
ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 631.67:502.175](477)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.19>

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СПОСОБІВ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Алексєєва А.О.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв

Проаналізовано різноманітні способи зрошення, які використовуються в світі, на предмет екологічних характеристик і переваг. Показано, що спосіб дощування має ряд переваг над поверхневими способами поливу як за технічними характеристиками (створення оптимального водно-повітряного режиму ґрунту через регулювання поливної норми в широких межах (від 30...50 до 300...600 м³/га і більше); можливість зрошення ділянок з великим нахилом і складним мікрорельєфом; менш ретельне розпланування зрошуваних полів; можливість забору води із земляних каналів та із закритої мережі), так і за екологічними перевагами (менші витрати води, регулювання глибини зволоження ґрунту; поліпшення мікроклімату й розвиток кореневої системи). Краплинне зрошення є більш точним і ресурсоекономним, однак поки дорогим і не масово поширеним способом, хоча впроваджується частіше. Розглянуто, що окремі способи зрошення мають доповнювати один одного, а його вибір вирішується залежно від природно-господарських умов. Досліджено, що норми зрошення впливають на інтенсивність переходу екологічних поллютантів зі зрошувальної води у зрошувані сільськогосподарські культури. Водночас розмах коливань норм зрошення для краплинного способу визначається фазами розвитку культури (посів – початок цвітіння – зв'язування плодів – масове плодіння), але навіть за максимальними значеннями норми зрошення при краплинному засобі є на порядок меншими за аналогічні норми зрошення дощуванням. Тому можна очікувати суттєву відмінність величин допустимих рівнів радіоактивних речовин у зрошувальній воді при краплинному зрошенні порівняно зі зрошенням способом дощування. Вважаємо, що норми зрошення є обов'язковим фактором, який необхідно враховувати при визначенні допустимих рівнів вмісту радіоактивних речовин у воді, що подається на зрошення сільськогосподарських культур. *Ключові слова:* способи зрошення, норми поливу, дощування, краплинне зрошення.

Environmental impact assessment of methods of agricultural cultures irrigation. Aleksieieva A.

The various irrigation methods used in the world are analyzed for environmental characteristics and benefits. Thus, it is shown that the method of sprinkler irrigation has several advantages over surface irrigation methods, as for the technical characteristics (creation of optimum water-air regime of the soil through regulation of irrigation rate within wide limits (from 30... 50 to 300... 600 m³/ha and more); possibility of areas irrigation with a large inclination and difficult microrelief; less careful planning of irrigated fields; possibility of abstraction of water from earth channels and from closed network) and environmental benefits (lower water consumption, regulation of soil moisture; improvement of microclimate and development of root system). Although drip irrigation is a more accurate and economical way of irrigation, it is still expensive and not widespread, but it is more commonly implemented. It is shown that individual irrigation methods should complement each other, and the choice of irrigation method is decided depending on natural and economic conditions. Irrigation norms have been shown to influence on the intensity of the environmental pollutants transfer from irrigation water to irrigated crops. In this case, the magnitude of fluctuations in irrigation rates for the drip method is determined by the stages of crop development (sowing – the beginning of flowering – fruit binding – mass fertility), but even by the maximum values of irrigation rate in drip irrigation is much smaller than the same rates in sprinkler irrigation. Therefore, we can expect a significant difference in the values of the allowable levels of radioactive substances in irrigation water in drip irrigation compared with sprinkler irrigation. We believe that irrigation rates are a mandatory factor that must be taken into account when determining the permissible levels of radioactive substances in water supplied to irrigated crops. *Key words:* irrigation methods, irrigation rates, sprinkler irrigation, drip irrigation.

Постановка проблеми. В Україні, значна територія якої виступає зонами нестійкого й недостатнього зволоження, продовольче та ресурсне забезпечення також значною мірою залежить від наявності, стану та ефективного використання зрошуваних земель. Зрошувані землі розміщені в Україні переважно у степовій та лісостеповій природно-кліматичних зонах. Сьогодні державою визнано, що зрошення є необхідним фактором, від якого сільськогосподарське виробництво ускладнюється та дорожчає, але підвищується його ефективність та сталість.

