-й листок; III – початок плодоутворення;

IV – кінець плодоношення

З розрахункового шару ґрунту 0–50 см випаровується вологи більше, ніж із шару 0–30 см у розрізі всіх досліджуваних способів поливу. Хоча в цю фазу розвитку різниця і неістотна, але у краплинного зрошення спостерігається тенденція наближення до достовірної межі.

На початку плодоутворення спостерігалась досить широка амплітуда коливання величини витрат ґрунтової вологи у розрізі варіантів досліду. Різниця між крайніми граничними показниками у мікродо-

шування та краплинного зрошення досягає 658,1 м³/га, і за накопичення 962,9°С ефективних температур за краплинного зрошення на 1°С витрачається волога на 0,68 м³/га менше, ніж за мікродощування. На величину сумарного випаровування також впливає і глибина активного шару ґрунту, однак менш істотно, ніж способи поливу. Різниця у величині сумарних витрат вологи за глибиною активного шару ґрунту між шаром 50 і 30 см знаходиться в межах 6,5–17,9%: найменша – за дощування, найбільша – за краплинного зрошення (рис. 1).

Спостереження за процесом впливу температурного фактора на випаровування в період масового плодоутворення показують, що витрати вологи збільшуються як за способами поливу, так і за глибиною розрахункового шару ґрунту.

Визначення гідротермічного коефіцієнта для рослини огірка і його оцінка за критерієм Стюдента свідчать, що за дощування і мікродощування відсутня істотна різниця за цим показником до початку плодоутворення (фактичний критерій $t_{\phi}=1,04$ менший за табличний $t_{05}=3,18$), тобто відмінності перебувають у межах випадкових коливань. Водночас за краплинного зрошення середні питомі витрати вологи на 1°С за аналогічних умов істотно менші, ніж за інших досліджуваних способів поливу, що підтверджує наявність більш ефективного використання ґрунтової вологи за краплинного зрошення (таблиця).

Гідротермічні коефіцієнти огірка за фазами росту і розвитку залежно від способів поливу й глибини розрахункового шару ґрунту, м³/га / 1°С

Спосіб поливу	Глибина активного шару ґрунту, см	Фази розвитку рослин			
		масові сходи – 5-й листок	5-й листок цвітіння жіночих квіток	цвітіння жіночих квіток – 1-й збір	1-й збір – заключний збір
Дощування	0–30	0,987	1,443	2,226	2,300
	0–50	1,038	1,636	2,323	2,412
Мікродощування	0–30	0,957	1,427	1,929	2,137
	0–50	0,987	1,633	2,243	2,630
Краплинне зрошення	0–30	0,741	1,066	1,163	1,340
	0–50	0,832	1,209	1,446	1,620

Розраховані гідротермічні коефіцієнти за фазами росту і розвитку огірка дають змогу визначати сумарне випаровування огірка за сумою активних температур для трьох способів поливу – дощування, мікродощування і краплинного зрошення – в південному регіоні України як за окремі відрізки вегетаційного періоду, так і в цілому за вегетацію за формулою Г.К. Льгова:

$$E = \kappa_6 \sum t, \quad (1)$$

де E – сумарне випаровування, м³/га; κ_6 – біологічний коефіцієнт, м³/га/1°С; $\sum t$ – сума ефективних температур від масових сходів до фази розвитку, °С.

З нашої точки зору, для оперативного управління режимом зрошення важливо встановити зв'язки між величиною середньодобового випаровування і середньодобовими температурами повітря, які характеризують інтенсивність витрат вологи за цей період вегетації та визначають темпи процесів росту. Реалізація цього підходу дасть можливість прогнозувати, розраховувати та корегувати режими зрошення за величиною випаровування, визначеного на підставі середньодобової температури повітря періоду спостереження.

Аналіз інтенсивності випаровування і ходу середньодобової температури повітря та за період вегетації (від масових сходів до збирання врожаю) дав змогу виявити зв'язок між цими показниками в діапазоні середньодобових температур від 17,2 до 23,6°С. Для цього температурного інтервалу у досліджуваних способів поливу і розрахункових шарів у рослин огірка спостерігається схожий сценарій середньодобових витрат вологи. На графіку виділяються три характерні зони. Перша, для температурного діапазону 17,2–20,4°С, характеризується порівняно повільним наростанням величини сумарного випаровування. Для цієї зони графіка реакція величини випаровування на зростання температури повітря на 3,2°С становить 11,5–15,2 м³/га, тобто на 1°С витрати збільшуються на 3,6–4,8 м³/га, що, по суті, відповідає лінійному підвищенню показників.

