Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра загального землеробства

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою загального землеробства, к.б.н., професор
_____Микола Мостіпан
«___»_____2023 р.

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським ) рівнем вищої освіти**

на тему:

# Ефективність крапельного зрошення яблуневого саду в Північному Степу України

Виконав здобувач вищої освіти
ІІ курсу, групи АГ 22М-2
ОПП «Агрономія»
спеціальності 201«Агрономія»
_____Ейвазов Ю.М.О.
«___»_____2023 р.

Керівник, ст. викладач, к.с.-г.н.
_____Микола Ковальов
«___»_____2023 р.

Рецензент
_____Людмила Сачевська
«___»_____2023 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра загального землеробства
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Галузь знань: 20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність: 201-Агрономія
Освітньо-професійна програма: Агрономія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри загального землеробства
_____Микола Мостіпан
“____”_____2023 року

# З А В Д А Н Н Я
## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ейвазову Юсіфу Мурад Огли

1.Тема роботи_ Ефективність крапельного зрошення яблуневого саду в Північному Степу України

2. Керівник роботи Ковальов М.М, кандидат сільськогосподарських наук, ст.. викладач

затверджений наказом ЦНТУ “_04_” вересня 2023 року № 60 - 13

3. Строк подання роботи до захисту_____19 грудня 2022 року__

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою випускної кваліфікаційної роботи було – підвищення ефективності використання водних ресурсів та врожайності за рахунок розроблення техніки та технології краплинного зрошення яблуневого саду в умовах Північного Степу України.

Завдання:

- дати аналіз та оцінку ефективності використання водних ресурсів при краплинному зрошенні плодових культур на ґрунтах чорноземного типу;

- вивчити особливості водорозподілу та оцінити його рівномірність у низьконапірних системах крапельного зрошення;

- встановити закономірності процесу формування та динаміки контуру зволоження ґрунту в залежності від величини поливної норми при краплинному поливі садів;

- вивчити вплив краплинного зрошення на економію водних ресурсів, врожайність яблуневого саду порівняно з поливом по борознах.

5.Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічне обґрунтування результатів досліджень | Малаховська В.А., викладач | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № П/П | Строк виконання етапів роботи | Назва етапів кваліфікаційної роботи |
|---|---|---|
| Перший | 15.11.2023 року | Розділ 1.Огляд літератури,<br>Розділ 5 Охорона праці та довкілля |
| Другий | 22.11.2023 року | Розділ 2. Місце та умови проведення досліджень |
| Третій | 14.12.2023 року | Розділ 3. Спеціальна частина |
| Четвертий | 20.12.2023 року | Розділ 4. Економічне обґрунтування результатів досліджень |
| П’ятий | 25.12.2023 року | Висновки, список літератури, вступ. |

Дата видачі завдання
«_17_»___вересня_2023 р.

Підпис керівника
_____Микола Ковальов
Завдання прийнято до виконання
«_17_»_вересня__2023 р.

Підпис здобувача
_____Ейвазов Ю.М.О.

