



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-7

УДК 631.674.6

Л. Ю. Бондаренко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5858-7375

О. О. Вершков, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5137-3235

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: larysa.bondarenko@tsatu.edu.ua, тел.: (098)8460056

ВИБІР ТИПУ НАСОСА ДЛЯ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ НАСАДЖЕНЬ ЧЕРЕШНІ В ТОВ «САН МІЛЕТ»

Анотація. Робота присвячена розробці елементів системи зрошення плодкових насаджень черешні ТОВ «САН МІЛЕТ» шляхом вибору типу насоса із множини альтернатив для дослідної ділянки площею 13,8 га. Землі дослідної ділянки знаходяться у зоні Сухого Степу. Тип клімату континентальний. Територія розташована у сухостеповій ґрунтово-екологічній зоні. Ґрунтовий покрив території, де проектується система зрошення насаджень черешні, представлений темно-каштановими ґрунтами.

Для вибору оптимального варіанту типу промислового насоса системи крапельного зрошення використано аналітичний метод. Для досліджень обрано наступні насоси К90/20, СМ100-65-250/4, СД 16/25, К 50-32-125. Розрахунки проведено з використанням програми «Вибір». Встановлено, що для забезпечення якісної роботи системи крапельного зрошення дослідної ділянки необхідно прийняти насос відцентровий консольного типу К90/20 з подачею $Q = 90 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 20 м.

Ключові слова: зрошення, крапельниця, черешневий сад, насосний агрегат, поливна норма, множина альтернатив.

Постановка проблеми. В даний час у зв'язку з розвитком зрошення немає сумніву в тому, що серед перспективних способів поливу одним з основних є крапельне зрошення, яке дозволяє створити найбільш сприятливі умови для росту рослин. Підвищення ефективності цього способу поливу засноване на отриманні максимуму продукції при мінімумі витрат поливної води та праці. Основна маса кореневої системи клонових карликових підщеп зерняткових культур у ґрунті розвивається поверхнево, досягаючи глибини в середньому – 50-60 см, напівкарликових та середньорослих – до 80 см [1].

Тому постійне підтримання вологості ґрунту на оптимальному



рівні саме у цих шарах є необхідним для формування стабільної та високої врожайності інтенсивних садів і можливе лише за умов штучного (краплинного) зрошення [2-4]

Системи краплинного зрошення - дієвий фактор розкриття потенціалу плодкових культур. Перевагою цього способу стали ширші можливості регулювання водного режиму ґрунту.

Тому дослідження з розробки та вдосконалення систем крапельного зрошення в черешневих садах товариства з обмеженою відповідальністю «САН МІЛЕТ» в умовах сухостепової зони з погляду розподілу та нормування води рослинам є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Системи краплинного зрошення – ефективний чинник розкриття потенціалу плодкових культур. З усіх способів зрошення технологічно найбільш виправданими для садівництва є системи краплинного зрошення (рис. 1).



Рисунок 1. Система краплинного зрошення черешневого саду.

Перевагою цього способу стали ширші можливості регулювання водного режиму ґрунту. При традиційних способах зрошення досягнення критичних параметрів вологості ґрунту (65% Н.В.) є сигналом для початку поливу. Продовжують його до насичення ґрунту, тобто до 100% Н.В [2,5,6]. У передполивний період рослини страждають від дефіциту води, а в кінці поливу і деякий час після нього відчувають дефіцит ґрунтового повітря. Системи краплинного зрошення дозволяють виробляти полив за значних коливань параметрів водного балансу ґрунту.



За допомогою системи краплинного зрошення та агротехнічного потенціалу, який дана система привносить у практику, можливе не тільки підтримання вологості ґрунту на оптимальному рівні, а й штучне зниження його у певні фенофази розвитку рослин. Зниження вологості ґрунту в саду під час цвітіння сприяє збільшенню відсотка продуктивної зав'язі. Більш напружений водний режим під час диференціації плодкових бруньок також, на думку ряду дослідників, сприяє збільшенню кількості генеративних бруньок [6-10]. Застосування систем краплинного зрошення значно збільшує ступінь керованості садом, знижує залежність від стресових факторів, дозволяє максимально розкрити потенціал сортово-підщепних комбінацій [11-13].

