

**Полтавське відділення академії наук  
технологічної кібернетики України**

**ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ  
ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО  
ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І СТВОРЕННЯ  
СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ**

**Колективна монографія**

**Полтава – 2022**

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОЛОГІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

#### 5.1. Вплив зрошення на гідрометеорологічний режим полів з овочевими культурами

*Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Черноволюк Р. Г.  
Одеський державний екологічний університет*

Агрометеорологічне обслуговування сільського господарства повинне вирішувати питання, які б дійсно впливали на процес формування врожаю сільськогосподарських культур шляхом регулярної оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності, регулювання витрат води на сумарне випаровування, використання оптимальних норм добрив у відповідності з гідрометеорологічним режимом. Для вирішення цих питань необхідні методики, які дозволяли б отриману з агрометеорологічної мережі інформацію переробити у той вигляд, який необхідний для активного обслуговування сільськогосподарських організацій. Для виконання таких задач необхідні дослідження впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності зрошуваних овочевих культур з метою розробки методик прогнозування їх урожайності, оцінки умов формування врожаїв, а також рекомендацій що до оптимізації умов вирощування шляхом регулювання режиму зрошення, мінерального живлення, структури посіву то що [690]. Відомі такі дослідження для інших сільськогосподарських культур [691, 692].

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження зв'язку продуктивності овочевих культур із складовими теплового балансу, елементами мікроклімату використовувались спостереження за станом рослин і посівів в цілому (фенологічні і фітометричні), за станом зовнішнього середовища (повний комплекс актинометричних, фітокліматичних, тепло- і водобалансових спостережень над посівами і в посівах овочевих культур) за період з 1986 по 2005 рр. на полях польової агрометеорологічної лабораторії Одеського державного екологічного університету, розташованої в с. Чорноморка на рівнинному плато з невеликим ухилом на південь.

Ґрунти – чорнозем південний, середньо суглинковий, слабо солонцюватий з товщиною гумусового горизонту 60–65 см. Об'єктом

<sup>690</sup> Божко Л. Е. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні. Одеса : «Екологія», 2010. 368 с.

<sup>691</sup> Гойса Н. И., Олейник Н. Р., Рогаченко А. Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. 230 с.

<sup>692</sup> Алпатъев С. М. Поливной режим сельскохозяйственных культур в южной части Украины. Киев : изд. МСХ УССР, 1965. 122 с.

досліджень були середньостиглі сорти баклажанів, солодкого перцю та томатів. Агротехніка вирощування – з використанням розсади, зрошення дощуванням та по борознах. Норми та терміни поливів розраховувались для підтримки вологості ґрунту на рівні 75–85 % найменшої вологомісткості.

При виборі параметрів, що характеризують показники життєдіяльності рослин, виходили з таких передумов: кожний показник повинен визначатися одним параметром; вибраний параметр повинен дозволяти характеризувати отриману залежність від конкретних географічних умов; просто і надійно вимірюватися.

Всі фактори, що впливають на ріст та розвиток рослин, згідно з [691] можна розділити на три групи: кліматичні (сонячна радіація, тепло, волога, газовий склад повітря, вітер і т. ін.), едафічні (структура ґрунту та його хімічний склад) і біофізичні (різні мікроорганізми, рослинні та тваринні організми як корисні, так і шкідливі).

Об'єктом наших досліджень була перша група факторів на зрошуваних полях плодкових овочевих культур: баклажанів, солодкого перцю і томатів. Мета дослідження – дати оцінку впливу зрошення на температурний режим та режим зволоження повітря, ґрунту та рослин.

Результати досліджень та їх аналіз виконано за окремими показниками. Температурний режим посівів. За характеристику температурного режиму повітря і ґрунту використовувались показники: температура повітря над посівом, в посіві  $T_p$ , температура поверхні листя  $T_l$ , різниця температур  $T_l - T_p$ , температура поверхні ґрунту  $T_{пг}$ , температура ґрунту на глибинах 5, 10, 15, 20 см. Ці показники необхідні для вирішення суцього практичних задач таких, як визначення термінів висаджування розсади, виконання розрахунків випаровування з поверхні ґрунту, регулювання діяльності мікроорганізмів та ін. Також відомості про температуру необхідні для рішення задач при математичному моделюванні продуктивного процесу рослин та задач що до дослідження теплового і водного режимів приземного шару повітря.