ЗМІСТ


| | | Стор. |
|---|---|---|
| | Вступ | 6 |
| РОЗДІЛ1. ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЗРОШЕННЯ ПРИ ОТРИМАННІ СТАЛИХ ТА ВИСОКИХ ВРОЖАЇВ ЯБЛУК (огляд літератури) | | 9 |
| 1.1. | Перспективні методи поливу в Степу України | 9 |
| 1.2. | Роль зрошення у житті плодових культур | 13 |
| 1.3. | Особливості застосування краплинного зрошення у плодівництві | 16 |
| РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ | | 18 |
| 2.1. | Організаційно-економічні умови ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» | 18 |
| 2.2. | Ґрунтово-кліматичні ресурси та погодні умови, їх значення у формуванні врожайності яблуневого саду | 21 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ ТА ЇЇ РОЗПОДІЛ ПРИ КАПЕЛЬНОМУ ЗРОШЕННІ | | 26 |
| 3.1. | Методика проведення досліджень | 28 |
| 3.2. | Особливість оцінки рівномірності водорозподілу в низьконапірних системах крапельного зрошення. | 31 |
| 3.3. | Динаміка зволоження ґрунту при краплинному поливі садів | 34 |
| 3.4. | Формування та динаміка контуру зволоження залежно від величини поливної норми при краплинному зрошенні | 38 |
| 3.5. | Режим зрошення та водоспоживання яблуневого саду при краплинному зрошенні | 44 |
| 3.6. | Вплив водного режиму ґрунту на ріст та розвиток яблуні при краплинному зрошенні | 54 |
| РОЗДІЛ 4. ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯБЛУНЕВОГО САДУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ | | 60 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯБЛУНІ ЗА ДОПОМОГОЮ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ | | 63 |

| | | |
|---|---|---|
| 5.1. | Загальні питання організації охорони праці у ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» | 63 |
| 5.2. | Охорона праці при вирощуванні яблуневого саду з застосуванням систем крапельного зрошення | 63 |
| 5.3. | Охорона навколишнього середовища при крапельному поливі яблуневого саду | 64 |
| | ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ | 66 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 68 |
| | ДОДАТКИ | 73 |

# Вступ

**Актуальність теми.** В даний час у зв'язку з розвитком систем зрошення немає сумніву в тому, що серед перспективних способів поливу одним з основних є краплинне. Даний спосіб поливу дозволяє створити найбільш сприятливі умови для рослин, забезпечити подачу води безпосередньо в кореневу зону рослин, автоматизувати процес поливу. Підвищення ефективності даного способу поливу ґрунтується на одержанні максимум продукції при мінімумі витрат поливної води та праці. Однак перспективи впровадження крапельного зрошення нині стримуються відсутністю конкретних режимів зрошення та теоретичних досліджень використання таких систем та технологій поливу. Тому дослідження з розробки та вдосконалення систем крапельного зрошення в яблуневих садах в умовах зони Степу України з точки зору розподілу та нормування води рослинам представляють як науковий, так і практичний інтерес.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дана робота є логічним продовженням циклу теоретичних і практичних досліджень кафедри загального землеробства з питань вирощування плодових культур з урахуванням природно-кліматичних умов Степу України, виконаних відповідно до Програми наукової діяльності Центральноукраїнського національного технічного університету (м. Кропивницький):01149U002814 «Застосування нетрадиційних органічних добрив та ЕМ-препаратів під овочеві культури в умовах північної частини степової зони України».

**Мета і завдання дослідження** – підвищення ефективності використання водних ресурсів та врожайності за рахунок розроблення техніки та технології краплинного зрошення яблуневого саду в умовах Північного Степу України.

Досягнення поставленої мети включало вирішення наступних завдань:

1) дати аналіз та оцінку ефективності використання водних ресурсів при краплинному зрошенні плодових культур на ґрунтах чорноземного типу;

2) вивчити особливості водорозподілу та оцінити його рівномірність у низьконапірних системах крапельного зрошення;

3) встановити закономірності процесу формування та динаміки контуру зволоження ґрунту в залежності від величини поливної норми при краплинному поливі садів;

4) розробити математичну модель і аналітично розв'язати задачу волого переносу, яка описує вологообмін у кореневмісному шарі ґрунту при краплинному зрошенні;

5) обґрунтувати параметри системи краплинного зрошення із застосуванням методів математичного планування;

6) вивчити вплив краплинного зрошення на економію водних ресурсів, врожайність яблуневого саду порівняно з поливом по борознах.

**Об’єкт дослідження.** Об'єкти досліджень – яблуневий сад, системи зрошення, чорнозем звичайний.

**Предмет дослідження** – ефективність прийомів зрошення яблуневого саду. При отриманні та обробці польових даних використовувалися аналітичний, експериментальний, статистичний, енергетичний та економічний методи досліджень.

