



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.675:631.674.6:633:635

© 2015

М.І. Ромащенко,
академік НААН,
доктор технічних
наук

А.П. Шатковський,
О.В. Журавльов,
кандидати
сільсько-
господарських
наук

Ю.О. Черевичний
Інститут
водних проблем
і меліорації НААН

ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМІВ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Мета. Удосконалити та науково обґрунтувати режими краплинного зрошення просапних культур в умовах Степу. **Методи.** Загальноприйняті лабораторні, математичної статистики, польові короткотермінові дослідження. **Результати.** Досліджено вплив елементів технології краплинного зрошення на особливості формування водного режиму ґрунту, водоспоживання та продуктивності просапних сільськогосподарських культур, встановлено закономірності формування режимів зрошення, водоспоживання, продуктивності та залежності «водоспоживання — урожайність» за краплинного зрошення просапних культур. **Висновки.** Науково обґрунтовано оптимальні параметри режимів краплинного зрошення просапних сільськогосподарських культур для умов Степу.

Ключові слова: технологія, краплинне зрошення, просапні культури, режим зрошення, урожайність, водоспоживання.

Несприятливий водний режим ґрунту — основний лімітувальний фактор, який стримує реалізацію агроресурсного потенціалу в зоні Степу. Нині є багато заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу посух, проте найефективніші, як свідчить практика, — зрошувальні меліорації. У часи бурхливого розвитку меліорації (1966–1990 рр.) площі зрошуваних земель в Україні було доведено до 2,62 млн га, тобто зрошували кожний 5-й гектар ріллі півдня. У період економічної кризи 1990–2000 рр. площі фактичного поливу різко скоротилися до 0,58–0,69 млн га, що відповідає показникам 1966–1968 рр., у 2014 р. — до 0,49 млн га (без урахування Криму). Проте зазначимо, що це скорочення стосується так званого великого

зрошення — дощування [11]. Натомість площі під краплинним зрошенням зросли з 4,5 тис. га (2000 р.) до 75,5 тис. га (2014 р.), з них 46,5 тис. га перебувають під просапними культурами [12].

Переваги краплинного зрошення перед традиційними способами зрошення (дощуванням, поверхневим поливом) відомі давно. При цьому варто зауважити, що завдяки відповідності технології краплинного зрошення двом взаємопов'язаним умовам сталого розвитку — високій економічній ефективності та екологічній безпеці — воно набуло широкого застосування для поливу овочевих, плодових культур і виноградних насаджень. Останніми роками дедалі більше краплинне зрошення почали застосовувати на таких культурах,

1. Об'єкти (географія досліджень) та види сільськогосподарських культур

Установа	Місцезнаходження, ґрунтова-кліматична зона	Сільськогосподарська культура, роки досліджень
Кам'янсько-Дніпровська дослідна станція ІВПіМ НААН	м. Кам'янка-Дніпровська Запорізької обл., підзона Степова південно- центральна засушлива	Морква (2004–2006), картопля (2006–2010), перець і баклажан розсадні (2010–2013), бурак цукровий (2010–2014), кукурудза (2012–2014), соя (2010–2014)
ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН	с. Привітне Цюрупинського р-ну Херсонської обл., Степ Сухий	Томат розсадний (2009–2011), цибуля ріпчаста (2011–2013), кукурудза (2012–2014), бурак цукровий (2012–2014)
ДП «ДГ «Великі Клини» ПДСГДС ІВПіМ	с. Великі Клини Голопристанського р-ну Херсонської обл., Степ Сухий	Кавун (2006–2008)

як кукурудза, соя, буряки цукрові, соняшник та ін. [4, 5].

Проте слід зазначити, що виробники, застосовуючи інтенсивні технології вирощування просапних культур на базі краплинного зрошення, не завжди отримують бажаний ефект. Річ у тім, що краплинне зрошення передбачає докорінні зміни основних складових агротехнології: режимів зрошення, систем удобрення і захисту рослин, схем сівби, а також техніки і технології сівби та збирання. Наразі ці елементи ще не повністю відпрацьовані й науково обґрунтовані для ґрунтово-кліматичних умов Степу.