Основними факторами, які визначають формування термічного режиму ґрунту і приземного шару повітря при наявності рослинного покриву (РП) радіаційний режим, стан рослин, теплофізичні характеристики ґрунту і повітря.

При вивченні впливів зрошення на термічний режим встановлено, що засоби поливів по різному впливають на режим температури ґрунту. При поливі по борознах утворюється більш контрастний температурний режим ґрунту за рахунок його перезволоження в борознах та недостатнього зволоження на вершинах валків. На вершинах валків температура ґрунту через швидке висихання за значеннями близька до температури ґрунту незрошуваних ділянок. Температура ґрунту в борознах нижче температури ґрунту на ділянках, де зрошування виконувалось дощуванням. Під впливом зрошення значно зменшується

амплітуда добового ходу  $T_r$ . На другу добу на ділянках після поливу дощуванням амплітуда знижується на 5–6 °С, а на полі зрошуваному по борознах амплітуда  $T_r$  на вершинах валків збільшується на 2 °С в порівнянні з незрошуваним полем. Така різниця в температурі ґрунту спостерігається на початку вегетаційного періоду культур. З ростом рослин термічний ефект зрошення значно слабшає.

Для характеристики впливу рослинності на формування термічного режиму ґрунту і приземного шару повітря використовувалась різниця температур  $\Delta T_r$  оголеної поверхні ґрунту на метеорологічному майданчику  $T_{гм}$  і в посівах  $T_{пп}$  та різниця стрибків температури ґрунт – повітря, які характеризують збудження температурного поля приземного шару повітря, що викликане наявністю рослин:

$$\Delta T_r = \Delta T_{гм} - \Delta T_{пп}, \quad (1)$$

де  $\Delta T_{гм}$  та  $\Delta T_{пп}$  – стрибки температури ґрунт – повітря на метеорологічному майданчику ( $\Delta T_{гм} = T_{гм} - T_{2,0}$ ) і в посіві ( $\Delta T_{пп} = T_{пп} - T_{2,0п}$ );

$T_{2,0}$  та  $T_{2,0п}$  – температура повітря на висоті 2,0 м над поверхнею ґрунту на метеорологічному майданчику і на висоті 2,0 м над шаром витіснення посіву.

На величину вищевказаних параметрів впливають інтенсивність сумарної радіації  $Q$ , стан рослинного покриву, за показник якого прийнята суха надземна фітомаса  $M_c$  (т/га), відносна площа листя  $L$ , міра зволоження верхніх шарів ґрунту  $W$ .

Аналіз результатів спостережень показав, що при вологості ґрунту в шарі 0–20 см від 30 до 50 мм при збільшенні  $Q$   $\Delta T_r$  зростає. Зростання його незначне при фітомасі до 0,2 т/га. При збільшенні фітомаси  $\Delta T_r$  зростає пропорційно зростанню  $M_c$  (табл. 1).

**1. Залежність різниці температур  $\Delta T_2$  поверхні ґрунту на метеорологічному майданчику і в посіві солодкого перцю від сумарної радіації  $Q$  за різних значень сухої надземної фітомаси  $M_c$  і  $W_{0-20} = 30-50$  мм**

$M_c$ т/га	Сумарна сонячна радіація $Q$ , Вт/см <sup>2</sup>							
	100	200	300	400	500	600	700	800
0,25	-4,8	-1,5	0	0,3	0,8	1,0	1,1	1,9
2,5	-2,5	0,8	1,5	3,9	4,8	5,5	6,8	9,5
3,5	0	1,1	3,6	5,2	7,1	9,8	12,0	14,9
7,5	0,2	1,5	2,5	5,1	10,1	11,2	13,5	16,1

Джерело: авторські дослідження.

