

634.1:631.675+681.5(477.7)

УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ЗРОШЕННЯ В ІНТЕНСИВНИХ САДАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Л. В. КОЗЛОВА, кандидат с.-г. наук, науковий співробітник

Т. В. МАЛЮК, кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, заст. директора з наукової та інноваційної роботи

Мелітопольська дослідна станція садівництва (МДСС) імені М.Ф. Сидоренка ІС НААН

України, 72311, Мелітополь, вул. Вакуленчука, 99

e-mail:iossuaan@zr.ukrtel.net

Представлено результати з обґрунтуванню режимів мікрозрошення інтенсивних насаджень яблуні на чорноземях південних, з метою визначення ефективних ресурсозберігаючих режимів та способів мікрозрошення, для забезпечення оптимального водного режиму ґрунту в інтенсивних насадженнях яблуні, підвищення їх продуктивності та економії поливної води шляхом застосування оперативного методу призначення строків і норм поливів. Запропоновано використання таких агрокліматичних показників, як розрахункова випаровуваність (E_0) та кількість опадів (O) для визначення поливного режиму насаджень яблуні. Встановлено, що призначення поливів при 90% від балансу між випаровуваністю та кількістю опадів протягом вегетаційного періоду сприяє підтриманню вологості ґрунту на рівні 80% НВ і забезпечує оптимальне співвідношення між ростовими процесами та врожайністю.

Ключові слова: яблуня, водоспоживання, водний режим ґрунту, режим зрошення, системи мікрозрошення, автоматизація.

В умовах Південного Степу необхідність застосування зрошення в інтенсивних насадженнях плодових культур, зокрема яблуні, які передбачають щільну схему садіння дерев, малогабаритні типи крони, використання вегетативних підщеп, що зумовлюють розташування кореневої системи в обмеженому об'ємі ґрунту, швидкі темпи нарощування урожайності, очевидна. Адже щорічна кількість опадів у даній зоні не перевищує 350–500 мм, їх розподіл упродовж вегетації нерівномірний.

Водночас, показник випаровуваності становить у середньому 1400-1500 мм, тобто втричі перевищує кількість опадів. Тому коефіцієнт зволоження, тобто відношення кількості опадів до випаровуваності, у період вегетації плодових дерев не перевищує 0,3–0,5 [1]. Це призводить до значного дефіциту вологи у ґрунті, створює стресові умови для росту і розвитку плодових культур, внаслідок чого порушуються процеси водного обміну у плодових дерев і, відповідно, зменшується їх врожайність. Крім того за даними Гідрометеоцентру у південному регіоні кожний другий рік є посушливим, а кожний третій констатується як гостро посушливий.

Тобто, відмічено чітку тенденцію до змін кліматичних умов у бік зростання посушливості клімату.

Сучасні підходи до процесу зрошення плодових культур орієнтовані на підвищення автоматизації та оперативне управління водним режимом ґрунту, регулювання рівня надходження поливної води у повній відповідності з водоспоживанням рослин, зменшення витрат води та економію трудових і матеріальних ресурсів [2]. Цим вимогам у повній мірі відповідає краплинне зрошення, застосування якого задовольняє вимоги заощадження поливної води, оперативного керування умовами вологозабезпечення рослин, високого рівня автоматизації [3].

Проте, вказані його переваги виявляються тільки при розробці і подальшому дотриманні оптимальних параметрів режиму зрошення плодових культур [4]. На перший план у вирішенні цього питання висувається задача оперативного визначення оптимальних строків та норм поливів відповідно до фізіологічних потреб дерев для підвищення урожайності та ефективності використання поливної води [5].

Режим вологості ґрунту, який відповідає найбільш високому рівню врожайності, визначається, у першу чергу, величиною сумарного випаровування, що вважається основним елементом водного балансу активного шару ґрунту [6]. При плануванні режимів зрошення цей показник розраховується за допомогою моделей взаємозв'язку швидкості випаровування з випаровуваністю, скоригованих коефіцієнтами, що враховують роль плодових культур та клімату у випаровуванні вологи. Крім того, використання цього методу спрощує та здешевлює призначення поливних норм [7].

Таким чином, з одного боку, зрошення є однією з визначальних умов ефективного ведення інтенсивного садівництва у посушливих умовах півдня України, з іншого – отримання максимального ефекту від цього заходу можливо лише при поєднанні окремих елементів технології зрошення, зокрема краплинного, з урахуванням особливостей плодових культур для реалізації їх потенціалу продуктивності.