Мета досліджень — удосконалити і науково обґрунтувати режими краплинного зрошення просапних культур в умовах Степу.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводили в складі стаціонарних дослідів Кам'янсько-Дніпровської ДС ІВПіМ НААН, Брилівського опорного пункту ІВПіМ НААН (на землях ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН) та Південної ДСГДС ІВПіМ (на землях ДП «ДГ «Великі Клини») у 2004–2014 рр.

на 10-ти просапних сільськогосподарських культурах (табл. 1).

Польові дослідження проводили на типових для конкретної зони ґрунтах. Для визначення та уточнення властивостей і характеристик ґрунтів на дослідних ділянках щороку двічі (восени та навесні) відбирали проби та закладали ґрунтові розрізи згідно з ДСТУ 4287 [15] (табл. 2).

Дослідження з вивчення водного режиму ґрунту мали системний характер. Їх проводили за єдиною схемою: закономірності формування режимів краплинного зрошення та водоспоживання встановлювали реалізацією однофакторних дослідів з різними рівнями передполивної вологості ґрунту (РПВГ). Контрольним був варіант з природним вологозабезпеченням, далі схема містила варіанти з помірним зрошенням (60–70% НВ), потенційно оптимальні варіанти зволоження (70–90% НВ, зокрема з диференційованими передполивними порогами) і варіанти з інтенсивним зрошенням (95–100% НВ), які потенційно відобразили інгібувальну (надлишкову)

2. Зведені дані водно-фізичних та агрохімічних властивостей ґрунтів дослідних ділянок (шар ґрунту 0–50 см)

Дослідна ділянка	Ґрунтова відміна	Щільність складання, т/м³	НВ від маси	Уміст, мг/100 г ґрунту			
				гумус, %	Н л. г.	P ₂ O ₅	K ₂ O
КДДС	Чорнозем звичайний середньосуглинковий	1,37	18,8	1,70	7,2	51,5	15,8
ДП «ДГ «Брилівське»	Темно-каштановий легкосуглинковий	1,47	16,5	1,44	7,0	32,3	9,3
ДП «ДГ «Великі Клини»	Чорнозем осолоділий супіщаний	1,41	13,7	1,25	7,3	19,2	7,6

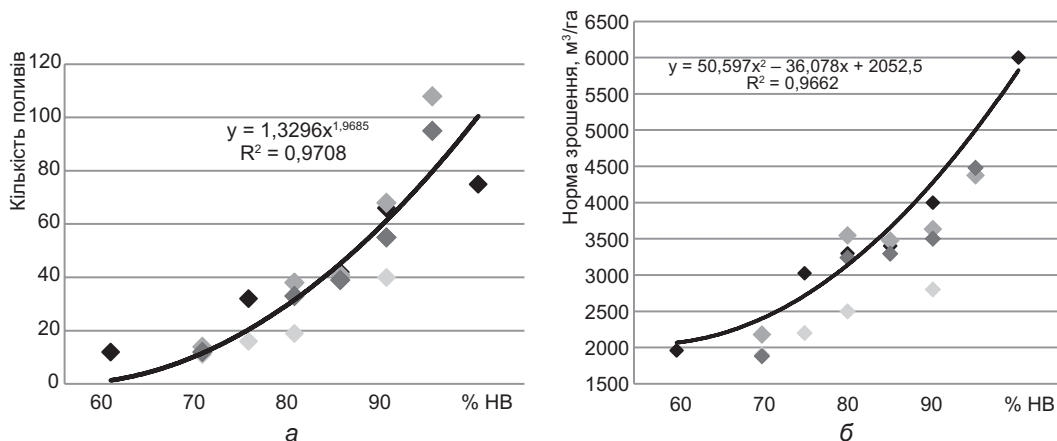


Рис. 1. Залежності кількості вегетаційних поливів (а) та норми краплинного зрошення (б) від рівня передполивної вологості ґрунту

частину кривої відгуку на однофакторний дослід.

