

2. Балюк С.А., Ромащенко М.І., Трускавецький Р.С. Проблеми екологічних ризиків та перспективи розвитку меліорації земель в Україні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С. 5–10.

3. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков : Антиква, 2002. 428 с.

4. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Ґрунтознавство : підручник. Чернівці : Книги-XXI, 2008. 400 с.

5. Ладика М.М. Моніторинг одного режиму на осушуваних заплавлених територіях у басейні р. Трубіж. 36. *Intellectual potential of the XXI century 2017*. Сельское хозяйство – Водное хозяйство и мелиорация земель. С. 11. URL: <https://www.sworld.com.ua/konferu7-317/84.pdf> (дата звернення: 07.06.2021).

6. Веремєєнко С.І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України : монографія. Луцьк : Надстир'я, 1997. 314 с.

7. Торфово-земельний ресурс Північно-Західного регіону України : монографія. Рівне : НУВГП, 2017. 116 с.

УДК 631.671:631.559:631.674.4:631.674.6:633

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.37>

ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ПІДҐРУНТОВОГО КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

Шатковський А.П. – д.с.-г.н., член-кореспондент

Національної академії аграрних наук України,

заступник директора з наукової роботи,

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Мельничук Ф.С. – д.с.-г.н., старший науковий співробітник, директор,

Державне підприємство «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів»

Інституту водних проблем і меліорації

Національної академії аграрних наук України

Ретьман М.В. – к.с.-г.н., старший науковий співробітник,

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Гуленко О.І. – аспірант,

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Калілей В.В. – аспірант,

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

У статті наведено результати експериментальних досліджень із вивчення впливу способу укладання поливних трубопроводів (ПТ) краплинного зрошення на параметри водного режиму ґрунту, урожайність та коефіцієнти водоспоживання польових сільськогосподарських культур. Польові дослідження проведено у період 2018–2020 рр. на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ НААН і Брилівського дослідного поля ІВПіМ НААН на культурах нуту, соняшнику, сої і кукурудзи на зерно.

За результатами експериментальних досліджень підтверджено, що спосіб укладання поливних трубопроводів достовірно впливає на параметри формування водного режиму ґрунту і урожайність польових сільськогосподарських культур. Так, за підґрунтового краплинного зрошення було проведено меншу кількість вегетаційних поливів (13–23) порівняно з поверхневим укладанням ПТ (18–29). За цього як загальна норма зрошення (на 0,62–1,11 тис м³/га),

так і сумарне водоспоживання рослин (на 0,56–1,12 тис м³/га) також були достовірно нижчими за умови внутрішньогрунтового укладання ПТ.

Різниця у врожайності як нуту (4,26–4,22 т/га), так і сояшнику (4,24–4,00 т/га) за різних варіантів укладання ПТ була у межах похибки польового досліді – НІР₀₅ становила 0,34 та 0,32 т/га відповідно.

Найвищу врожайність зерна як сої, так і кукурудзи отримано за класичного варіанту краплинного зрошення – 5,87 і 20,69 т/га відповідно, тоді як за внутрішньогрунтового укладання поливних трубопроводів урожайність цих культур була достовірно нижча – 4,14 т/га і 16,44 т/га. НІР₀₅ у цих дослідіах становив 0,49 та 1,93 т/га відповідно.

Менші коефіцієнти водоспоживання отримано за вироцування нуту і сояшнику із внутрішньогрунтовим укладанням поливних трубопроводів системи краплинного зрошення – 1296 м³/т і 1020 м³/т. За вироцування сої і зернової кукурудзи менші коефіцієнти водоспоживання були за краплинного зрошення з поверхневим укладанням поливних трубопроводів – 999 м³/т і 267 м³/т відповідно.

Ключові слова: поливні трубопроводи, підгрунтове краплинне зрошення, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання.