Мета дослідження – розглянути екологічну оцінку способів зрошення сільськогосподарських культур.

Виклад основного матеріалу. За типом подачі води для зрошення сільськогосподарських культур розрізняють поверхневе й точне дощування (краплинне, внутрішньогрунтове, мікродощування).

За допомогою поверхневого способу поливу вода розподіляється полем самопливом спеціально побудованою регульовальною мережею трьох видів: поливні борозни, поливні смуги, окремі ділянки (чеки). Відповідно полив називають за борознами,

напуском за смугами, затопленням. Але якщо похили поверхні поливних ділянок більше 3%, то такий спосіб не застосовують.

Полив за борознами. Такий полив застосовують для зрошення овочевих, технічних, баштанних культур і картоплі, а також садів і виноградників. Вода по полю розподіляється за допомогою спеціально нарізаних борозн (рис. 1). Коренемісткий шар ґрунту зволожується за рахунок всмоктування води під час руху за борознами. Найкращі умови для поливу по борознах на ґрунтах зі слабкою та середньою водопроникністю (важких) і за незначних похилів поля.

Полив за смугами. Напуском по смугах поливають культури суцільної сівби – трави, зернові, зернобобові. Застосовують на полях з глибоким заляганням ґрунтових вод на важких ґрунтах (рис. 2).

Зрошуване поле поділяють земляними валиками висотою 15–25 см на смуги. Ширина смуги повинна дорівнювати ширині захвату сівалки (3,6 метрів) або бути кратною їй. Поливна вода, надходячи на смугу, розтікається по ній суцільним шаром від 3 до 12 см висотою. Водночас істотне значення має вирівнювання поверхні.

Екологічні недоліки способів поливу за борознами і смугами:

- сильне затоплення поверхні поля;
- значні втрати води через нерегульовану її подачу.

Полив затопленням. Застосовують при вирощуванні рису. Зрошуване поле поперечними і повздовжніми земляними валиками розбивають на окремі ділянки – чеки, які заповнюють водою (рис. 3). Ділянки, виділені під затоплення, повинні мати дуже малі похили, низьку водопроникність ґрунту. На легких ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод за відсутності водотоку не можна застосовувати цей спосіб поливу, це може призвести до заболочування.

Оскільки при затопленні у ґрунті відбуваються низхідні токи води, що вимивають солі з коренемісного шару, рис можна



Рис. 1. Полив за борознами



Рис. 2. Полив за смугами



Рис. 3. Полив затопленням

виросувати на засоленних ґрунтах, він є меліоруючою культурою. Поле розбивається на карти довжиною 40–1500 м, шириною 150–250 м. Карти поділяють валиками на чеки, кількість і розміри яких залежать від рельєфу і похилу поля. Площа чека повинна бути не менша 2 га, а довжина однієї з сторін не менше 200 м. Найчастіше при сприятливому рельєфі вся карта може являти собою єдиний чек, тоді її називають картою-чеком.

Дощування. Це спосіб поливу, за якого вода спеціальними апаратами викидається в повітря, подрібнюється на краплини і у вигляді штучного дощу падає на ґрунт і рослини (рис. 4).

Дощування має ряд переваг над поверхневими способами поливу по борознах чи смугах. За технічними характеристиками виділяють такі переваги:

- поливна норма регулюється більш точно і в широких межах (від 30...50 до 300...600 м³/га і більше), що дає змогу створити водно-повітряний режим ґрунту, близький до оптимального;
- можна поливати як гладкі ділянки, так і ділянки з великим похилом і складним мікрорельєфом;
- потрібне менш ретельне розпланування полів;
- забір води можливий із земляних каналів, а також із закритої мережі.

Екологічні переваги:

- менші витрати води;
- регулювання глибини зволоження ґрунту;
- поліпшення мікроклімату і розвиток кореневої системи тощо.