В інтервалі від 20,4 до 20,7°С спостерігається стрибкоподібне збільшення середньодобових витрат вологи в усіх варіантах досліду, що, ймовірно, є захисною реакцією рослин на зовнішнє теплове навантаження. Як відомо, збільшення інтенсивності транспірації зменшує температуру рослин і в першу чергу листків, від яких залежить

ефективність фотосинтезу. В нашому разі це висловлювання є припущенням, але його правомірність підтверджується інтенсивністю випаровування, яке визначається величиною прирощення температури. Так, у цій зоні графіка прирощення температури повітря на $0,1^{\circ}\text{C}$ збільшує величину середньодобового випаровування у досліджуваних варіантах на $0,81\text{--}7,2\text{ м}^3/\text{га}$, а це значить, що в перерахунку на 1°C інтенсивність випаровування зростає досить вагомо. В цьому температурному діапазоні у огірка спостерігається найбільша інтенсивність випаровування за всіх досліджуваних факторів. У діапазоні температур $20,7\text{--}23,6^{\circ}\text{C}$ випаровування продовжувало зростати і за дощування досягало максимальної величини – $57,3\text{ м}^3/\text{га}$ за температури $23,6^{\circ}\text{C}$. Водночас за краплинного зрошення цей показник не перевищував – $31,6\text{ м}^3/\text{га}$ на добу. За цього питомі витрати води за краплинного зрошення втричі ($1\text{ м}^3/\text{га}$ на 1°C проти $3,1\text{ м}^3/\text{га}$ на 1°C) менші, ніж за дощування (рис. 2). Таким чином, краплинне зрошення за досліджуваними факторами є більш ефективним способом поливу порівняно з дощуванням і мікродощуванням.

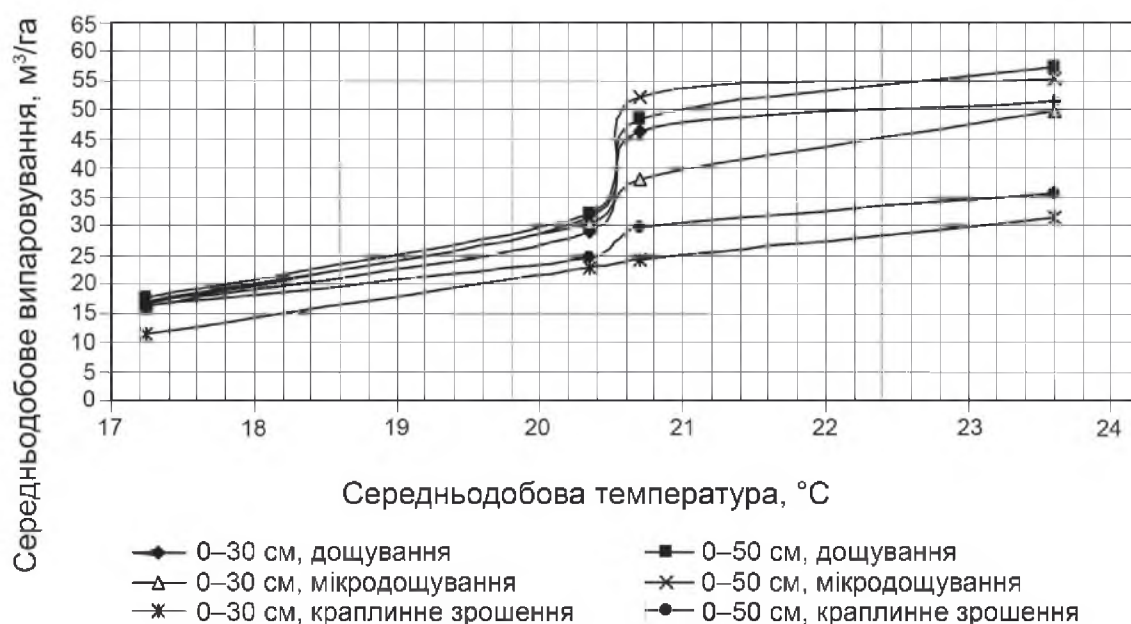


Рис. 2. Середньодобове випаровування рослин огірка за різних способів поливу і глибини розрахункового шару ґрунту залежно від середньодобової температури повітря

Аналіз кривих середньодобового випаровування за способами поливу і глибиною розрахункового шару ґрунту показує, що для розглянутого температурного діапазону процес випаровування математично