Тому метою наших досліджень було визначення оптимальних строків та норм поливу інтенсивних насаджень яблуні, зокрема із використанням розрахункового методу для підвищення урожайності плодових дерев, економії поливної води та підвищення рівня автоматизації процесу краплинного зрошення.

Методика. Дослідження проводились упродовж 2006-2013 рр. в інтенсивних насадженнях яблуні МДСС імені М.Ф. Сидоренка ІС НААН сортів Айдаред, Голден Делішес та Флоріна 2003 р. посадки, схема розміщення дерев – 4x1 м. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем південний важкосуглинковий. Для поливу дерев використовували систему краплинного зрошення із розташуванням водовипусків кожні 0,6 м з витратою води 1,5 л/год. Середній

показник НВ у шарі ґрунту 1 м становить 25,3 %. Ґрунтові води знаходяться на глибині нижче ніж 3 м. Для поливів використовувалася дніпровська вода, яка відповідала вимогам якості поливної води згідно з ДСТУ 2730:2015.

Схемою дослідів передбачено 5 варіантів: 1 – контроль (природне зволоження); 2 – призначення поливів за фактичним дефіцитом вологості кореневмісного шару ґрунту (0,4 м) термостатно-ваговим методом. Поливний режим на 3, 4 та 5-у варіантах встановлювався розрахунковим методом з використанням метеорологічних показників за 110 %, 90 % та 70 % різницею між випаровуваністю (E_0) та кількістю опадів (O) відповідно.

Показник випаровуваності розраховували за формулою М.М. Іванова: $A_0 = 0,0018(t + 25)^2(100 - r)$, де E_0 – випаровуваність, мм; t – середньодобова температура повітря $^{\circ}\text{C}$; r – середньодобова відносна вологість повітря, % [8]. Випаровування з водної поверхні визначали за випаровувачем ДГІ-3000.

Урожайність яблуні визначали згідно методичних рекомендацій Інституту садівництва [9]. Математичну обробку даних отриманих результатів проводили з використанням методів дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу за допомогою комп'ютерних програм ANOVA та MS Excel.

Результати досліджень. У результаті досліджень встановлено, що найбільші показники фактичного сумарного водоспоживання дерев яблуні спостерігались у період росту пагонів від 732 до 745 м³/га, найменші – у період цвітіння від 308 до 320 м³/га. У фазу диференціації генеративних бруньок та росту і досягання плодів сумарне водоспоживання складало від 633 до 666 м³/га відповідно без суттєвої різниці між схемами посадки дерев.

Як свідчать результати математичного аналізу даних, показники сумарного водоспоживання, визначені різними методами (за випаровувачем ДГІ-3000 та розрахунковим методом) відхилялися від фактичних значень цього показника, визначеного термостатно-ваговим методом, не більше ніж на 2 - 10% у середньому за період досліджень.

З метою виявлення залежності між показниками сумарного водоспоживання, визначених термостатно-ваговим (в середньому по двох схемах посадки), розрахунковим методами та випаровувачем ДГІ-3000, проведено регресійний аналіз який показав, що ця залежність у період вегетації плодкових дерев характеризувалась рівнянням: $y = 2,99 + 0,27x_1 + 0,69x_2$ ($R^2 = 0,93$, $S_{yx} = 5,3$ мм), де x_1 - розрахунковий метод, x_2 - за випаровувачем ДГІ-3000.

Парний аналіз показав тісну кореляційну залежність між показниками сумарного водоспоживання визначеного термостатно-ваговим методом (y) та за випаровувачем ДГІ-3000 (x), яка характеризувалась таким рівнянням: $y = 1,88 + 1,03x$ ($R^2 = 0,87$, $S_{yx} = 6,8$ мм); між термостатно-ваговим (y) та розрахунковим (x): $y = 4,08 + 0,94x$ ($R^2 = 0,92$, $S_{yx} = 5,5$ мм).