Крім цього, у 2014 р. на землях ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН на культурі кукурудзи провели пошуковий дослід, метою якого було порівняння різних методів визначення сумарного випаровування.

Розміщення дослідних ділянок — систематичне, повторність — 4-разова [1]. Для призначення строків поливу та вивчення водоспоживання (окрім дослідів, де вивчали цей фактор) використовували тензіометричні датчики типу ВВТ-І, які встановлювали на різних глибинах ґрунтового профілю і відстані від точки водоподачі [13, 14]. Для проведення обліків і спостережень застосовували загальноприйняті [1, 3, 9] та вдосконалені [6] для умов краплинного зрошення методики.

Результати досліджень. Експериментально встановлено, що найбільший вплив серед інших факторів на формування режиму зрошення мав РПВГ. Зафіксовано, що з підвищенням РПВГ з 80 до 90% НВ кількість вегетаційних поливів і норма зрошення відповідно зростають на 45%, або 25 шт. та на 42%, або 900 м³/га (рис. 1).

Режим краплинного зрошення перебуває в тісному зв'язку з метеорологічними параметрами, які безпосередньо впливають на фізичне випаровування та транспірацію: кількістю атмосферних опадів, температурою і відносною вологістю повітря та силою вітру. Проте найчіткішу кореляційну залежність «режим краплинного зрошення — метеопараметри» встановлено лише за фактором «кількість

атмосферних опадів».

Зокрема, зафіксовано, що вплив кількості опадів тим більший, чим нижчий РПВГ: за підтримання передполивного порога 60% НВ різниця в нормі зрошення (або кількості поливів) між роками з 50%- та 75 %-ю забезпеченістю опадами становила 42%; за 70% НВ — 36; 80% НВ — 25; 85% НВ — 22; 90% НВ — 17 і НВ — 7% (рис. 2).

Міжполивний період скорочується і з підвищенням температурного режиму. Проте така закономірність чітко простежується лише в періоди аномальної спеки. Для прикладу: у серпні тривалість міжполивного періоду за підтримання РПВГ 80% НВ становить залежно від культури 3,5–5,5 доби, а в періоди з аномально високими середньодобовими температурами повітря 29–30°C (максимальні — 39,0–40,5°C) міжполивний

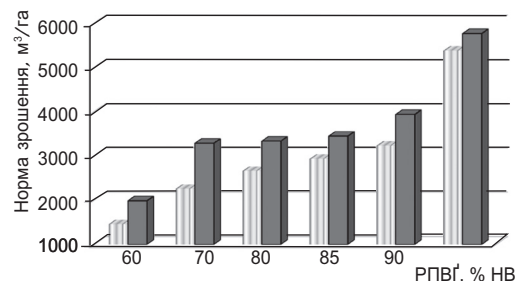


Рис. 2. Залежність норми краплинного зрошення від забезпеченості опадами: ■■■ — вегетаційний період з 50%-ю забезпеченістю опадами; ■■■ — вегетаційний період з 75%-ю забезпеченістю опадами

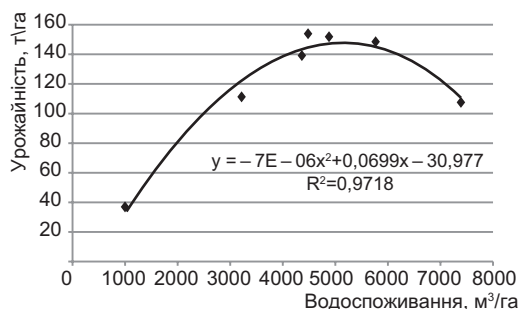


Рис. 3. Залежність «водоспоживання — врожайність» за краплинного зрошення (на прикладі томата розсадного)

період скорочується до 1–2-х діб.