можливо записати у вигляді системи рівнянь з відповідними граничними рівнями температур для кожної характерної зони графіка:

$$\begin{aligned} E_1 &= a_1 + b_1 t, & 17,2 \leq t \leq 20,4; \\ E_2 &= a_2 t^2 + b_2 t + c, & 20,4 \leq t \leq 20,7; \\ E_3 &= a_3 + b_3 t, & 20,7 \leq t \leq 23,6, \end{aligned} \quad (2)$$

де E_1, E_2, E_3 – середньодобове випаровування для заданого інтервалу середньодобової температури повітря, м³/га; a_1, a_2, c – вільні члени рівняння; b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти пропорційності; t – середньодобова температура повітря, °С.

Розраховані величини середньодобового випаровування для досліджуваних способів поливу і глибини розрахункового шару ґрунту за рівнянням (2) досить наближені до фактичних, визначених у результаті натурного експерименту. Різниця не перевищує 5% за коефіцієнтів детермінації в межах 0,9, тобто отримані залежності з достатнім ступенем достовірності апроксимують середньодобове випаровування огірка за різних способів поливу в південному регіоні України.

Висновки. За ефективністю використання ґрунтової вологи краплинне зрошення істотно переважає дощування і мікродощування як за абсолютними показниками, так і за величиною гідротермічних коефіцієнтів.

Найбільше середньодобове випаровування – 57,3 м³/га спостерігалось за дощування, найменше – за краплинного зрошення – 31,6 м³/га при середньодобовій температурі повітря 23,6°С. У діапазоні від 20,4 до 20,7°С відбувається різке збільшення інтенсивності випаровування, що, ймовірно, є захисною реакцією рослин на теплове навантаження.

Установлені зв'язки між середньодобовими показниками випаровування і температурою повітря дають змогу визначити і прогнозувати середньодобові витрати вологи на випаровування при вирощуванні огірка за різних способів зрошення та глибин активного шару ґрунту в південному регіоні України з достатнім ступенем достовірності.

1. *Вожегова Р.А.* Науково-практичні аспекти оптимізації елементів технології вирощування рису з врахуванням гідротермічних чинників / Р.А. Вожегова, О.І. Олійник, О.П. Тищенко // Зрошуване землеробство. – 2011. – Вип. 56. – С. 102–106.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [5-е изд., доп. и перераб.] / Доспехов Б.А. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Духовный В.А. Разработка простых алгоритмов для оценки контролируемых параметров и основанных на них показателей для климатического блока БД // [В.А. Духовный, В.И. Соколов, М.Г. Хорст, И.В. Форкуца] : отчет. – Ташкент, 2009. – 72 с.

4. Кравчук А.В. Совершенствование параметров увлажнения агроэкологически сбалансированных режимов орошения кормовых культур Сухостепного Заволжья: автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра с.-х. наук: спец. 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» / Кравчук А.В. – Волгоград, 2007. – 43 с.

5. Кузнецов Ю.В. Научно-экспериментальное обоснование водосберегающих технологий орошения томатов в Нижнем Поволжье : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра с.-х. наук: спец. 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» / Кузнецов Ю.В. – Волгоград, 2011. – 46 с.

6. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. – Х.: Основа, 2001. – 369 с.

7. Міхеев Є.К. Система прийняття рішень при управлінні режимом зрошення сільськогосподарських культур / Міхеев Є.К. // Зрошуване землеробство. – 2002. – Вип. 42. – С. 29–36.

8. Патрон П.И. Комплексное действие агроприемов в овощеводстве / Патрон П.И.: отв. ред. профессор М.В. Алексеев. – Кишинев: Штиинца, 1981. – 284 с.

9. Скуртул А.Г. Применение математических методов в исследованиях по управлению солевым режимом пойменных почв при орошении / Скуртул А.Г. // Применение математических методов и ЭВМ в орошаемом земледелии сб. статей. – Кишинев: Штиинца, 1979. – С. 5–89.

Определены величины суммарного водопотребления растений огурца при разных способах полива и глубинах расчетного слоя почвы с целью установления характера связи между величиной водопотребления и суммой эффективных температур в отдельные фазы развития и в целом за вегетацию.

The values of water consumption for cucumber plants when using different irrigation methods and at varied depths of calculated soil layers were determined in order to specify the mechanism of relation between water consumption values and amounts of effective temperatures in some growth stages as well as over the whole growing season.