**Наукова новизна отриманих результатів полягає:**

- у розробці та дослідженні закономірностей руху вологи в кореневмісному шарі ґрунту при краплинному зрошенні;

- у визначенні раціонального режиму зрошення яблуневого саду;

- у теоретичному визначенні та експериментальному підтвердженні параметрів краплинного зрошення.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у науковому обґрунтуванні, теоретичному та експериментальному підтвердженні екологічної безпеки розвитку та економічної доцільності у певних природних умовах водозберігаючих систем краплинного зрошення.

Доведено, що краплинне зрошення позитивно впливає на ріст та розвиток рослин. При цьому економія води становить 30 – 60 % порівняно з поливом по борознах. За результатами досліджень отримано емпіричні залежності для визначення динаміки зміни параметрів, контуру зволоження ґрунту до і після

поливу, визначено закономірності руху вологи в шарі ґрунту при краплинному зрошенні.

Практична значущість полягає в тому, що проведені дослідження завершено розробкою конкретних режимів зрошення, параметрів та характеристик краплинного зрошення для яблуневих садів у зоні Північного Степу України.

**Особистий внесок здобувача в наукові дослідження** складається з аналітичного огляду публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених, які зробили значний внесок у розвиток теорії та практики режимів крапельного зрошення. Постановка проблеми, цілей та задач досліджень, експериментальні роботи, обробка, аналіз та узагальнення отриманих результатів на 75 % виконані автором. Отримані результати досліджень дозволяють вибрати найефективніші способи вирощування яблуневого саду.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення випускної кваліфікаційної роботи доповідалися на міжнародній конференції: XIV Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (м. Кропивницький, 8-10 листопада 2023 р.).

**Публікації.** Результати проведених досліджень в даній магістерській роботі опубліковані у вигляді тез доповідей: Ковальов М., Ейвазов Ю. Динаміка зволоження ґрунту при краплинному зрошенні садів в Степу України. XIV Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (м. Кропивницький, 8-10 листопада 2023 р), ЦНТУ, 2023 С. 368-370 [1].

# РОЗДІЛ 1 ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЗРОШЕННЯ ПРИ ОТРИМАННІ СТАЛИХ ТА ВИСОКИХ ВРОЖАЇВ ЯБЛУК (огляд літератури)

## 1.1. Перспективні методи поливу в Степу України

У вісімдесяті роки минулого століття в умовах північного Степу України застосовувалися різні способи поливу. При цьому найбільше поширення знайшло зрошення із застосуванням дощування. Широко використовувалися поверхневі способи поливу та полив затопленням. В даний час дані способи поливу є провідними на рисових зрошувальних системах. При поверхневих поливах воду на поля подають або суцільним шаром або по борознах. У першому випадку вода надходить у ґрунт вертикально вниз під дією сил гравітації, а у другому вода також надходить у бічному напрямку за рахунок капілярного переміщення. Однак, найдавніший спосіб – лиманне зрошення продовжував застосовуватися як найпростіший при будівництві та відносно дешевий [2].

До нових і перспективних способів зрошення слід віднести внутрішньо ґрунтове, краплинне зрошення, дрібнодисперсне та синхронно-імпульсне дощування. Всі ці способи не отримали ще досить широкого застосування в нашій країні і перебувають у стадії вивчення та розробки. Нижче наведено короткий опис сутності названих способів зрошення.