Shatkovskiy A.P., Melnychuk F.S., Retman M.S., Gulenko O.I., Kalilei V.V. Water consumption and productivity of agricultural crops under subsurface drip irrigation

The article presents the results of experimental studies of the influence of the method of laying irrigation pipelines (IP) of drip irrigation on the parameters of the water regime of the soil, yield and water consumption coefficients of field crops. Field studies were carried out in the period of 2018–2020 on the lands of the Kam'iansko-Dniprovsk research station of IWPaLR NAAS on chickpea, sunflower, soybeans and corn for grain.

According to the results of experimental studies, it was confirmed that the method of laying irrigation pipelines reliably affects the parameters of the formation of the water regime of the soil and the yield of field crops. So, with subsurface drip irrigation, a smaller number of vegetation irrigations was carried out (13–23) compared to the surface laying of irrigation pipelines IP (18–29). Therefore, both the general irrigation rate (by 0.62–1.11 thousand m³/ha) and the total water consumption of plants (by 0.56–1.12 thousand m³/ha) were also significantly lower with the subsurface laying of irrigation pipelines.

The difference in the yield of both chickpea (4.26–4.22 t/ha) and sunflower (4.24–4.00 t/ha) with different options for laying of irrigation pipelines was within the error of the field experiment – LSD_{0,5} was 0.34 and 0.32 t/ha, respectively.

The highest grain yield of both soybeans and corn was obtained in the classical version of drip irrigation – 5.87 and 20.69 t/ha, respectively, while with the subsurface laying of irrigation pipelines, the yield of these crops was significantly lower – 4.14 t/ha and 16.44 t/ha. LSD_{0,5} in these experiments was 0.49 and 1.93 t/ha, respectively.

Lower water consumption coefficients were obtained when growing chickpeas and sunflower with subsurface laying of irrigation pipelines of the drip irrigation system – 1296 м³/т and 1020 м³/т. When growing soybeans and grain corn, lower water consumption coefficients were under drip irrigation with surface laying of irrigation pipelines – 999 м³/т and 267 м³/т, respectively.

Key words: irrigation pipelines, subsurface drip irrigation, total water consumption, water consumption coefficient.

Постановка проблеми. За даними Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС та НАН України [1], за останні 30 років середньорічна температура в Україні зросла майже на 1 °С. Це практично дорівнює підвищенню температури повітря на всій Земній кулі за останнє сторіччя [2].

До основних наслідків змін клімату належить зміна гідрологічного режиму, зменшення кількості та погіршення якості водних ресурсів і забезпеченості ними всіх галузей економіки, а в першу чергу – аграрного виробництва. Значне зростання дефіциту природного вологозабезпечення перетворило його на лімітуючий чинник сталого розвитку аграрного сектору економіки держави [2].

Відомо багато заходів, які спрямовані на мінімізацію негативного впливу посух, проте найефективнішим та кардинальним вирішенням проблеми є зрошувальні меліорації [3]. Положеннями «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [4] визначено ключові напрями державної політики в галузі меліорації. Зокрема, положення про те, що розвиток зрошення повинен

базуватися виключно на новій техніко-технологічній основі, у тому числі на впровадженні сучасних ресурсо- та енергоефективних, а також екологічно безпечних способів зрошення.

Найбільшою мірою цим критеріям відповідають способи мікрозрошення, конструктивними ознаками яких є дискретне, з мінімальними непродуктивними втратами, під відносно низьким тиском та низькою інтенсивністю подавання поливної води і добрив у зону інтенсивного розвитку кореневої системи рослин [4]. Перелічені конструктивні ознаки передусім реалізовано на системах краплинного зрошення (КЗ) із наземним і внутрішньогрунтовим розміщенням поливних трубопроводів (ПТ) [5].