Формулювання мети статті. Розробити елементи системи зрошення плодкових насаджень черешні ТОВ «САН МІЛЕТ» шляхом вибору типу насоса із множини альтернатив для дослідної ділянки площею 13,8 га.

Основна частина. Товариство з обмеженою відповідальністю «САН МІЛЕТ» розташовано в селі Костянтинівка Мелітопольського району. Село *Костянтинівка* знаходиться у південно-східній частині Запорізької області на лівому березі річки Молочна, вище за течією на відстані 0,5 км розташоване село Вознесенка, нижче за течією на відстані 3,5 км розташоване село Мордвинівка, на протилежному березі на відстані 0,5 км знаходиться місто Мелітополь і залізнична станція Мелітополь. Річка в цьому місці звивиста, утворює лимани, стариці та заболочені озера. Через село проходить автомобільна дорога. Рельєф ділянки рівнинний з ухилом від 0,5 до 1,30 південної експозиції.

Землі ТОВ «САН МІЛЕТ» знаходяться у зоні Сухого Степу. Тип клімату континентальний. Територія розташована у сухостеповій ґрунтово-екологічній зоні, сухій підзоні, фація V зимово-помірно тепла і належить до ґрунтово-екологічної провінції засушливої у першу і дуже сухої у другу половину вегетаційного періоду.

Тривалість вегетаційного періоду дорівнює 215-220 дням, кількість днів з температурою вище 10°C (період активної вегетації) 180-185 днів.

У таблиці 1 наведені значення середньомісячної температури повітря і кількості опадів за багаторічними даними метеостанції м. Мелітополь.

За морфологічною структурною характеристикою територія ділянки зрошення розташована в межах Причорноморської низини у її південній частині у долині ріки Молочна.

У геологічному відношенні Причорноморська низина співпадає з Причорноморською западиною. Поверхня ділянки має загальний ухил до 1,3° південної експозиції. За рельєфом ділянка, на якій проектується



система зрошення (СЗ), представлена слабохвилястою рівниною та

Таблиця 1

Середні багаторічні показники температури повітря та кількості опадів (за даними МС Мелітополь)

Показник	Місяць												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура повітря, °С	-4,2	-3,4	1,7	8,7	15,6	20,0	23,1	21,8	16,2	9,8	3,2	-1,4	9,5
Опади, мм	22	20	24	28	36	59	53	25	25	28	25	23	368
Відносна вологість повітря, %	86	84	79	68	64	63	60	60	66	75	86	88	73
Середня швидкість вітру, м/сек	4,8	5,0	5,0	4,4	4,1	3,6	3,4	3,4	3,0	3,7	4,4	4,7	4,1

терасою ріки Молочної.

Грунтовий покрив території, де проектується СЗ насаджень черешні, представлений темно-каштановими слабодефльованими ґрунтами легкосуглинкового гранулометричного складу.

Найкращі водно-повітряні умови для плодкових культур забезпечуються при вологості ґрунту у межах 75–100 % НВ.

Враховуючи багаторічні показники природного зволоження зони розміщення насаджень у ТОВ «САН МІЛЕТ» Мелітопольського району Запорізької області (сума опадів 254 мм за вегетаційний період, 124 мм в літні місяці) для черешні на підщепі Gisela 5 рекомендується наступний режим поливів:

- полив після садіння (локальний полив) – 30 дм³/саджанець;
- 1, 2, 3-й рік догляду по 100 м³/ га – 12 поливів (система крапельного зрошення).

Якісну роботу системи зрошення можливо забезпечити за умови використання насосного агрегату, який буде мати задану подачу та забезпечить розрахунковий напір для всієї мережі поливних насосів. Для вибору оптимального варіанту типу насоса для системи крапельного зрошення використаємо аналітичний метод. Насос повинен перекачувати чисту технічну воду з температурою до 85 °С та буде використаний у системі зрошення черешневого саду, яка



складається з 2-х поливних модулів у блоці зрошення [14].

Для вибору технічних об'єктів в сільському господарстві є сімейство геометричних згорток критеріїв, де мета повинна бути формалізована у вигляді «ідеальної» альтернативи, а в якості цільової функції буде відстань між ідеальною $X^{ид}$ альтернативою та тією, що розглядається.