Для більш точного визначення сумарного водоспоживання дані способи потребують коригування коефіцієнтами, які враховуватимуть біологічні особливості дерев яблуні. З цією метою у наших дослідженнях проведено математично-порівняльний аналіз величини сумарного водоспоживання в інтенсивних насадженнях яблуні на чорноземі південному важкосуглинковому в шарі 0,4 м, визначеного термостатно-ваговим методом, з величинами, розрахованими як різниця між випаровуваністю за формулою М.М. Іванова (E_0) та кількістю опадів (O): 110, 90, 70% ($E_0 - O$). При використанні рівняння $y = 4,08 + 0,94 x$, де x – випаровуваність за формулою М.М. Іванова, отримано теоретичні величини норми поливу інтенсивних насаджень яблуні, які суттєво не відрізнялися від фактичних значень. Так, наприклад, відхилення норм поливу, визначених термостатно-ваговим методом та на варіанті 90% ($E_0 - O$), взагалі не перевищували 2–8 % (табл. 1). Отже, для оперативного управління поливним режимом інтенсивних насаджень яблуні пропонується використання вищенаведеної формули.

1. Розрахунку фактичних та теоретичних величин норм поливу, (на прикладі 2009 р.)

Дата поливу	80% НВ	110 % ($E_0 - O$)		90 % ($E_0 - O$)		70 % ($E_0 - O$)	
		А	Б	А	Б	А	Б
17.06	55,5	62,1	60,4	50,2	49,4	39,6	38,4
8.07	56,7	62,4	71,2	62,4	58,3	38,9	45,3
15.07	47,3	52,0	48,6	42,5	39,8	33,1	30,9
22.07	56,7	62,4	64,3	51,0	52,6	39,7	40,9
29.07	51,2	64,2	65,8	52,4	53,9	40,1	41,9
5.08	53,5	56,4	67,7	46,2	55,4	35,9	43,1
12.08	63,1	62,4	70,2	53,7	57,4	39,1	44,6
19.08	24,0	26,4	23,4	21,6	19,2	16,8	14,9
26.08	56,8	62,5	60,9	51,2	49,8	39,8	38,7
5.09	45,8	55,0	49,3	41,7	40,4	37,1	31,4
Зрошувальна норма, м ³ /га	510	566	582	463	476	360	370

Примітка: А – фактичні значення, Б – теоретичні значення

Щодо загальної динаміки вологості ґрунту впродовж вегетаційного періоду яблуні слід зазначити наступні загальні тенденції. На початку вегетації в насадженнях яблуні усіх сортів вміст вологи у ґрунті коливався в межах значення найменшої вологості (НВ). Упродовж квітня її вміст у верхніх шарах ґрунту знижувався до рівня 80-85 % НВ. Від початку літа запас вологи, нагромаджений у кореневмісному шарі ґрунту, починав інтенсивно зменшуватися. На варіанті природного зволоження запас вологи у метровому шарі ґрунту наприкінці літа знижувався до 163–167 мм, що на 50% менше від НВ. За роки досліджень максимальне висушування ґрунту відмічено у серпні.

На варіантах із зрошенням вміст вологи в 0,4 м шарі ґрунту на момент першого поливу коливався в середньому по роках у межах 90–105 мм. Вологість ґрунту впродовж вегетації

яблуні на варіанті з призначенням поливів при 110 % ($E_0 - O$) відмічена на рівні 80–85% НВ, при 90 % ($E_0 - O$) – 75–80% НВ, при 70 % ($E_0 - O$) – 68–75% НВ. Результати досліджень свідчать про несуттєву різницю щодо вмісту вологи між сортами яблуні.

Визначено, що динаміка вологості ґрунту визначалась особливостями погодних умов року, а також запланованим рівнем передполивної вологості ґрунту. Цей показник, у свою чергу, обумовлював тривалість міжполивного періоду, який становила 5–10 днів. Всього на варіантах дослідів проведено від 8 до 13 поливів, причому найбільша потреба в поливах виникала впродовж липня – серпня. Саме у цей період відмічено найвищий ступінь висушування ґрунту (до 50 % НВ) на контрольному варіанті.

Розрахунки поливних норм у дослідженнях були проведені на основі даних фактичного запасу вологи в кореневмісному шарі ґрунту та випаровуваності, розрахованої за метеорологічними показниками. Максимальні зрошувальні норми в середньому за період досліджень застосовувались у варіанті з призначенням поливів при 110% ($E_0 - O$) – 634 м³/га, найменші – на варіанті 70% ($E_0 - O$) – 404 м³/га (табл. 2). Слід відзначити, що оперативне визначення поливного режиму при 90 % ($E_0 - O$) дозволяє підтримувати вологість 0,4 м шару ґрунту в межах 80 % НВ (тобто оптимальну для інтенсивних насаджень яблуні [10]), у зв'язку з чим показники норм поливу та зрошувальних норм на цих варіантах також наближені.

