

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ, ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА СЕРЕДНЬОДОБОВЕ ВИПАРОВУВАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВОГО СКЛАДУ, УДОБРЕННЯ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН СОЇ ЗА ВИРОЩУВАННЯ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

КОКОВІХІНА О.С. – аспірантка

orcid.org/0000-0001-8711-549X

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Розуміння потреб посівів сої в зрошенні має вирішальне значення для ефективного управління водними ресурсами. Режими поливу допомагають визначити частоту, тривалість і кількість води, необхідної на різних стадіях росту. Вивчаючи ці фактори, фермери можуть оптимізувати використання води та запобігти надмірному чи недостатньому зрошенню, гарантуючи, що рослини отримують достатню кількість води для оптимального росту. Недостатнє водопостачання може призвести до стресу від посухи, зниження росту рослин і врожайності, а надлишок може призвести до заболочування, вимивання поживних речовин і підвищеної сприйнятливості до хвороб. Зводячи до ефективного мінімуму використання води та максимізуючи продуктивність сільськогосподарських культур, фермери можуть покращити прибутковість і зменшити виробничі витрати, пов'язані з нераціональним використанням води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зрошувані сільськогосподарські землі відіграють важливу роль у стабілізації глобальної продовольчої безпеки, і хоча вони охоплюють лише близько однієї п'ятої частини оброблюваних земель у світі, на них припадає приблизно сорок відсотків світового виробництва продуктів харчування [1]. Як вказують деякі літературні джерела, недолік вологи є одним із широко поширених абіотичних факторів, що обмежують ріст і продуктивність основних сільськогосподарських культур у зрошуваному землеробстві [2]. Крім того, різка зміна клімату, висока температура та швидкість випаровування, а також рідкі та дуже мінливі опади ще більше загострюють проблеми стресу від посухи в зрошуваному землеробстві, що становить серйозну загрозу майбутній глобальній продовольчій безпеці [3]. Дефіцит води серйозно перешкоджає сталому розвитку системи вирощування багатьох культур, не лише сої [4], що підкреслює актуальність дослідження режимів зрошення, водоспоживання та середньодобового випаровування.

Матеріал і методи досліджень. Метою було описати режим зрошення сої на дослідних ділянках в роки проведення досліджень, створити баланс сумарного водоспоживання сортів з різних шарів ґрунту, розрахувати коефіцієнт водоспоживання залежно від досліджуваних факторів та евапотранспірацію досліджуваних сортів сої з шару ґрунту 0–50 см за місяцями та декадами вегетаційного періоду. Дослідження проводились упродовж 2019–2021 років на дослідному полі Інституту

зрошуваного землеробства НААН. Польові досліди закладалися методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності, агротехніка вирощування насіння сої в дослідках була загальноновизнаною для умов півдня України [5,6].

Результати досліджень. В поточних дослідженнях кількість поливів та зрошувальні норми коливались у широких межах залежно від передбачених схемою досліду строків припинення вегетаційних поливів та гідротермічних показників протягом вегетаційного періоду (табл. 1).

Максимальна кількість поливів – 6–9 була проведена в сухому 2019 р., при цьому зрошувальна норма у сортів Олешшя та Південна красуня підвищилася до 4050 м³/га. У середньовологому 2021 р. за рахунок надходження великої кількості атмосферних опадів кількість поливів була мінімальною й змінювалась від 4 на сорті Ідеал до 6 на сортах Олешшя та Південна красуня. Відповідно зрошувальна норма зменшилась до 1800–2700 м³/га.

Сумарне водоспоживання значною мірою змінювалось залежно від сортового складу, глибини шарів ґрунту – 0–50; 0–100; 0–200 см, а також від особливостей погодних умов в окремі роки проведення досліджень. Мінімальним, у межах 4114 м³/га, цей показник виявився у шарі ґрунту 0–50 см, у середньо вологому 2021 р. за вирощування сорту Ідеал. Найбільше водоспоживання в діапазоні 6463–6487 м³/га зафіксовано в шарі ґрунту 0–200 см за вирощування сортів Олешшя і Південна красуня у сухому 2019 р. Таким чином, проявилась закономірність зростання сумарного водоспоживання на 57,1–57,8% за глибиною розрахункового шару ґрунту, збільшення посушливості погодних умов на фоні дефіциту атмосферних опадів, а також за висівання насіння більш пізньостиглих сортів (Олешшя, Зоря Степу). Була відзначена тенденція підвищення витрат вологи з шару ґрунту 0–200 см, що свідчить про необхідність застосування масштабного зрошення способом дощування з великою кількістю поливів і значними зрошувальними нормами (табл. 2).