При внутрішньо ґрунтовому способі зрошення кореневмісний шар ґрунту зволожується за допомогою труб-зволожувачів або кротовин, влаштованих на невеликій глибині, або за допомогою спеціальних механізмів, які вводять вологу безпосередньо в кореневмісний шар. Основні переваги внутрішньо ґрунтового зрошення перед усіма способами поверхневого поливу та дощування полягають у наступному: підвищується коефіцієнт повного використання води; покращуються водно-фізичні властивості ґрунтів, структура поверхневого шару ґрунту в процесі поливу не руйнується, зменшується щільність поверхневого горизонту, посилюється його аерація; автоматизація процесу подачі води у ґрунт; вода на зрошувані поля подається в будь-який час, коли виникає в ній потреба, та у встановлених кількостях; підвищується ефективність праці робітників

господарства та забезпечується отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур. У той же час цьому способу притаманні й деякі недоліки: виникає небезпека засолювання ґрунтів, важко регулювати мікроклімат, промивати листя, обприскувати рослини розчинами пестицидів та гербіцидів, порівняно висока вартість зрошувальної мережі [3].

За способом подачі води внутрішньо ґрунтові системи можна підрозділити на вакуумні, безнапірні та напірні.

Зволоження кореневого шару відбувається за допомогою кротовин, трубок, жолобів і т. д. Для влаштування труб-зволожувачів зазвичай застосовують гончарні труби, а останнім часом - пористі та поліетиленові. Внутрішньо ґрунтові зволожувачі зазвичай розташовують на глибині 40-50 см з відстанню між ними 1-3 м. Вода в ґрунт надходить через стики труб, які обсипають пористим матеріалом. Якщо як зволожувачі застосовуються перфоровані трубки, то стики закладають наглухо і вода з них проникає через спеціально зроблені отвори певного діаметру. Достатньо рівномірне зволоження ґрунту по довжині зволожувачів виходить при довжині труб не більше 100-300 м. В якості зволожувача на щільних ґрунтах можна використовувати штучні кротовини, які нарізають на початку зрошувального періоду із застосуванням спеціальних кротових плугів або кротівників. Кротовини надрізаються на глибині 35-60 см. При цьому відстані між ними становить 50-150 см. Довжина кротовин приймається в межах 50-200 м, діаметр 5-15 см [4].

До внутрішньо ґрунтового зрошення слід відносити і машинно-ін'єкційний спосіб поливу, при якому вода з добривами під тиском впорскується в кореневмісний шар за допомогою спеціальних машин або знарядь. Робочі органи таких машин влаштовані на кшталт рослини живителя [5]. У машину вода подається під час її руху спеціальними пристроями гнучкими трубопроводами. Таке точкове зволоження ґрунту з погляду економії води, мабуть, найбільш доцільне при зрошенні садів та виноградників. Його можна застосовувати на легких ґрунтах для удобрювального поливу стоками тваринницьких комплексів, що дуже раціонально з погляду природоохоронного законодавства [6].

Особливим різновидом внутрішньо ґрунтового поливу є краплинне зрошення. Внутрішньо ґрунтове краплинне зрошення – це спосіб локального зволоження ґрунту, при якому вода за допомогою невеликого діаметру пластмасових трубопроводів від 6 до50 мм подається за потреби повільно або безперервно біля кореневої системи рослин. У зв'язку з цим зволожуюча мережа з крапельницями перебуває у орному горизонті, тобто у шарі 15-30 см. Оскільки візуальний огляд крапельниць утруднюється і ускладнюється умови їх очищення від забруднень, у деяких випадках для поливу садів, виноградників крапельниці розміщують на поверхні поля Система внутрішньо ґрунтового крапельного зрошення оснащена насосом, фільтром, регуляторами напору та витрати та іншими елементами. Вода подається під невеликим робочим натиском: при розташуванні крапельниць у підорному горизонті – 0,1 - 0,2 МПа, на поверхні поля – 0,07-0,2 МПа. При цьому тиск крапельниці на виході знижується до нуля. Основний принцип даного способу - постійне забезпечення рослин необхідною кількістю води та добрив. Цей процес виконується відповідно до їх фізіологічної потреби за допомогою точкових мікроводовипусків, тобто крапельниць. При цьому досягаються мінімальні втрати на випаровування та фільтрацію, що особливо важливо для районів з обмеженими водними ресурсами [7]. При краплинному зрошенні ґрунт зволожується у зоні максимального розвитку кореневої системи рослин, де підтримується гарна аерація. У коревий шар вода подається під певним натиском по мережі розташованих на поверхні або всередині ґрунту пластмасових трубопроводів за допомогою водовипусків – крапельниць. Воду подають щодобово протягом 3-4, іноді 12 годин з дуже мізерною витратою 0,9-9,1 л/год, що забезпечує повільне власне краплинне надходження її в ґрунт безпосередньо біля коріння рослин [8, 9].