2. Динаміка показників режиму зрошення дерев яблуні (в середньому за 2006–2013 рр.)

Варіанти дослідів	Кількість поливів, шт.	Норма, поливу, м ³ /га	Міжполивний період, дні	Зрошувальна норма, м ³ /га
Контроль	-	-	-	-
80% НВ	9	62,8	6-9	566
110% ($E_0 - O$)	9	70,4	6-9	634
90% ($E_0 - O$)	9	58,1	6-9	523
70% ($E_0 - O$)	9	44,9	6-9	404

Крім того, встановлено, що величина сумарного водоспоживання яблуні як одного з основних показників, що характеризують витрати води садом на транспірацію і ґрунтове випаровування [5], за природного зволоження за роки досліджень становила 3274 м³/га (табл. 3). Водночас, загальна витрата води на варіантах із зрошенням була інтенсивнішою. Так, найвищі значенні сумарного водоспоживання зафіксовано на варіанті 110% ($E_0 - O$) – 3873 м³/га, що на 599 м³/га перевищує контроль. Важливо відмітити, що параметри даного показника на варіантах з 80 % НВ та 90 % ($E_0 - O$) суттєво не відрізнялися (відхилення не перевищували 4 %). Цей факт ще раз підтверджує можливість використання розрахункового методу призначення поливу при 90 % ($E_0 - O$) для забезпечення оптимального режиму зрошення яблуні.

Щодо впливу зрошення на врожайність насаджень яблуні встановлено, що його застосування суттєво підвищує цей показник на 6,1 т/га (при $НР_{05}=3,9$ т/га). Математично

доведено, що призначення поливів при 70 % ($E_0 - O$) хоч і забезпечує достовірне зростання врожаю плодів відносно контролю, проте відносно інших варіантів вона істотно нижча. Водночас, встановлено, що підтримання вологості ґрунту на рівні 80% НВ та призначення поливів за 110 % ($E_0 - O$) та 90 % ($E_0 - O$) не мають істотної різниці між собою за даним показником. Тобто, використання розрахункових методів для призначення поливного режиму не поступається за позитивним впливом на врожайність загальноприйнятому методу при дотриманні постійної вологості ґрунту 80% НВ, проте мають суттєву перевагу відносно витрат трудових та матеріальних ресурсів, а також часу на призначення поливу, порівняно з термостатно-ваговим методом контролю вмісту вологи у ґрунті.

3. Ефективність зрошення інтенсивних насаджень яблуні (середнє по сортах)

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Коефіцієнт	
			водоспоживання, м ³ /т	ефективності зрошення, кг/м ³
Контроль	16,4	3274	199,6	-
80% НВ	27,2	3774	138,8	17,3
110% (E_0-O)	29,6	3873	130,8	20,8
90% (E_0-O)	28,2	3626	128,6	21,8
70% (E_0-O)	22,5	3476	154,5	15,1
НІР ₀₅	3,9	102,7	5,6	0,86

Якщо ж порівнювати між собою розрахункові методи з використанням різних поправочних коефіцієнтів, то відзначимо, що за 70 % ($E_0 - O$) врожайність сортів яблуні істотно нижча відносно інших розрахункових методів, при 110 % ($E_0 - O$) за відсутності достовірної різниці за урожаєм плодів значно вищі показники витрати поливної води порівняно з призначенням поливу при 90% ($E_0 - O$). Підтвердження цього є розрахунки ефективності зрошення, наведені у табл. 3. Саме на варіанті з встановленням необхідності поливу з використанням рівняння 90 % ($E_0 - O$) режим зрошення по всіх сортах виявився найбільш ефективним. Це пов'язано з найнижчим коефіцієнтом водоспоживання, тобто витратою води на формування одиниці урожаю – 128,6 м³/т, а також найвищим коефіцієнтом зрошення, тобто відношенням витраченою за вегетацію поливної води до прибавки врожаю від зрошення – 21,8 кг/м³, як порівняно з контролем, так й іншими методами призначення поливу. Отже, використання розрахункового методу при 90 % ($E_0 - O$) є доцільним для визначення оптимального режиму зрошення насаджень яблуні за інтенсивної технології їх вирощування.