Алгоритм вибору є таким:

- формують множину альтернативних варіантів об'єкту вибора, у нашому випадку насосних агрегатів, X_i , $i = \overline{1, m}$;

- визначають властивості (критерії оцінювання f_j в натуральних одиницях) по кожному альтернативному варіанту A_j , $j = \overline{1, n}$ і заносять до таблиці 2.

- по кожному критерію визначають бажаний напрямок зміни його значення (min, max);

- виконують процедуру нормування по кожному критерію за формулою:

$$\hat{f}_j(x_i) = \begin{cases} \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{(f_j^+ - f_j^-)}, & \text{если } f_j \rightarrow \max \\ \frac{(f_j^+ - f_j(x_i))}{(f_j^+ - f_j^-)}, & \text{если } f_j \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

а результати нормування заносять до таблиці 2;

- визначають межі допустимих значень по кожному критерію та заносять результати до таблиці 2:

$$\begin{aligned} f^- &< |f_j(x_i) - \mu|, \\ f^+ &> |f_j(x_i) + \mu|, \end{aligned} \quad (2)$$

де μ – довільне число, що не порушує лінійність критеріального ряду.

- значення цільової функції $\varphi(x_i)$ визначається по кожній X_i -й альтернативі у відповідності до формули:

$$\varphi(x_i) = \sum_{j=1}^n \left| \hat{f}_j(x_i) - f_j(x^{ид}) \right| \rightarrow \min \quad (3)$$

де $0 \leq \hat{f}_j(x_i) \leq 1$

- значення цільової функції $\varphi(x_i)$, що визначає метрику (функцію відстані) між «ідеальною» альтернативою і значенням:

$$\left[\left| 1 - \hat{f}(x_i) \right|, x^{ид} \right] \rightarrow \min \quad (4)$$

тобто інтервал $[x_j^{ид}, \varphi_i]$, а найменша величина відстані відповідає



оптимальній альтернативі.

Таблиця 2

Утворення безрозмірної шкали значень цільової функції $\varphi(x_i)$.

Альтернативи	Властивості						$\varphi(x_i)$
	A_1		A_j		A_n		
	Критерії						
	f_1	\hat{f}_1	f_j	\hat{f}_j	f_n	\hat{f}_n	
X_1	f_{11}	\hat{f}_{11}	f_{1j}	\hat{f}_{1j}	f_{1n}	\hat{f}_{1n}	φ_{1n}
X_i	f_{i1}	\hat{f}_{i1}	f_{ij}	\hat{f}_{ij}	f_{in}	\hat{f}_{in}	φ_{in}
X_m	f_{m1}	\hat{f}_{m1}	f_{mj}	\hat{f}_{mj}	f_{mn}	\hat{f}_{mn}	φ_{mn}
f^-	$f_{1\min}$	-	$f_{j\min}$	-	$f_{n\min}$	-	
f^+	$f_{1\max}$	-	$f_{j\max}$	-	$f_{n\max}$	-	
x^+, x^-	X^{id}	$f_{1\text{exst}}$	1	$f_{j\text{exst}}$	1	$f_{n\text{exst}}$	1

Для вибору типу насоса для системи крапельного зрошення черешневої ділянки ТОВ «САН МІЛЕТ» розглянемо наступні насоси К90/20, СМ100-65-250/4, СД 16/25, К 50-32-125, технічні характеристики яких (табл.3) приймемо у якості критеріїв для вибору оптимального варіанту. Вибір зроблено з урахуванням того, що для забезпечення потрібного тиску $P_p = 1,76\text{МПа}$ в останньому поливному трубопроводі найбільш віддаленого від насосної станції поливного модуля необхідно, щоб розрахунковий напір був наближеним до 20 м.

Для вибору оптимального варіанту насоса з множини альтернатив прийнято такі параметри і межі їх значень:

- продуктивність – від 12,5 до 907 м³/год;
- напір насосних агрегатів – від 20 до 25 м;
- коефіцієнт корисної дії – від 49 до 78 %;
- витік – від 2 до 10 л/год.

Відповідно до наведених параметрів сформовано таблицю 4.