Отже, актуальним було проведення досліджень із вивчення формування продуктивності польових сільськогосподарських культур за різних способів укладання поливного трубопроводу за краплинного способу зрошення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Продуктивність переважної більшості сільськогосподарських культур за умов підгрунтового укладання поливних трубопроводів краплинного зрошення є достатньо вивченою у різних ґрунтово-кліматичних умовах [6–10]. Поряд із цим у кліматичних умовах Степу України проведено лише точкові дослідження, якими вивчено вплив підгрунтового краплинного зрошення на продуктивність вітчизняних гібридів зернової кукурудзи [11–13].

Постановка завдання. Метою досліджень було встановлення параметрів водного режиму ґрунту та врожайності польових сільськогосподарських культур (сої, нуту, соняшнику, кукурудзи) в умовах Степу України.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проведено на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ НААН (соя і кукурудза, Запорізька область) та Брилівського дослідного поля ІВПіМ НААН (нут і соняшник, Херсонська область) протягом 2018–2020 рр. Вивчали два варіанти: краплинне зрошення (КЗ) із наземним укладанням поливних трубопроводів (ПТ) та підгрунтове краплинне зрошення з укладанням ПТ на глибину 25 см. Умовним контролем був варіант без зрошення. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками: розміщення ділянок – систематичне, повторність – чотириразова, площа облікових ділянок – 30 м² [14; 15], гібрид кукурудзи – ДКС 5276 (ФАО 460), сорт сої – Оксана, сорт нуту – Буджак, гібрид соняшнику – Український F1.

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 [16] (табл. 1).

Таблиця 1

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

Дослідні ділянки	Ґрунтові відміни	Щільність складення, т/м ³	НВ від маси	Вміст, мг/100 г ґрунту			
				гумусу, %	N л. г.	P ₂ O ₅	K ₂ O
КДДС ІВПіМ НААН	чорнозем звичайний середньосуглинковий	1,37	18,8	1,70	7,2	51,5	15,8
Брилівське дослідне поле	темно-каштановий легкосуглинковий	1,47	16,5	1,44	7,0	32,3	9,3

Рівень передполивної вологості у дослідіах – 80% від НВ ґрунту. Для призначення строків поливу використано інструментальні комплекси: мультисенсорний зонд AquaSpy CTG-02, зонд Drill and Drop компанії Sentek та станцію вологості ґрунту iMetos із датчиками Echo Probe EC-5 [17]. Ураховуючи технологічну специфіку підґрунтового краплинного зрошення, сходи рослин на цьому варіанті дослідіа отримували за рахунок природніх вологозапасів ґрунту [18]. Статистичний аналіз результатів дослідіжень проводили за дисперсійним, кореляційним і регресійним методами з використанням програми Statistica 6.0.

Виклад основного матеріалу дослідіження. Результати проведених польових дослідіжень показали, що фактичні режими зрошення, параметри водоспоживання та врожайність культур формувалися залежно від способу укладання ПТ і метеорологічних умов вегетаційного періоду у розрізі років дослідіжень. Нами було усереднено параметри водного режиму ґрунту за різних способів зрошення у розрізі років дослідіжень (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри водного режиму ґрунту за вирощування польових сільськогосподарських культур залежно від конструкцій системи краплинного зрошення

Спосіб зрошення	Кількість поливів	Норма зрошення, м ³ /га	Продуктивні опади, м ³ /га	Ґрунтова волога, м ³ /га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га
Нут					
Краплинне зрошення	29	5400	680	500	6580
Підґрунтове КЗ	23	4290	680	540	5470
Без зрошення	–	–	680	990	1670
Соняшник					
Краплинне зрошення	21	3420	680	540	4640
Підґрунтове КЗ	17	2800	680	600	4080
Без зрошення	–	–	680	960	1640
Соя					
Краплинне зрошення	20	3850	1672	340	5862
Підґрунтове КЗ	15	2800	1672	498	4970
Без зрошення	–	–	1672	888	2560
Кукурудза					
Краплинне зрошення	18	3220	1672	633	5525
Підґрунтове КЗ	13	2410	1672	638	4720
Без зрошення	–	–	1672	1028	2700

Аналізуючи дані табл. 2, констатуємо, що внутрішньоґрунтове укладання ПТ за рахунок мінімізації фізичного випаровування вологи з поверхні ґрунту потребувало проведення меншої кількості вегетаційних поливів (на 4–6).