Порівняно з іншими способами поливу крапельне зрошення має такі переваги: при поливі знижується витрата праці; зберігається основна структура ґрунту; відсутні кірки на поверхні ґрунту; з'являється можливість подачі добрив безпосередньо до кореневої системи рослин із водою; відбувається зниження

поливної норми на 30-60 % та підвищення врожайності на 20-100 %; можливість застосування на територіях з великою експозицією схилу [10].

Однак широке поширення цього способу стримується через високі початкові витрати, так як потрібно велика кількість пластмасових трубопроводів, які доводиться періодично замінювати. Істотним недоліком є можливість закупорювання трубок та крапельниць унаслідок природного забрудненості поливної води. Незважаючи на ці недоліки, крапельне зрошення нині застосовується для вирощування квітів та овочів у парниках та теплицях, а також для поливу садів, виноградників, цукрової тростини та цитрусових насаджень. Метод дрібнодисперсного (аерозольного) дощування спрямований на вирішення проблеми оптимального регулювання параметрів приземного шару повітря з метою створення найбільш сприятливого для розвитку рослин мікро- та фітоклімату. Основна його ідея полягає в періодичній обробці рослини дрібно розпиленою водою з діаметром одиничної краплі 100-600 мк. Таке зволоження проводиться тільки в жаркі сухі дні, коли температура листя перевищує фізіологічно оптимальну для цієї культури температуру. Норма разового на рослини у своїй способі зрошення перебуває у межах 100-500 л/га залежно від температури та вологості повітря, навколишнього рослини [11, 12].

Застосування методу дрібнодисперсного зволоження на досить великій площі, зайнятій під посівами, забезпечує значне зниження температури листового покриву рослин і навколишнього повітряного середовища для збільшення вологості повітря. Внаслідок цього відбувається вирівнювання денного ходу фотосинтезу, зменшується транспірація води рослинами з ґрунту, ліквідується дефіцит вологи в листі рослин та забезпечується відтік продуктів асиміляції з листя рослин у корінь у денний час [13].

Проведені дослідження свідчать також, що дрібнодисперсне зволоження найбільше ефективно на тлі достатнього передпосівного запасу вологи в ґрунті. Тільки в цьому випадку можна планувати отримання достатнього врожаю за значного скорочення витрати води на зрошення. Значний інтерес цей метод становить і як засіб боротьби із заморозками та морозами [14].

Один із нових прогресивних технологічних напрямів у зрошенні вважається синхронно-імпульсне дощування. Воно забезпечує часті поливи за дуже малих поливних норм, дозволяє регулювати мікроклімат, підтримуючи відносну вологість повітря на висоті рослин у межах 70-80 % при зниженні максимальної температури в найбільш спекотні періоди дня в середньому на 2-3°С [15].

## 1.2. Роль зрошення у житті плодових культур.

Проведені дослідження різних природно-кліматичних зонах України показують, що зрошення дає високий ефект у південних районах, де опади становлять лише 40-60 % кількості вологи. Крім того зрошення так само надає перевагу більш зволоженим районам для отримання більш стійких урожаїв.

Потребу в зрошенні не можна пов'язувати з річною сумою опадів, це необхідно для отримання високих щорічних урожаїв незалежно від погодних умов. Наприклад, у Новій Зеландії річна сума опадів становить 1500-2000 мм. При цьому для отримання стабільних урожаїв, у тому числі і плодових, застосовуються різні способи поливу [16].