Вибір найкращої альтернативи визначимо за умови максимального наближення до ідеалу по формулі (1). Діалогове вікно програми «Вибір», яка розроблена на кафедрі сільськогосподарських машин ТДАТУ [15], розрахунку вибору ідеального варіанту з множини альтернатив наведено на рисунку 2.



Таблиця 3

Технічні характеристики обраних варіантів насосів для системи зрошення черешневого саду ТОВ «САН МІЛЕТ».

Показник	Марка насосу			
	К90/20	СМ100-65-250/4	СД 16/25	К 50-32-125
Подача, м ³ /год	90	50	16	12,5
Напір, м	20	20	25	20
Потужність електродвигуна, кВт	7,5	7,5	4	1,5 (2,2)
Швидкість обертання вихідного вала електродвигуна, об/хв	3000	1500	3000	3000
ККД, %	78	60	49	55
Кавит. запас, м	< 5,5	5	4	< 3,5
Витік, л/год	< 2	10	10	< 2

Таблиця 4

Параметри дійсних значень із альтернативних варіантів насосних агрегатів.

Марка насосу	Параметр			
	Подача Q, м ³ /год	Напір, м	ККД, %	Витік, л/год
К90/20	90	20	78	2
СМ100-65-250/4	50	20	60	10
СД 16/25	16	25	49	10
К 50-32-125	12,5	20	55	2
f	12,5	16	60	1
f ⁺	90	30	98	3
x ⁺ , x ⁻	max	max	max	min



The screenshot shows a software interface titled 'MainWindow'. It features three data tables and a control panel.

	1	2	3	4
1	90	20	78	2
2	50	20	60	10
3	16	25	49	10
4	12.5	20	55	2

К-сть варіантів: 4
К-сть хар-тик: 4

Показник (1 - к Max. 0 - к Min.):

	1	2	3	4
1	1	1	1	0

Виробник (1 - к Max. 0 - к Min.):

	1	2	3	4
1	12.5	16	60	1
2	90.0	30	98	3

Buttons: **Нова таблиця**, **OK**, **Визначити Діапазон**, **Рахувати**

Results panel:
Варіант 1 : 1.74
Варіант 2 : 6.73
Варіант 3 : 7.1
Варіант 4 : 3.34
Найкращим варіантом є варіант: 1 з найближчим до 1 значенням: 1.74

Рисунок 2. Діалогове вікно програми «Вибір», яка розроблена на кафедрі СГМ ТДАТУ для вибору оптимального варіанту насосного агрегату.

За результатами розрахунку (рис. 2) видно, що найменше значення цільової функції отримано для першого варіанту, для нього $\varphi(x_i) = 1,74$. Із таблиці 4, видно, що варіанту №1 відповідає насос консольного типу відцентровий K90/20 (рис. 2), який ми і приймаємо для заданої системи зрошення. Виробник насосу – Слобожанський електромеханічний завод, Харків, Україна. Технічна характеристика насосу наведена в таблиці 3.



Рисунок 3. Відцентровий насос, консольного типу K90/20.



Насос К90/20 – промисловий, відцентровий, консольного типу. Перекачує чисту технічну воду з температурою до 85 °С. Матеріал корпусу та крильчатки – чавун СЧ20, вал – сталь. Подача – 90 м³/год, напір – 20 м. Агрегатується з електродвигуном потужністю 5,5 – 7,5 кВт та частотою обертання 3000 об/хв.

Висновки. 1. Для прийняття рішення щодо вибору оптимального варіанту типу промислового насоса системи крапельного зрошення із множини альтернатив використано аналітичний метод, відповідно до якого значення цільової функції визначає різницю між «ідеальною» альтернативою та тією, що розглядається, а найменша величина відстані відповідає оптимальному варіанту.

2. Визначено, що для забезпечення якісної роботи системи крапельного зрошення дослідної ділянки ТОВ «САН МІЛЕТ» оптимально прийняти насос консольний відцентровий К90/20 з подачею $Q = 90$ м³/год та напором 20 м.