Це, своєю чергою, достовірно знижувало загальну норму зрошення (на 0,62–1,11 тис м³/га) та сумарне водоспоживання рослин (на 0,56–1,12 тис м³/га). В умовах зрошення максимальних витрат води потребували рослини сої за класичного краплинного зрошення – 5,86 тис м³/га, мінімальних – посіви соняшника за внутрішньогрунтового укладання ПТ – 4,08 тис м³/га. Закономірно, що відсутність зрошення значно знижувала інтенсивність процесів сумарного водоспоживання рослин, величини якого у розрізі культур на цьому варіанті досліду становили від 1,64 до 2,70 тис м³/га. Водночас найбільший об'єм спрацювання доступної ґрунтової води рослинами сільськогосподарських культур відзначаємо на варіанті без зрошення – від 0,89 до 1,03 тис м³/га.

Різниця в урожайності як нуту (4,26–4,22 т/га), так і соняшнику (4,24–4,00 т/га) за різних варіантів укладання ПТ була у межах похибки польового досліду – НІР₀₅ становив 0,34 та 0,32 т/га відповідно.

Найвищу врожайність зерна як сої, так і кукурудзи отримано за класичного варіанту краплинного зрошення – 5,87 і 20,69 т/га відповідно, тоді як за внутрішньогрунтового укладання поливних трубопроводів урожайність цих культур була достовірно нижча – 4,14 т/га і 16,44 т/га. НІР₀₅ у цих дослідах становила 0,49 т/га і 1,93 т/га відповідно (табл. 3).

Таблиця 3

**Урожайність та коефіцієнти водоспоживання польових
сільськогосподарських культур залежно від конструкцій
системи краплинного зрошення**

Спосіб зрошення	Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, м ³ /га
Нут		
Краплинне зрошення	4,26	1544,6
Підгрунтове краплинне зрошення	4,22	1296,2
Без зрошення	0,72	2319,4
НІР ₀₅	0,34	168,0
Соняшник		
Краплинне зрошення	4,24	1094,3
Підгрунтове краплинне зрошення	4,00	1020,0
Без зрошення	1,15	1426,1
НІР ₀₅	0,32	110,2
Соя		
Краплинне зрошення	5,87	998,6
Підгрунтове краплинне зрошення	4,14	1200,5
Без зрошення	1,38	1855,1
НІР ₀₅	0,49	98,6
Кукурудза		
Краплинне зрошення	20,69	267,0
Підгрунтове краплинне зрошення	16,44	287,1
Без зрошення	3,85	701,3
НІР ₀₅	1,93	39,5

Інтегральним параметром ефективності використання вологи, як показує досвід вітчизняних і зарубіжних дослідників [19], є коефіцієнт водоспоживання культури, яким визначають питомі витрати вологи на формування одиниці врожаю продуктивних органів рослин [20].

У наших досліджах менші коефіцієнти водоспоживання отримано за вирощування нуту і соняшнику із внутрішньогрунтовим укладанням поливних трубопроводів системи краплинного зрошення – 1296 м³/т та 1020 м³/т. За класичного варіанту укладання поливних трубопроводів коефіцієнт водоспоживання культур зростав на 19,1% (до 1545 м³/т) і 7,3% (до 1094 м³/т) відповідно (табл. 3).

Натомість за вирощування сої і зернової кукурудзи менші коефіцієнти водоспоживання були за краплинного зрошення з поверхневим укладанням поливних трубопроводів – 999 м³/т і 267 м³/т відповідно. За внутрішньогрунтового їх укладання на глибину 25 см цей параметр збільшувався на 20,1% (до 1200 м³/т) і на 7,5% (до 287 м³/т) для сої і кукурудзи відповідно.