Важливим результатом досліджень є встановлені кореляційні зв'язки між сумарним водоспоживанням культур та їхньою врожайністю. На цій основі вперше для умов краплинного зрошення побудовано залежність «водоспоживання — врожайність» та визначено найефективніші (оптимальні) варіанти використання води рослинами щодо її витрат на формування одиниці продукції (рис. 3).

Ці залежності є кривими відгуку на однофакторний дослід, вони складаються із 3-х частин: лімітувальної, стаціонарної (оптимальної) та інгібувальної (надлишкової). Коефіцієнт детермінації $R^2=0,81-0,98$ свідчить про тісний взаємозв'язок між цими величинами. Установлено, що лімітувальна частина кривої відповідає варіантам досліду з РПВГ 60–75% НВ та варіанту без зрошення (контролю), стаціонарна (зона оптимуму) — 75–90% НВ, інгібувальна (надлишкова

зона) — від 95% НВ до повної вологомисткості ґрунту. Установлені залежності «водоспоживання — врожайність» стосовно агробіології не є стійкими, оскільки є можливості підвищення врожайності за однакових норм водоспоживання рослин. Тому головне завдання майбутніх досліджень щодо вивчення процесів водоспоживання — скорочення непродуктивних витрат води (на фізичне випаровування, скидання в нижчі горизонти ґрунту) за одночасного підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

Узагальнені експериментальні дані щодо вивчення режимів краплинного зрошення свідчать про те, що для більшості сільськогосподарських культур нижньою критичною межею зволоження ґрунту є 80% НВ (табл. 3).

Зазначимо, що оптимальним діапазоном зволоження легких і середніх суглинків для просапних культур є досить вузький інтервал — 85–95% НВ, що передбачає проведення поливів відносно невеликими нормами за одночасного скорочення міжполивних періодів. За аналітичними розрахунками, саме за такого вузького діапазону співвідношення фактичної транспірації (Т) до потенційно можливої (Т₀) наближається до 1 ($\approx 0,83-0,87$), що характеризує вологозабезпечення рослин як близьке до оптимального [7]. Отримані результати є уточненням раніше викладених положень [10], де зазначалося, що оптимальною нижньою межею зволоження важкосуглинкового ґрунту є 75–80% НВ, середньо- і легкосуглинкового — 65–70% НВ та супіщаного — 65% НВ, та підтвердженням даних Г.А. Гарюгіна [2].

3. Узагальнені параметри режимів краплинного зрошення просапних сільськогосподарських культур

Культура	Оптимальний РПВГ, % НВ	Кількість поливів	Норма зрошення	Сумарне водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання, м³/т	Урожайність, т/га
			м³/га			
Томат розсадний	80–85–70	40	3450	4950	32,7	151,9
Перець солодкий	90–80	42	3655	5020	74,9	67,0
Баклажан	85	53	4085	5330	112,7	47,3
Кавун	75	15	1200	2600	48,4	45,4
Морква	80–70	20	3325	5075	72,6	69,8
Цибуля ріпчаста	90	42	3500	4610	80,4	57,3
Картопля рання	80	17	1250	2300	84,9	27,1
Кукурудза на зерно	90	29	4400	6500	357,1	18,2
Соя	80	31	5400	6900	1112,9	6,22
Буряк цукровий	90	23	3840	5400	44,5	121,4

4. Критичні періоди щодо вологозабезпеченості просапних сільськогосподарських культур за краплинного зрошення

Сільськогосподарська культура	Критична фаза або період розвитку
Томат розсадний	Бутонізація — цвітіння
Перець солодкий розсадний	Цвітіння — зав'язування плодів
Баклажан розсадний	Цвітіння — зав'язування плодів
Кавун	Цвітіння — зав'язування плодів
Картопля рання	Бутонізація — цвітіння
Кукурудза на зерно	Декада до викидання волоті — цвітіння — декада після цвітіння
Соя	Бутонізація — цвітіння