Слід зазначити, що такі закономірності зміни  $\Delta T_2$ , які спостерігаються на полі з солодким перцем під впливом сумарної радіації і сухої маси рослин, спостерігаються і на полях з баклажанами і томатами.

Залежність  $\Delta T_2$  від  $Q$  впродовж доби неоднозначна. У першій половині дня із збільшенням сумарної радіації  $\Delta T_2$  безперервно зростає. У другій половині дня із зменшенням  $Q$   $\Delta T_2$  також зменшується, але

повільніше, ніж зростає у першій половині. Після заходу сонця різниця має позитивний знак, перед світанком різниця має мінусовий знак.

Вплив рослинного покриву на термічний режим повітря оцінювалось шляхом порівняння температури повітря на полях з овочевими культурами з температурою повітря на метеорологічному майданчику на рівні шару витіснення  $\Delta T_{zn}$  та на висоті 2,0 м над ним  $\Delta T_{2,0 zn}$ :

$$\Delta T_{zn} = T_{zn,m} - T_{zn,n}, \quad (2)$$

$$\Delta T_{2,0 zn} = T_{2,0 zn} - T_{2,0 zn,n}, \quad (3)$$

де  $T_{zn,m}$  і  $T_{zn,n}$  – температура повітря на метеорологічному майданчику та на полі на рівні шару витіснення  $h_{zn}$ .

$T_{2,0 zn}$  і  $T_{2,0 zn,n}$  – температур повітря на метеорологічному майданчику на висоті 2,0 м і в полі на висоті 2,0 м над шаром витіснення.

Значення  $\Delta T_{zn}$  та  $\Delta T_{2,0 zn}$  можуть мати позитивний і мінусовий знак і визначаються мірою розвитку посівів [691] Після висадження розсади в ґрунт коли фіто маса мала, температура повітря на метеорологічному майданчику на висоті  $h_{zn}$  не набагато нижче температури повітря на тій же висоті в посівах. Найбільшого значення ця різниця набуває о 13 г і складає 1,5 °С. Різниця температури повітря на висоті 2,0 над  $h_{zn}$  значно менше і становить о 13 г 0,7 °С, а у вечірні години і вночі має зворотний знак. Із зростанням фітомаси температура повітря в полі стає нижчою, ніж на метеорологічному майданчику. В добовому ході  $\Delta T_{zn}$  та  $\Delta T_{2,0 zn}$  чітко просліджується перехід  $T_{zn}$  через 0. Строки переходу залежать від величин  $M_c$  та відносної площі листя  $L$ .

Це дозволяє зробити висновок, що зміни термічного режиму приземного шару повітря під впливом рослинного покриву спостерігаються і добовому ході і по мірі розвитку рослин.

Для характеристики температурного поля приземного шару повітря використовується поняття стрибок температури ґрунт – повітря:

$$\Delta T_n = T_z - T_{2,0}, \quad (4)$$

де  $T_z$  і  $T_{2,0}$  – температура поверхні ґрунту і температура повітря на висоті 2,0 м.

Дослідження показали, що в продовж доби спостерігається зміна коливань  $\Delta T_n$ . Найбільше значення  $\Delta T_n$  спостерігаються на початку періоду розвитку овочевих культур, один – два тижні після висаджування розсади у ґрунт, біля полудня, коли  $\Delta T_n$  змінюється від 0,8 до 28,9 °С.

У подальшому, коли рослини підростають і стають більш розвинені діапазон коливань  $\Delta T_{nm}$  і його найбільш імовірні значення зменшуються в залежності від накопиченої фіто маси. В період технічної стиглості рослин, при найбільшій фіто масі діапазон коливань  $\Delta T_{nm}$  о 13 г в порівнянні з метеорологічним майданчиком зменшується у 3 рази на полях баклажанами, солодким перцем та томатами. Такі зміни  $\Delta T_{nm}$  в

процесі розвитку рослин свідчать про значний вплив рослинності на термічний режим приземного шару.