Системи зрошення дощуванням постійно удосконалюються відповідно до потреб землекористувачів. На сьогодні застосовують як пересувні, так і стаціонарні системи, сезонні або постійні, що використовуються для надкранового або підкранового поливу при різних витратах і тисках води. Більшість культур у світовій практиці зрошують дощувальними

машинами типу СІДАД, Шеффер, Netap, Шеврон, Intersigma, СІД, ДДН, Росинка, Дніпро, КДУ, Фрегат, Волжанка та інші [3].

Переваги зазначених систем полягають у наступному:

- 1) простота використання;
- 2) можливість застосування на ділянках різної площі та топографії;
- 3) висока ефективність зрошення;
- 4) зміна інтенсивності зрошення в широкому діапазоні залежно від інфільтраційної здатності ґрунту;
- 5) зрошення будь-яких типів ґрунтів;
- 6) економічна та екологічна доцільність застосування;
- 7) рівномірний розподіл вологи в ґрунті на зрошуваних полях;
- 8) створення мікроклімату над рослинами з метою захисту від сонячної радіації та інших небезпечних факторів.

Екологічними недоліками систем дощування є:

- а) значні енерговитрати для роботи дощувальних систем;
- б) втрати води на випаровування (до 30 %);
- в) значні втрати води на великих ділянках або на ділянках, які мають неправильну форму.

У різних країнах застосовуються різні дощувальні машини. Наприклад, у США для реалізації великомасштабних іригаційних проектів насамперед використовуються шарнірно-кругові та лінійно-пересувні поливні системи фірми «Валлер». У світі зрошується понад 4 млн га земель. Вартість урожаїв, що отримують на полях, де застосовуються такі системи, перевищує 3 млрд доларів США [3].

Точне зрошення. Такий тип поливу полягає в автоматичному керуванні зрошенням (тривалість роботи системи, норма виливу тощо) на основі різномісних даних (вологість ґрунту, густина зростання рослин, прогноз погоди тощо). Точне зрошення впроваджується й в Україні. Одним з найперших подібний проект реалізувало торік акціонерне товариство «Фрідом Фарм Інтернешнл»: вони мають 26 тис. га на зрошенні і дуже добрі показники по сої. В аграрній компанії минулого року на площі майже 1000 га було встановлено 14 поливних машин, в яких присутня система точного зрошення. Вони не тільки обладнані комп'ютерами і керуються через смартфон, а ще й отримують дані з метеостанцій у радіусі 30 км. На їх основі комп'ютери дощувальних машин роблять прогнози погоди і з урахуванням їх, а також складу і вологості ґрунту, культури, виконаних агротехнологічних операцій



Рис. 4. Спосіб дощування

виробляють програму поливу, яку отримують агрономи та гідротехніки. Крім того, система постійно записує низку ключових показників (вологість ґрунту, кількість вилитої води тощо), доступ до яких мають керівники і власники агрофірми і таким чином можуть перевірити роботу своїх працівників. У 2017-му «Фрідом Фарм Інтернешнл» удвічі збільшила обсяги придбання таких систем [5].

Краплинне зрошення. Поки польові культури зрошували дощувальними машинами, більш інтенсивні – овочеві, ягідні, плодові – активно переходили на краплинні системи. Вони вимагають значних інвестицій – 1000–2000 \$/га, однак і віддачу приносять дуже відчутну. Овочівники пересвідчилися, що краплинне зрошення, завдяки тому, що подає воду безпосередньо до кореневої системи, дозволяє знизити витрати води на 40% порівняно з дощуванням. Ще одна перевага краплинних систем – можливість розташування на схилах, що неможливо для систем дощування.

На Півдні України вже не уявляють ефективного овочівництва без краплинного зрошення. Ще кілька років тому у Каховському районі, овочевій столиці України, 95% поливних земель зрошувалося саме краплинними системами [4].

Переваги краплинного зрошення починають відкривати для себе й виробники польових культур [4].