На сорті Ідеал сумарне водоспоживання, в середньому за роки, було найменшим і коливалось від 4451 (0–50 см) до 4838 м³/га (0–200 см). Досліджуваний показник збільшився у варіанті з сортом Зоря Степу на 12,2–12,7% (до 5017–5430 м³/га), а на сортах Олешшя й Південна красуня – на 28,5% (до 5717–6101 м³/га), відповідно. В структурі складових елементів сумарного водоспоживання

Таблиця 1

Режим зрошення сої на дослідних ділянках в роки проведення досліджень залежно від сортового складу

Сорт	Кількість поливів	Зрошувальна норма, м ³ /га
2019 р.		
Ідеал	7	3150
Зоря Степу	8	3600
Олешшя	9	4050
Південна красуня	9	4050
2020 р.		
Ідеал	5	2250
Зоря Степу	6	2700
Олешшя	7	3150
Південна красуня	7	3150
2021 р.		
Ідеал	4	1800
Зоря Степу	5	2250
Олешшя	6	2700
Південна красуня	6	2700
Середнє за 2019–2021 рр.		
Ідеал	5	2400
Зоря Степу	6	2850
Олешшя	7	3300
Південна красуня	7	3300

Таблиця 2

Баланс сумарного водоспоживання сортів сої з різних шарів ґрунту та його складові елементи (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт	Шар ґрунту, см	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Складові сумарного водоспоживання					
			ґрунтова волога		корисні опади		зрошувальна норма	
			м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%
Ідеал	0–50	4451	392	8,8	1660	37,8	2400	53,3
	0–100	4529	470	10,4	1660	37,2	2400	52,4
	0–200	4838	778	16,2	1660	34,7	2400	49,2
Зоря Степу	0–50	5017	405	8,1	1762	35,6	2850	56,4
	0–100	5121	508	9,9	1762	34,8	2850	55,2
	0–200	5430	818	15,1	1762	32,7	2850	52,2
Олешшя	0–50	5717	510	9,0	1907	33,6	3300	57,4
	0–100	5792	585	10,1	1907	33,2	3300	56,6
	0–200	6070	863	14,3	1907	31,6	3300	54,1
Південна красуня	0–50	5721	514	9,1	1907	33,6	3300	57,3
	0–100	5925	718	12,2	1907	32,3	3300	55,5
	0–200	6101	894	14,7	1907	31,5	3300	53,8

перевагу мала зрошувальна норма, яка знаходилась в межах від 49,2% (сорт Ідеал, шар ґрунту 0–200 см) до 57,4% (сорт Олешшя, шар ґрунту 0–50 см). Питома вага опадів найбільшої величини (37,8 і 37,2%) сягнула на сорті Ідеал в шарах ґрунту 0–50 і 0–100 см, а за вирощування сортів Олешшя і Південна красуня цей показник зменшився до 31,6 та 31,5%, відповідно. Найменшу питому вагу у сумарному водоспоживанні мала ґрунтова волога, найменшим цей показник, у середньому за роки досліджень, на рівні 8,1%, виявився у сорту Зоря Степу у шарі ґрунту 0–50 см. Його зростання до 16,2% відзначено у сорту Ідеал у шарі ґрунту 0–200 см.

Коефіцієнт водоспоживання (табл. 3) суттєво змінювався під впливом досліджуваних факторів та впливу погодних умов в окремі роки проведення досліджень, проявилась тенденція в усіх сполученнях факторів і варіантів зниження цього показника у сприятливому середньовологому 2021 р., порівняно з сухим 2019 р. Серед досліджуваних сортів в усі роки досліджень перевагу мав сорт Зоря Степу, в якого досліджуваний показник мав мінімальні значення. Також було виявлено істотне зниження коефіцієнту водоспоживання в усі роки досліджень за використання біодобрив Гуміфілд форте та Фосфат гель.