Величина стрибків  $\Delta T_{nm}$  також залежить від приходу сонячної радіації і від вологості ґрунту (табл. 2).

Головним чинником зміни динаміки добового ходу показників термічного режиму посівів є денний хід  $Q$ , який визначається широтою місця, похилом сонця, наявністю хмар та прозорістю атмосфери.

В умовах змінної хмарності на механізм формування термічного режиму в посівах в значній мірі будуть впливати випадкові коливання сумарної радіації і елементів термічного режиму, які викликатимуться мінливістю хмарності та густотою посівів.

В табл. 3 представлені показники гідрометеорологічного режиму в посівах овочевих культур в дні настання основних фаз розвитку при різній густоті посівів. Аналіз розрахунків показав, найбільше на температуру поверхні ґрунту впливає густота посівів. При густоті 80 тис. рослин/га різниця становить 7,3 °С.

**2. Залежність стрибків температури ґрунт – повітря на метеорологічному майданчику ( $\Delta T_{nm}$ , °С) від приходу сумарної радіації і вологості ґрунту  $W_{0-20} = 30-50$  мм**

Строки спостережень, г	Сумарна радіація, Вт/м <sup>2</sup>												
	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700	770	850	920
7	1,9	2,3	2,5	2,9	3,5	4,0	-	-	-	-	-	-	-
10	2,4	3,6	5,6	7,4	10,2	12,1	13,5	14,9	16,2	17,5	18,4	19,3	-
13	-	-	7,3	9,3	11,0	13,4	15,6	17,8	19,2	20,4	20,5	20,9	21,7
16	3,9	6,0	7,3	9,2	11,1	13,0	15,1	17,8	-	-	-	-	-
19	1,9	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Джерело: авторські дослідження.

Водний режим посівів овочевих культур. Всі овочеві культури відзначаються підвищеними вимогами до забезпечення вологою. На більшій частині території України (степова і лісостепова зони) баклажани, капуста, огірки, солодкий перець і томати вирощуються переважно на зрошуваних полях. Водоспоживання рослин це кількість води, яка витрачається посівами за вегетаційний період. На величину водоспоживання рослин впливають біологічні особливості рослин, гідрометеорологічний режим впродовж вегетації та типи ґрунтів. Існуючі методи врахування гідрометеорологічних факторів при встановленні потреб рослин у воді засновуються переважно на врахуванні випаровуваності, яка розраховується за формулами з використанням стандартної метеорологічної інформації.

Дослідженнями [692] започаткований розвиток біокліматичних методів розрахунку випаровування і випаровуваності, в основі яких лежить визначення потреби рослин у воді, її мінливості під впливом погодних умов та стану рослин, а також визначення оптимального

водного режиму. Потреба рослин у воді розглядається як біологічна категорія, котра залежить від географічного положення місця, біологічних особливостей кожної культури і метеорологічних умов.

### 3. Гідрометеорологічний режим на полях з овочевими культурами за різної густоти посівів 50 тис. рослин/га (1), 80 тис. рослин/га (2) в період цвітіння

Культура	$T_p$	R	$\Delta T$	$\Delta L$	$T_g$	$T_{10}$
Баклажани						
(1)	23,1	20	1,5	1,0	45,6	25,8
(2)	22,9	21	1,1	1,1	26,0	24,0
Солодкий перець						
(1)	23,3	20	1,5	0,9	47,0	25,9
(2)	23,0	22	0,8	1,0	27,2	24,7
Томати						
(1)	23,4	20	1,5	0,6	24,6	24,8
(2)	23,2	20	1,2	0,8	24,0	23,3

Примітка:  $T_p$  – температура повітря, R – найменша вологість повітря,  $T_g$ ,  $T_{10}$  – температура ґрунту,  $\Delta T$ ,  $\Delta L$  – градієнти температури і вологості повітря.

Джерело: авторські дослідження.