В Україні останнім часом проводилися експерименти з вирощування в промисловому обсязі на краплинному зрошенні кормової кукурудзи, сої, цукрового буряка і навіть рису. Замість того, щоб повністю заливати поле водою, прокладається краплинна стрічка рядами через 80 см, і через них підтримується максимальна вологість ґрунту. Щоб вилити необхідну кількість води, система працює до 22 год на добу. Це дає змогу обходитися розходом води в 10–11 тис. м³/га за сезон, зменшити витрати добрив і водночас поліпшити екологічну ситуацію, уникнувши заболочування ґрунту і змивання значної частини добрив у чеки. За даними компанії «Нетафім Україна» (український підрозділ ізраїльської компанії Netafim, яка й винайшла 50 років тому краплинне зрошення) врожайність рису складала 10,5–12,6 т/га, водночас у ньому не накопичувався миш'як, що трапляється під час заболочування ґрунту, тобто продукцію можна було використовувати навіть для дитячого харчування.

Найбільшого поширення серед усіх польових культур краплинне зрошення отримало на кукурудзі. За даними компанії «Нетафім Україна», врожайність кормової кукурудзи на краплинному зрошенні в сезоні 2015–2016 рр. становила 14–16 т/га, що дало змогу окупити затрати навіть на цю недешеву систему [5].

На сої у сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю «Дніпро» на Черкащині вдалося отримати 4,2–4,5 т/га, тоді як на дощуванні врожаї становили зазвичай 2–3,5 т/га і лише в найкращі роки – 4 т/га, а на богарі – 1–1,5,

в кращому разі 1,8 т/га. Цукрового буряка на краплинному зрошенні в товаристві з обмеженою відповідальністю «Астарт-Київ» зібрали по 80–85 т/га, а в приватному підприємстві «Сенатор-Агро-Плюс» на окремих ділянках вона досягала 138 т/га [5].

Найновіші технології зрошення. В Ізраїлі зараз ті, у кого дощувальні машини відслужили свій вік, не купують натомість нових. Замість них встановлюють краплинні системи, зазвичай підземні і довговічні, які служать по 10–20 років, а не знімаються щосезону, як більшість наземних. Так вирішуються проблеми, характерні для дощування. По-перше, сильна нерівномірність поливу. Рослина під час дощування хоча й отримує рекомендовану дозу води, однак сприймає цей процес як чергування короткочасних злив з тривалими періодами посухи. Відповідно переживає стрес, на відміну від періоду, коли полив рівномірний. По-друге, крупні краплини, характерні для дощувальних машин, можуть і прибити маленькі ростки. По-третє, під час дощування утворюється поверхнева кірка, що порушує аерацію ґрунту [5].

Ще однією тенденцією зрошувальної галузі є **мікродощування**. Це те саме дощування, тільки виконується воно не зрошувальними машинами, а спринклерами, що розставляються по полю вручну через кожні 10–12 м. До них поліетиленовою трубою подається вода, а потім розбризкується краплями розміром 4–4,5 мм – меншими, ніж дають дощувальні машини. В Ізраїлі в такий спосіб поливається низка овочевих культур, які у нас зазвичай зрошуються дощуванням: картопля, морква, капуста, редиска, салат, а також часник. На цибулі такі системи застосовуються в перші 3–4 тижні вегетації одночасно з краплинним зрошенням. Після цього спринклери переносять, залишаючи тільки краплинну систему.

Мікродощування застосовується не тільки на овочевих, а й на деяких ягідних (наприклад, на суниці) та плодових культурах. У садах, за словами О. Матвійця, вони використовуються не тільки для поливу, а й для туманоутворення при загрозі заморозків. Такі проекти теж уже працюють в Україні.

Однак при наявності різноманітних типів систем зрошення (звичайного, точного зрошення, краплинного зрошення, мікродощування) всі вони повинні мати джерело водного забезпечення, від якості води якого залежить насамперед якість зрошувальної води.

За вмістом в ній радіаційних полунтантів (Q_r) якість зрошувальної води буде визначатися кількісним показником переходу радіонуклідів (r) з води у рослину k_r ($\frac{B_k/k_2}{B_k/l}$):

$$Q_r = Q_r(k_r)$$

На перехід радіонуклідів зі зрошувальної води в зрошувані сільськогосподарські культури буде впливати кількість води, яка потрапляє до рослини, що визначається нормами зрошення N_{ir} .