Закономірно, що підтримання високої вологості зумовлює зростання фізичного випаровування і транспірації. Це підвищує норми зрошення (табл. 3), які становлять для овочів 3,3–4,1 тис. м³/га, просапних культур — 3,8–5,4 тис. м³/га. На основі цих даних уточнюємо тезу про «економію поливної води за краплинного зрошення». Суть у тому, що за практично однакових об'ємів водоподачі за локального зрошення формується в 1,5–3,5 раза вища врожайність, це дає підставу говорити виключно про економію питомих витрат води на формування одиниці врожаю.

Диференціація РПВГ за фазами розвитку підтвердила наявність критичних періодів у житті рослин, упродовж яких навіть незначне зниження вологості ґрунту за межі оптимального діапазону призводить до значних втрат урожаю. Установлено, що найвищу чутливість до зниження доступної вологи в ґрунті рослини відчувають у період формування органів плодоношення або період, який передує йому (табл. 4).

Новим науковим результатом є підтвердження гіпотези [8] про те, що у 2-річних рослин (цибулі ріпчастої, моркви, буряку цукрового) у 1-й рік життя немає чітко вираженого критичного періоду щодо вологозабезпеченості. При цьому навіть у 1-й рік життя, коли вирощуємо ці рослини для отримання продуктивних органів, спостерігаємо їхню неоднакову стійкість до зниження вологозапасів ґрунту в різні фази розвитку. Скажімо, для моркви та буряку цукрового таким відносно «чутливим», але не критичним періодом є інтенсивний ріст коренеплодів.

Дослідженнями підтверджено загальні закономірності формування водоспоживання: мінімальна кількість вологи витрачається рослинами на початку вегетації, поступово вона збільшується з розвитком їхньої надземної

маси і знову зменшується до моменту завершення вегетації. Пікові показники водоспоживання рослин зафіксовано в найспекотливіші періоди, що календарно, як правило, збігаються з II–III декадами липня — I–II декадами серпня. Максимальні показники добового водоспоживання зафіксовано на рівні 9–12 мм в умовах Степу Сухого і 8–11 мм для умов Степу Південно-центрального. На такі параметри слід орієнтуватися проєктним установам, адже система зрошення технічно і технологічно має забезпечити водоспоживання культур у всі фази їхнього розвитку.

Результати пошукового досліді 2014 р., метою якого було порівняння інструментального (за допомогою закладних датчиків) та розрахункового визначень водоспоживання, свідчать про те, що наявні розрахункові методи Пенмана-Монтейта, А.М. і С.М. Алпасьєвих, Д.А. Штойко, М.М. Іванова відображають

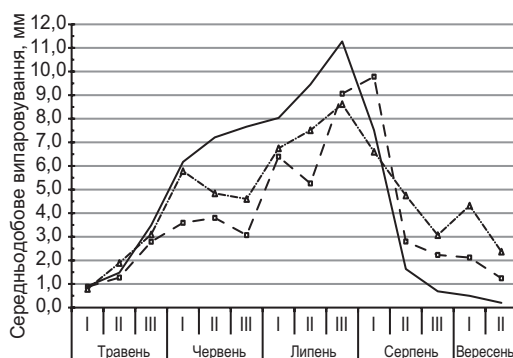


Рис. 4. Подекадна динаміка сумарного водоспоживання кукурудзи за краплинного зрошення, визначеного розрахунково (методами А.М. і С.М. Алпасьєвих і Д.А. Штойко) та інструментально (тензіометрами): — — фактичне; —■— методом А.М. і С.М. Алпасьєвих; —▲— методом Д.А. Штойко

фактичну динаміку водоспоживання. Проте встановлено, що всі розрахункові методи занижують фактичні показники випаровування в середині вегетації та дещо завищують їх наприкінці вегетації (рис. 4).