Таблиця 3

Коефіцієнт водоспоживання сортів сої залежно від сортового складу, удобрення та захисту рослин, м³/т (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Захист рослин (фактор С)			Середнє за факторами	
		контроль (обробка водою)	хімічний захист	біологічний захист	В	А
Ідеал	Контроль (обробка водою)	2274	1917	1924	2038	1652
	N ₆₀	1724	1460	1582	1589	
	Гуміфілд форте	1651	1417	1480	1516	
	Фосфат гель	1604	1393	1394	1464	
Зоря Степу	Контроль (обробка водою)	1705	1452	1648	1601	1409
	N ₆₀	1522	1304	1349	1392	
	Гуміфілд форте	1489	1280	1233	1334	
	Фосфат гель	1452	1250	1220	1307	
Олешшя	Контроль (обробка водою)	1916	1644	1820	1793	1522
	N ₆₀	1694	1447	1502	1548	
	Гуміфілд форте	1580	1350	1316	1416	
	Фосфат гель	1470	1245	1278	1331	
Південна красуня	Контроль (обробка водою)	1972	1609	1757	1779	1547
	N ₆₀	1766	1440	1488	1565	
	Гуміфілд форте	1728	1402	1412	1514	
	Фосфат гель	1641	1351	1386	1459	
Середнє за фактором С		1699	1435	1487		

Захист рослин мав пряму позитивну дію щодо зниження коефіцієнту водоспоживання у варіантах з біологічним та хімічним захистом, у середньому, в 2019 р. на 17,8–21,3%; 2020 р. – 7,9–15,7; 2021 р. – на 17,3–17,5%. Середні за роки досліджень дані коефіцієнту водоспоживання мали схожі закономірності цього показника, як і в окремі роки проведення досліджень (табл. 3). Найкраще споживання вологи на одиницю врожаю насіння (1220 м³/т) одержали у варіанті з сортом Зоря Степу за використання біопрепарату Фосфат гель та дотриманні біологічного захисту рослин. Зростання цього показника в 1,9 рази (до 2274 м³/т) зафіксовано у варіанті з сортом Ідеал без добрив і без захисту рослин. В середньому по сортовому складу (фактор А) вирощування сорту Зоря Степу сприяло одержанню найменшого коефіцієнта водоспоживання – на рівні 1409 м³/т. На інших сортах цей показник збільшився, відповідно: на сорті Ідеал – на 17,3%; на сорті Олешшя – на 8,0; на сорті Південна красуня – на 9,8%. Захист рослин сприяв сталому зниженню коефіцієнта водоспоживання. Так, за біологічного захисту цей показник зменшився порівняно з контролем (обробка водою) на 14,3%, а за хімічного – на 18,4%. Різниця між хімічним і біологічним захистом становила 4,1% з перевагою першого. Також було встановлено, що середньодобове випаровування з шару ґрунту 0–50 см змінювалось в широких межах залежно від сортового складу, фаз розвитку рослин, умов зволоження та сортового складу (табл. 4).

На початку та на момент завершення вегетації досліджуваної культури проявились мінімальні показники середньодобового випаровування – 9,9; 12,1; 13,9 м³/га/добу. У червні відзначено його зростання на всіх сортах. Слід зауважити, що на ранньостиглому сорті Ідеал середньодобове випаровування у червні перевищило інші сорти на 9,8–61,4%. В подальшому перевагу мали середньостиглі сорти Олешшя та Південна красуня. Максимальним (85,3 м³/га/добу) цей показник виявився у сорту Олешшя в другу декаду липня. Також дуже високий рівень середньодобового випарування, в межах від 82,7 до 84,4 м³/га/добу, проявився у сорту Південна красуня у другу та третю декади липня. У середньому за вегетаційний період мінімальне середньодобове випаровування (36,1 м³/га/добу) було у варіанті з сортом Ідеал. У сорту Зоря Степу воно підвищилось на 4,6% (до 37,8 м³/га/добу), а максимальної величини набуло у сортів – 42,3–42,7 м³/га/добу, що більше за перший сорт на 17,2–18,3%.

Висновки. Сумарне водоспоживання у шарі ґрунту 0–50 см зменшилось до 4114 м³/га у 2021 р. у варіанті з сортом Ідеал, а найбільшим, в межах 6463–6487 м³/га, цей показник виявився в шарі ґрунту 0–200 см у варіантах з середньостиглими сортами Олешшя і Південна красуня у 2019 р. В структурі складових елементів сумарного водоспоживання перевагу мала зрошувальна норма, яка коливалась у межах від 49,2 до 57,4%. Мінімальну частку цього показника займала ґрунтова волога – 8,1–16,2%. Коефіцієнт водоспоживання за вирощування

Таблиця 4

Евапотранспірація досліджуваних сортів сої з шару ґрунту 0–50 см за місяцями та декадами вегетаційного періоду, м³/га за добу (середнє за 2019–2021 рр.)