Таблиця 1

Норми зрошення сільськогосподарських культур, м³/га

Сільськогосподарська культура	*) Збірник норм водопотреби видання, 1984 р.	**) Інститут зрошувального землеробства, 1986 р.	*) Інститут водних проблем і меліорації, 2014 р.	Різниця м ³ /га
Кукурудза на зерно (середньостиглі гібриди)	2300	1900	2500	100–600
Люцерна 2-го року	3600	3500	3700	100–200
Кормовий буряк	2800	3300	3600	300–800
Томати	2700	2600	3000	300–400
Кукурудза стерньова	1900	1900	2000	100
Соя рання	-	2500	2700	200

Таблиця 2

Норми зрошення для крапельного способу

Сільськогосподарська культура	Норма зрошення, м ³ /га (границі меж норм для всіх фаз розвитку)
Томати	40–100
Огірок	30–50
Капуста білоголова	45–80
Перець солодкий	65–100
Цибуля ріпчаста	25–80
Морква	65–180
Буряк столовий	75–200
Кабачок	55–120
Баклажани	75–110
Часник	25–60

Проаналізуємо норми зрошення для різних способів зрошення.

Для способу дощування норми зрошення (розраховані як норми водопотреби) наведено за різними джерелами [2].

Порівняння норм водопотреби, розрахованих у різні роки протягом останніх трьох десятиріч, свідчать, що у наведених сільськогосподарських культур спостерігається зростання норм водопотреби в зрошенні при порівнянні з існуючими раніше нормативами на 10–15%. В екстремально посушливі роки ця різниця по окремих сільськогосподарських культурах досягає 20% [2].

Для крапельного способу норми зрошення наведено за Стандартом [1] (табл. 2).

Розмах коливань норм зрошення для крапельного способу визначається фазами розвитку культури (посів – початок звітіння – зв'язування плодів – масове плодіння). Однак, навіть за максимальними значеннями норми поливу при крапельному зрошенні на порядок менші за аналогічні норми зрошення дощуванням.

Це має бути враховано при визначенні допустимих рівнів вмісту радіоактивних речовин у воді, що подається на зрошення сільськогосподарських культур.

Висновки. Вибір способу зрошення зумовлюється конкретними природно-господарськими умовами (кліматичні, геоморфологічні, ґрунтово-геологічні, агробіологічні, господарські). Визначено екологічні переваги та недоліки від застосування відомих способів зрошення. Однак окремі способи зрошення мають доповнювати один одне, а вибір способу зрошення вирішується залежно від природно-господарських умов.

На перехід екологічних полютантів, в тому числі радіоактивних, зі зрошувальної води у зрошувані сільськогосподарські культури впливає кількість води, яка потрапляє до рослини, що визначається нормами зрошення. Норми поливу при крапельному зрошенні на порядок менші за аналогічні норми зрошення дощуванням. Це має бути враховано при визначенні допустимих рівнів вмісту радіоактивних речовин у воді, що подається на зрошення сільськогосподарських культур.

Література

1. ДСТУ 7596 : 2014. Мікрозрошення. Краплинне зрошення овочевих культур. Загальні вимоги та способи контролювання. Київ, 2015. 12 с.
2. Жовтоног О.І. та ін. Нормування водопотреби у зрошенні сільськогосподарських культур з урахуванням сучасних умов водоземлекористування. *Меліорація і водне господарство* : збірник. Київ, 2015. Вип. 102. С. 49–53.
3. Клепиков О.Д. Вплив гідромеліораційних заходів на продуктивність сільгоспугідь [Електронний ресурс]: nbuv.gov.ua › j-pdf › Rav_2017_29_9].
4. Крапельне зрошення на польових культурах може окупитися за 1-2 сезони. *Пропозиція* : Головний журнал з питань агробізнесу : веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/krapelne-zroshennya-na-polovyh-kulturah-mozhe-okupytytsya-za-1-2-sezony>.
5. Крапельне зрошення як нагальна потреба українського АПК. *Пропозиція* - Головний журнал з питань агробізнесу : веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/krapelne-zroshennya-yak-nagalna-potreba-ukrayinskogo-apk>.