Отримані попередні результати в цьому досліді потребують подальшого уточнення і перевірки. Розрахункові методи визначення сумарного випаровування не

повною мірою відповідають особливостям краплинного зрошення, тому потребують уточнення для умов локального зволоження і конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Найбільш логічний метод їх «адаптації» — коригування біологічних коефіцієнтів культури на основі фактичних експериментальних даних щодо водоспоживання в різні фази розвитку рослин.

Висновки

Отримані залежності «водоспоживання — врожайність» за краплинного зрошення є кривими відгуку на однофакторний дослід. Вони мають вигляд асиметричної параболи, яка описується квадратичним рівнянням. Коефіцієнт детермінації $R^2=0,81-0,98$ свідчить про тісний взаємозв'язок між показниками водоспоживання та врожайності.

Установлено, що оптимальним діапазоном зволоження легких і середніх суглинків для просапних культур є вузький інтервал 85–95% НВ, що передбачає проведення

поливів невеликими нормами за одночасного скорочення міжполивних періодів. При цьому співвідношення фактичної транспірації (T) до потенційно можливої (T_0) наближається до 1 ($\approx 0,83-0,87$), що характеризує вологозабезпечення рослин як близьке до оптимального.

Зафіксовано, що максимальні показники добового водоспоживання просапних культур за краплинного зрошення становлять в умовах Степу Сухого 9–12 мм, Степу Південно-центрального — 8–11 мм.

Бібліографія

1. Бондаренко Г.Л. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві/Г.Л. Бондаренко, К.І. Яковенко. — Х.: Основа, 2001. — 369 с.
2. Гарюгин Г.А. Об оптимальной влажности почв/Г.А. Гарюгин//Вестн. с.-х. науки. — 1979. — № 7. — С. 94–97.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта/Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
4. Дудка В.В. Зернові культури на краплинному зрошенні/В.В. Дудка//Пропозиція. — 2013. — № 3–4 (213–214). — С. 72–82.
5. Концепція розвитку мікрозрошення в Україні до 2020 року; за ред. М.І. Ромащенко. — К.: ІВПіМ НААН, 2012. — 20 с.
6. Методичні рекомендації з проведення польових досліджень за краплинного зрошення; за ред. М.І. Ромащенко. — К.: ІВПіМ НААН, 2014. — 46 с.
7. Муромцев Н.А. Оценка влагообеспеченности растений/Н.А. Муромцев//Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. — 2011. — Вып. 67. — С. 20–31.
8. Орошаемое земледелие; под ред. Б.А. Шумакова. — М.: Россельхозиздат, 1965. — 216 с.
9. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник/[В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз]; за ред. В.О. Єщенка. — К.: Дія, 2005. — 288 с.
10. Писаренко В.А. Режимы орошения сельскохозяйственных культур/В. Писаренко, Е. Горбатенко, Д. Йокич. — К.: Урожай, 1988. — 96 с.
11. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні/М.І. Ромащенко. — К.: Аграр. наука, 2012. — 28 с.
12. Ромащенко М.І. Краплинне зрошення сільськогосподарських культур: сучасний стан та перспективи розвитку в Україні/М.І. Ромащенко, А.П. Шатковський//Матер. II наук.-практ. конф. «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій ХХІ ст.» 04 грудня 2014 р. — К., 2014. — С. 3–7.
13. Ромащенко М.І. Методика изучения водопотребления плодовых культур и винограда при микроорошении/М. Ромащенко, В. Корюненко, О. Семаш и др.//Гидротехника и мелиорация в Украине. — К.: УкрНИИГиМ, 1992. — Вып. I. — С. 129–140.
14. Якість ґрунту. Визначення тиску порової води. Метод з використанням тензіометра ДСТУ ISO 112776–2001. — К.: Держстандарт України, 2002. — 19 с.
15. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. — К.: Держстандарт України, 2004. — 10 с.

Надійшла 5.01.2015.