Місяць	Декади	Сорти			
		Ідеал	Зоря Степу	Олешшя	Південна красуня
Травень	3	9,9	9,9	9,9	9,9
Червень	1	18,8	16,1	13,5	13,7
	2	24,7	22,5	15,3	17,5
	3	46,3	40,5	35,3	39,6
Липень	1	46,3	42,9	75,3	73,1
	2	46,3	44,6	85,3	82,7
	3	56,3	56,7	73,2	84,4
Серпень	1	55,7	63,5	62,0	59,9
	2	33,8	45,2	34,5	29,6
	3	23,0	35,6	18,7	16,5
Вересень	1	–	28,5	15,3	17,1
	2	–	–	12,1	13,9
Середнє за вегетаційний період		36,1	37,8	42,3	42,7

насіння сої мав мінімальні значення у сорту Зоря Степу. Застосування добрив та захисту рослин обумовили стале зниження коефіцієнту водоспоживання за вирощування усіх досліджуваних сортів сої, у середньому по факторах, на 7,3–49,9 та 7,9–21,3%, відповідно. Середньодобове випаровування (евапотранспірація) з шару ґрунту 0–50 см найменші показники (9,9–13,9 м³/га/добу) мало на початку вегетаційного періоду сої. Найбільша величина цього показника, на рівні 85,3 м³/га/добу, зафіксована на ділянках у сорту Олешшя в другу декаду липня. Також високий рівень середньодобового випарування, в межах від 82,7 до 84,4 м³/га/добу, проявився у сорту Південна красуня, а у сорту Ідеал сягнув найменшої величини – 36,1 м³/га/добу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Elmetwalli A. et al. Potential of hyperspectral and thermal proximal sensing for estimating growth performance and yield of soybean exposed to different drip irrigation regimes under arid conditions. *Sensors*. 2020. Vol. 20(22):6569. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20226569>.
2. El-Hendawy S. et al. Comparative performance of spectral reflectance indices and multivariate modeling for assessing agronomic parameters in advanced spring wheat lines under two contrasting irrigation regimes. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10, 1537. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01537>.
3. Lei, Y., Zhang, H., Chen, F. and Zhang, L. How rural land use management facilitates drought risk adaptation in a changing climate – A case study in arid northern China. *Science of The Total Environment*. 2016. Vol. 550. P. 192–199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.098>
4. Zheng C. et al. Effects of mulch and irrigation regimes on water distribution and root competition in an apple–soybean intercropping system in Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*. 2021. *Agricultural Water Management*. Vol. 246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106656>

5. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство). Херсон: Гринь Д. С., 2014. 448 с.
6. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

REFERENCES:

1. Elmetwalli, A. et al. (2020). Potential of hyperspectral and thermal proximal sensing for estimating growth performance and yield of soybean exposed to different drip irrigation regimes under arid conditions. *Sensors*, 20(22):6569. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20226569>
2. El-Hendawy, S. et al. (2019). Comparative performance of spectral reflectance indices and multivariate modeling for assessing agronomic parameters in advanced spring wheat lines under two contrasting irrigation regimes. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1537. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01537>
3. Lei, Y., Zhang, H., Chen, F., & Zhang, L. (2016). How rural land use management facilitates drought risk adaptation in a changing climate – A case study in arid northern China. *Science of The Total Environment*, 550, 192–199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.098>
4. Zheng, C. et al. (2021). Effects of mulch and irrigation regimes on water distribution and root competition in an apple–soybean intercropping system in Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*, 246, 106656. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106656>
5. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Methodology of field experiment (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D.S. [in Ukrainian].
6. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S. V. (2008). *Dyspersiyyny i korelyatsiyyny analiz u zemlerobstvi ta roslynyystvi [Dispersion and correlation analysis in agriculture and crop production]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

Коківіхіна О.С. Режим зрошення, водоспоживання та середньодобове випаровування залежно від сортового складу, удобрення та засобів захисту рослин сої за вирощування на зрошуваних землях Півдня України