Список використаних джерел

1. Рекомендації щодо технології вирощування зерняткових садів на клонівих підщепах за краплинного зрошення в умовах Лісостепу України / За ред. д-р техн. наук, академіка НААН М. І. Ромащенко, канд. с.-г. наук С. В. Рябкова. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2012. 72 с.
2. Ромащенко М. І., Доценко В. І., Онопрієнко Д. М., Шевелєв О. І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник. Дніпропетровськ: ООО ПКФ „Оксамит-текст”, 2007. 175 с.
3. Садівництво півдня України. Запоріжжя: Дике поле, 2003. 231 с.
4. Ерхов Н. С., Литвиненко А. Ф. Комплексная мелиоративная система для возделывания многолетних насаждений. *Надёжность и качество технологического процесса полива*: сб. научн. тр. ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова М., 1988, с.140–144.
5. Сабиров М. К. Способы полива садов и виноградников в Узбекистане. *Технология орошения интенсивных садов*: сб. научн. тр. ВНИИС им. И. В. Мичурина. Мичуринск, 1981, Вып. 33. С. 91–93.
6. Struchaiev N., Bondarenko L., Vershkov O., Chaplinskiy A. Improving the efficiency of fruit tree sprayers. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 3–10.
7. Odyntsova V., Sushko S., Bondarenko L., Scherbakova N. Application of phenoclimatographic models in stone fruits protecting from spring frosts. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 267–280.
8. Tarasenko V., Bondarenko L., Scherbakova N., Horbova N. Sowing



units for drilling vegetable crops. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations.* Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 289–298.

9. Matkovskiy O., Karaiev A., Sankov S., Karaieva T. The Parameters Substantiation of Seed Drill Capacity for Stone Crop Seeds. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations.* Cham: Springer International Publishing, 2019. Part I. P. 121–131.

10. Karaiev A., Tolstolik L., Chyzhykov I., Karaieva T. Defining Stability of Technological Process of Growing Fruit Crop Seedlings. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations.* Cham: Springer International Publishing, 2019. Part I. P.53–62.

11. ДСТУ 4951:2008. Насадження плодів. Проектування. Загальні вимоги. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с.

12. Латоша В. В. Особливості вирощування плодкових культур на зрошенні. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-техн. конф. Магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 37.

13. Латоша В. В. Розробка системи мікродощування плодкових культур. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-техн. конф. Магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 54.

14. Караєв А. И. Модель прийняття рішень для формування комплексів машин в садоводстві. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 2003. Вип. 60. С.349–353.

15. Бейтуллаєв Е. Ю. Розроблення програми вибору технічних засобів із множини альтернатив. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-техн. конф. Магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 39.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2022 р.

L. Bondarenko, O. Vershkov
Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

CHOICE OF PUMP TYPE FOR DROP IRRIGATION SYSTEM OF CHERRY PLANTS IN SAN MILET LLC

Summary

Among the promising methods of watering, one of the main is drip irrigation, which allows you to create the most favorable conditions for plant growth. Improving the efficiency of this method of irrigation is based on obtaining maximum production with minimum cost of irrigation water and labor.

The work is devoted to the development of elements of the system of irrigation of cherry orchards of LLC "SAN MILET" by choosing the type of pump from a variety of alternatives for the research area of 13.8 hectares.

The lands of the research site are located in the Dry Steppe zone. The type of climate



is continental. The territory is located in the dry steppe soil-ecological zone. The duration of the growing season is 215-220 days, the number of days with temperatures above 10 °C (active

growing season) is 180-185 days. The soil cover of the territory where is designing the system of irrigation of cherry plantations is represented by dark chestnut soils. For cherries on the rootstock Gisela 5 recommended watering after planting (local watering) – 30 dm³ / seedling, and using a drip irrigation system – 12 waterings.

An analytical method was used to select the optimal type of industrial drip irrigation pump from a variety of alternatives, according to which the value of the objective function determines the difference between the "ideal" alternative and the one under consideration, and the smallest distance corresponds to the optimal option. The following pumps K90 / 20, CM100-65-250 / 4, SD 16/25, K 50-32-125 were selected for research. The calculations were performed using the program "Choice", which was developed at the Department of Agricultural Machinery TSATU. It is established that to ensure the quality of the drip irrigation system of the experimental area it is necessary to accept the centrifugal pump cantilever type K90/20 with a supply of $Q = 90$ m³/ h and a head of 20 m.

Key words: irrigation, drip, cherry orchard, pumping unit, irrigation rate, many alternatives.