Витрати води в польових умовах на сумарне випаровування  $E$  при безперебійному надходженні води до коріння розглядається як волого потреба рослин. Водний режим ґрунту вважається оптимальним, якщо кількість вологи в ґрунті знаходиться в інтервалі 70–80 % найменшої волого місткості (НВ).

Водоспоживання рослин прирівнюється до сумарного випаровування  $E$ , яке складається із транспірації рослин  $E_m$  та випаровування із поверхні ґрунту  $E_s$ . Для врахування біологічних особливостей рослин С. М. Алпатьєвим введено поняття біологічної кривої водоспоживання. Були розраховані подекадні значення біологічних кривих баклажанів, солодкого перцю і томатів, Порівняння їх показало, що різниця між ними не перевищує 0,1 в період максимального розвитку надземної маси.

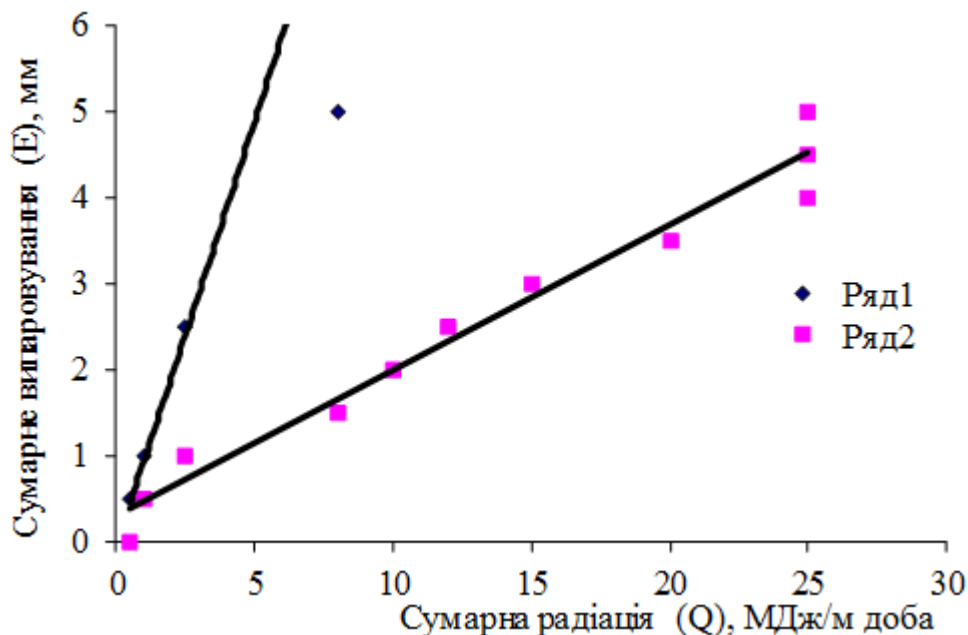
Тому при розрахунках доцільно користуватись значеннями одними і тими ж значеннями  $K$  для цих культур.

Найбільші значення біологічної кривої для овочевих культур спостерігаються в період максимального накопичення рослинної маси, тобто в період від початку цвітіння до першого збору плодів.

Приведені до однакових погодних умов та оптимальних запасів вологи у ґрунті біологічні криві є стійкою характеристикою впливу біологічних особливостей рослин на їх водоспоживання. По між фазних періодах значення коефіцієнтів біологічної кривої становить: від висаджування розсади у ґрунт до цвітіння – 0,65; від цвітіння до технічної стиглості – 0,75; через дві декади після настання фази технічної стиглості – 0,68, далі до кінця вегетації – 0,56.

Була розрахована випаровуваність на полях кожної культури і вона становила в середньому: для баклажанів від висаджування розсади в ґрунт до цвітіння 180 мм, від цвітіння до технічної стиглості 138 мм, від технічної стиглості до припинення вегетації 270 мм; солодкого перцю – 188, 145, 272 мм; для томатів – 180, 140, 269 мм.