Висновки і пропозиції. За результатами експериментальних досліджень підтверджено, що спосіб укладання поливних трубопроводів достовірно впливає на параметри формування водного режиму ґрунту і врожайність польових сільськогосподарських культур: нуту, соняшнику, сої і зернової кукурудзи. Установлено, що впровадження підґрунтового краплинного зрошення є більш доцільним на відносно посухостійких культурах: нуті і соняшнику. За вирощування цих сільськогосподарських культур варіант із внутрішньогрунтовим укладанням поливних трубопроводів краплинного зрошення забезпечив практично ідентичні параметри їхньої врожайності за нижчих коефіцієнтів водоспоживання рослин. За вирощування сої і кукурудзи варіант класичного краплинного зрошення забезпечив вищу врожайність на тлі менших коефіцієнтів водоспоживання рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Projections of air temperature and relative humidity in Ukraine regions to the middle of the 21st century based on regional climate model ensembles / S.V. Krakovska et al. *Геоінформатика*. 2018. № 3(67). С. 62–77.
2. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво / М.І. Ромащенко та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 2. С. 5–22. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>.
3. Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України : монографія / Р.А. Вожегова та ін. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 751 с.
4. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 21.07.2021).
5. Стан і перспективи застосування мікрозрошення в умовах змін клімату / М.І. Ромащенко та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 2. С. 31–38. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-262>.
6. Patel, N., Rajput, T.B. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. *Irrigation Science*. 2009. № 27. P. 88–97. URL: <https://doi.org/10.1007/s00271-008-0125-0>.
7. Hanson, B., May, D. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural Water Management*. 2004. Volume 68. Issue 1, 15. P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.003>.
8. Kalfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S. et al. Effect of Subsurface Drip Irrigation on Cotton Plantations. *Water Resour Manage*. 2007. 21. P. 1341–1351. URL: <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9085-4>.

9. Payero, J., Tarkalson, D., Davison, S., Petersen, J. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*. 2008. Volume 95. Issue 8. P. 895–908. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.02.015>.
10. Najafi, P., Tabatabaei, S. Effect of using subsurface drip irrigation and ET-HS model to increase WUE in irrigation of some crops. *Irrigation and Drainage*. 2007. Volume 56. Issue 4. P. 477–486. URL: <https://doi.org/10.1002/ird.322>.
11. Продуктивність ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від способів поливу та густоти рослин у Південному Степу / Р.А. Вожегова та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98. № 2. С. 58–63. URL: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202002-09>.
12. Лавриненко Ю.О., Іванів М.О. Продуктивність та адаптивна здатність гібридів кукурудзи залежно від способів поливу і вологозабезпечення в посушливій Степу України. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 2. С. 207–216. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0079>.
13. Біометричні показники гібридів кукурудзи та їх зв'язок з урожайністю зерна за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому Степу України / О.В. Аверчев та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 3–13. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.1>.
14. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство) / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 448 с.
15. Методичні рекомендації з проведення досліджень за краплинного зрошення / за ред. М.І. Ромашенка. Київ : ДПА, 2014. 46 с.
16. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. Київ : Держстандарт України, 2004. 12 с.
17. Шатковський А.П., Журавльов О.В. Управління краплинним зрошенням на основі використання Інтернет-метеостанцій iMetos®. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 2(59). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6489/6373>.
18. Підґрунтове краплинне зрошення: технічні та технологічні аспекти. / А.П. Шатковський та ін. *Зерно*. 2020. № 12. С. 62–66.
19. Yang, L., Heng, T., Yang, G., Wang, J., Analysis of factors influencing effective utilization coefficient of irrigation water. *Water*. 2021. № 13. P. 189. URL: <http://doi.org/10.3390/w13020189>.
20. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство. Київ : Вища школа, 1995. 328 с.