Таким чином, результати досліджень свідчать про високу ефективність використання системи мікрозрошення для підвищення продуктивності дерев яблуні, а забезпечення оптимального водного режиму ґрунту в інтенсивних насадженнях яблуні можливе шляхом застосування оперативного методу визначення строків і норм поливів.

Висновки. Доведено доцільність використання розрахункового методу призначення поливу інтенсивних насаджень яблуні із застосуванням метеорологічних показників за різницею між випаровуваністю (E_0) та кількістю опадів (O), який порівняно з класичним термостатно-ваговим забезпечує оперативне управління режимами зрошення, зокрема за рахунок скорочення терміну призначення строків та норм поливу на 2-3 дні, збільшення міжполивного періоду до 7 днів за дотримання запланованого рівня передполивної вологості ґрунту, зниження витрат трудових і матеріальних ресурсів, у першу чергу за рахунок відмови від визначення вмісту вологи у ґрунті гравіметричним методом, підвищення урожайності насаджень до 60 %.

Показано, високу ефективність зрошення яблуні при встановленні необхідності поливу за рівнянням $90\% (E_0 - O)$, тобто використанні поправочного коефіцієнту 0,9 для розрахунку випаровуваності за формулою Н.Н. Іванова, що дозволяє підтримувати оптимальну вологість ґрунту для даної культури в умовах Південного Степу, економію поливної води та забезпечує високу ефективність зрошення.

Список використаної літератури

1. Козлова Л. В. Водоспоживання та врожайність молодих дерев яблуні при різних режимах мікрозрошення в умовах Південного степу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2009. № 133. С. 189-193.
2. Горбач М. М., Козлова Л. В. Підвищення ефективності мікрозрошення плодкових культур на півдні. Садівництво. Київ, 2012. Вип. 66. С. 182-188.
3. Горбач М. М., Козлова Л. В. Режим мікрозрошення плодкових культур на півдні України. Садівництво. Київ, 2015. Вип. 70. С. 122-127.
4. Козлова Л. В. Ефективність вирощування сорту яблуні (*Malus Domestika borkh.*) Ренет Симиренка при мікрозрошення у Південному Степу України. Садівництво. Київ, 2014. Вип. 68. С. 298-303.
5. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензометричного методу / за ред. М. І. Ромащенко, В. М. Корюненко, М. М. Муромцев. Київ: ТОВ «ДІА», 2012. 72 с.
6. Nagy A., Tamas J. Integrated airborne and field methods to characterize soil water regime Proceedings of peer-reviewed contributions, Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences. Bratislava, 2009. P. 412–420.
7. Iglesias I., Salvia J., Torguet L., Montserrat R. The evaporative cooling effects of overtree microsprinkler irrigation on 'Mondial Gala' apples. Scientia Horticulturae, 2005. № 103. P. 267–287.
8. Константинов А. Р. Испарение в природе. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1968. 531 с.
9. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ: Аграрна наука, 1996. 96 с.
10. Водяницький В. І., Позднякова Т. П., Горбач М. М. Водоощадлива технологія мікрозрошення яблуні. Аграрна наука виробництву. Київ, 2008. № 1. С. 6.

MANAGEMENT OF IRRIGATION REGIMES IN THE INTENSIVE ORCHARDS OF THE SOUTH OF UKRAINE

L. V. Kozlova, PhD, Research Worker

T. V. Malyuk, PhD in Agriculture, Senior researcher, Associate Director of scientific and innovative works

M. F. Sydorenko Melitopol' Research Station of Horticulture of IH, NAAS of Ukraine, 72311, Melitopol', 99, Vakulenchuk St., e-mail:iossuaan@zp.ukrtel.net

Keywords: apple, water consumption, water regime of soil, irrigation regime, system of microirrigation, automation,

The author presents the results of substitution of microirrigation regimes of intensive apple orchards on southern chernozems aiming to detect effective resource-saving regime of microirrigation for providing optimal water regime of soil in fruit orchards, improving their productivity and irrigation water saving by using operative method to appoint the terms and rates of irrigation. The usage of agroclimatic indexes such as rated evaporation (E_0) and amount of precipitation (P) for effective determination of irrigation terms and rates was suggested. It was detected that appointing of irrigation at 90% from balance between evaporation and precipitation amount the vegetative period helps to keep soil moisture on the 80% level of the least moisture capacity and provides optimal correlation between growth processes and productivity. The connection between total water consumption and trees productivity was demonstrated.