Інтенсивність випаровування залежить  $Q$ ,  $W$ ,  $T_{pn}$  та площі зрошеної ділянки [ 693 ]. При зменшенні площі ділянок інтенсивність випаровування зростає. Залежність  $E$  від  $Q$  та  $L$  для баклажанів представлена на рис. 2.



**Рис. 1. Залежність інтенсивності сумарного випаровування баклажанів від сумарної радіації при різних значення відносної площі листа**

Джерело: авторські розробки.

Залежності побудовані при запасах продуктивної вологи у шарі 0–50 см 50–70 мм. Із рис. 1 видно, що при всіх значеннях відносної площі листа залежність випаровування від сумарної радіації пряmolінійна. Такі ж залежності спостерігаються на полях солодкого перцю, томатів і огірків. Такі залежності дають змогу розраховувати сумарне випаровування за даними сумарної радіації і площі листа. Врахування таких факторів як відносна площа листа та сумарна радіація підвищить точність розрахунків сумарного випаровування. Крім того, можливість розрахунків сумарного випаровування через відносну площу листа та сумарну радіацію, дає змогу включати їх в модель формування продуктивного процесу рослин [694].

<sup>693</sup> Константинов А. Р. Зависимость интенсивности испарения от размера площади испаряющей поверхности. *Труды Укр НИГМИ*. 1969. Вып. 84. С. 131–142.

<sup>694</sup> Полевой А. Н. Методы оценки агрометеорологических условий формирования продуктивности и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в Украине. *Гідрометеорологія і охорона*



Сумарне випаровування, як основна витратна складова теплового балансу зрошуваних сільськогосподарських полів, формується під впливом різних факторів: гідрогеологічних, біологічних, метеорологічних, ґрунтових, господарської діяльності людини.

Систематичні спостереження за сумарним випаровуванням дозволили виявити закономірності його зміни в динаміці розвитку овочевих культур протягом вегетаційного періоду.

Максимальні добові величини сумарного випаровування спостерігаються в період від цвітіння до технічної стиглості у всіх даних культур у зв'язку з найбільшою кількістю рослинної маси, що нагромадилася, і підвищеним температурним режимом (табл. 3). Найбільша кількість споживаної води за вегетаційний період доводиться на частку солодкого перцю, якнайменше – на частку томатів. Порівняння величин сумарного випаровування з полів овочевих культур до поливу і після поливу показує, що величина сумарного випаровування до поливу в два, два з половиною рази нижче, ніж після поливу. Потім ефект зрошування згладжується і величина сумарного випаровування через 6–7 днів досягає значень до поливу. До моменту максимального розвитку надземної маси рослин (фаза технічної стиглості) такого згладжування не спостерігається у наслідок збільшення транспірації рослин і зменшення випаровування з поверхні ґрунту через збільшення її затінювання. Таке співвідношення величини сумарного випаровування зберігається до кінця вегетаційного періоду.

Встановлено, що найбільша кількість споживаної води за вегетаційний період доводиться на частку солодкого перцю, якнайменше – на частку томатів. Величина випаровування і зміна запасів вологи під овочевими культурами функція багатьох процесів. Динаміка цих величин залежить від кількості опадів, норм поливів та розподілу їх в часі, температури повітря, міри розвитку коріння рослин. Основна маса коріння овочевих культур розташована у верхньому шарі ґрунту до глибини 60 см.

Висновки. Багаторічні дослідження гідрометеорологічного режиму зрошуваних полів овочевих культур дозволили виявити закономірності його формування в умовах зрошення та оцінити вплив агрометеорологічних факторів на формування врожаю цих культур.

Встановлені закономірності формування термічного режиму, вологості повітря і ґрунту в посівах зрошуваних овочевих культур дають можливість більш повно та надійно враховувати вплив цих елементів на ріст і розвиток рослин, оцінювати умови їх вирощування та впливати на них за допомогою різних агротехнічних заходів. Дослідження також дозволяють використати результати для побудови спрощеної моделі радіаційного режиму посівів овочевих культур для вирішення задач програмування урожаю.