Мета. Описати режим зрошення сої, створити баланс сумарного водоспоживання, розрахувати коефіцієнт водоспоживання залежно від досліджуваних факторів та евапотранспірацію досліджуваних сортів сої з шару ґрунту 0–50 см за місяцями та декадами вегетаційного періоду. **Результати.** Сумарне водоспоживання у шарі ґрунту 0–50 см зменшилось до 4114 м³/га у 2021 р. у варіанті з сортом Ідеал, а найбільшим, в межах 6463–6487 м³/га, цей показник виявився в шарі ґрунту 0–200 см у варіантах з середньостиглими сортами Олешшя і Південна красуня у 2019 р. Таким чином, проявилась закономірність зростання сумарного водоспоживання на 57,1–57,8% за глибиною розрахункового шару ґрунту, збільшення посушливості погодних умов на фоні дефіциту атмосферних опадів, а також за висівання насіння більш пізньостиглих сортів (Олешшя, Зоря Степу). Коефіцієнт водоспоживання за вирощування насіння сої мав мінімальні значення у сорту Зоря Степу. Застосування добрив та захисту рослин обумовили стаке зниження коефіцієнту водоспоживання за вирощування усіх досліджуваних сортів сої, у середньому по факторах, на 7,3–49,9 та 7,9–21,3%, відповідно. Захист рослин мав пряму позитивну дію щодо зниження коефіцієнту водоспоживання у варіантах з біологічним та хімічним захистом, у середньому, в 2019 р. на 17,8–21,3%; 2020 р. – 7,9–15,7; 2021 р. – на 17,3–17,5%. Середні за роки досліджень дані коефіцієнту водоспоживання мали схожі закономірності цього показника, як і в окремі роки проведення досліджень. Середньодобове випаровування (евапотранспірація) з шару ґрунту 0–50 см найменші показники (9,9–13,9 м³/га/добу) мало на початку вегетаційного періоду. Найбільша величина, на рівні 85,3 м³/га/добу, зафіксована на ділянках у сорту Олешшя в другу декаду липня, найнижча у сорту Ідеал – 36,1 м³/га/добу. **Висновки.** У ході роботи було описано режим зрошення досліджуваних сортів сої, баланс сумарного водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання та евапотранспірація. Дані містять наукову та практичну цінність, інформуючи про ці важливі показники у всіх чотирьох сортів, які можуть вирощуватись на Півдні України.

Ключові слова: соя, зрошення, водоспоживання, середньодобове випаровування, евапотранспірація, сорт, насіння, захист рослин, удобрення

Kokovikhina O.S. Irrigation mode, water consumption and average daily evaporation depending on the variety composition, fertilizer and protection system of soybean plants for cultivation on irrigated lands of the South of Ukraine

Goal. The goal was to describe the soybean irrigation regime, create a balance of total water consumption, calculate the water consumption coefficient depending on the studied factors and evapotranspiration of the studied soybean varieties from the soil layer 0–50 cm by months and decades of growing season. **The results.** The total water consumption in the soil layer 0–50 cm decreased to 4114 m³/ha in 2021 in the variant with the Ideal variety, and this indicator was the largest, within the range of 6463–6487 m³/ha, in the soil layer 0–200 cm in the variants with medium-ripening varieties Oleshshya and Pivdenna krasunya in 2019. The regularity of the growth of total water consumption by 57.1–57.8% according to the depth of the calculated soil layer, the increase in the aridity of weather conditions against the background of the lack of atmospheric precipitation, as well as the sowing of seeds of later ripening varieties (Oleshshya, Zorya Stepu) was revealed. The coefficient of water consumption for the cultivation of soybean seeds had minimal values in Zorya Stepu variety. The use of fertilizers and plant protection led to a steady decrease in the water consumption ratio for the cultivation of all investigated soybean varieties, on average by factors, by 7.3–49.9 and 7.9–21.3%, respectively. Plant protection had a direct positive effect on reducing the water consumption ratio in options with biological and chemical protection, on average, in 2019 by 17.8–21.3%; 2020 – 7.9–15.7; 2021 – by 17.3–17.5%. The average data of the water consumption coefficient for the years of research had similar patterns of this indicator, as well as in individual years of research. Average daily evaporation (evapotranspiration) from the 0–50 cm soil layer had the lowest values (9.9–13.9 m³/ha/day) at the beginning of the growing season. The highest value, at the level of 85.3 m³/ha/day, was recorded in the plots of Oleshshya variety in the second decade of July, the lowest value in Ideal variety was 36.1 m³/ha/day. **Conclusions.** In the course of this article, the irrigation regime of the investigated soybean varieties, the balance of total water consumption, the coefficient of water consumption and evapotranspiration were described. The data contain scientific and practical value, informing about these important indicators in all four varieties that can be grown in the South of Ukraine.

Key words: soybean, irrigation, water consumption, average daily evaporation, evapotranspiration, variety, seeds, plant protection, fertilization.