У Франції незалежно від великої кількості опадів не більше 300-1000 мм і попри порівняно близьке залягання ґрунтових вод сади за сезон поливають 5-6 і навіть іноді 12 разів [17].

Для забезпечення людини вітамінами необхідно збільшити площу зрошуваної ділянки з вирощуванням плодових культур. Серед насіннєвих порід за потребою у воді яблуня займає чи не перше місце. Тому для нормального росту та розвитку дерева протягом вегетаційного періоду необхідно, щоб вологість ґрунту була в оптимальних межах [18].

Аналізуючи природньо-кліматичні умови зони північного Степу України, можна відзначити, що цей регіон є загалом посушливим, з переважанням клімату континентального типу. Отже, випадає мало опадів, внаслідок чого відбуваються часті посухи [19]. Дослідами багатьох вчених встановлено, що яблуневий сад у плодоносному віці витрачає за вегетаційний період приблизно 4000-6000 $м^3$/га

води, а за підтримки міжрядь у задерненому стані, сад потребує в 1,5-2 рази більше вологи. Звідси випливає, що опадів, що випадають за вегетаційний період 500-600 мм для нормального розвитку та стабільного плодоношення плодових культур недостатньо [20].

Враховуючи вищевикладене, для ґрунтово-кліматичних зони Степу України залежно від фаз розвитку рослин рекомендовано застосовувати 4-6 поливів: I полив (квітень) - за 10-15 днів перед цвітінням; II полив (початок росту пагонів – травень) – після цвітіння; III полив (червень) – у фазу фізіологічного осипання зав'язі; IV полив (липень)- в період посиленого росту пагонів та формування квіткових бруньок; V полив (серпень) - за 15-20 днів після четвертого поливу; VI полив (перша половина вересня) - у період закінчення формування плодів осінньо-зимових сортів [21]. Застосування даних термінів поливу забезпечує отримання високого врожаю та нормальне зростання та розвиток всього життєвого циклу рослини.

Необхідно враховувати, що при вирощуванні яблуневого саду за наявності опадів на початку осені і із застосуванням осіннього волого зарядного поливу, можна не проводити перший і шостий поливи, тому що в ці періоди часу акумулювання вологи в активному шарі ґрунту відбувається в достатній кількості.

З огляду на це молоді сади потрібно поливати частіше. При цьому перший полив проводять на початку росту пагонів, а наступні поливи в залежності від погоди та водно-фізичних властивостей ґрунту даються з проміжками часу через 15-25 днів [22].

У посушливі роки, коли кінець літа та початок осені проходять без опадів велике значення при вирощуванні інтенсивних плодових насаджень має волого зарядний полив. Застосування волого зарядного поливу підвищує зимостійкість, пошкодження дерева відбувається дуже слабо, оскільки коріння рослин, що знаходяться у вологому ґрунті, ушкоджуються морозами набагато слабше, ніж у сухому ґрунті. Це відбувається через велику теплопровідність і теплоємність [23].

У нашій зоні при вирощуванні яблуневого саду волого зарядний полив зазвичай проводиться наприкінці вересня або на початку жовтня. Також з цим

поливом рекомендується вносити до 1/3 річної норми азотних добрив. При цьому поливна норма для вологого зарядного поливу змінюється від 1000 до 2000 $м^3$/га [24].

На думку [25] в зрошуваних садах досі у деяких господарствах застосовується богарна технологія. Незважаючи на це, багатьма дослідниками встановлено, що зрошення збільшує тривалість вегетаційного періоду дерев, сприяє більш потужному зростанню, розвитку кореневої системи та надземної частини дерева. Отже, необхідно впроваджувати у виробництво насадження на середньо- та слаборослих підщепах, уточнювати терміни норм внесення добрив та обробітку ґрунту, типи та схеми посадки дерев, конструкції крон та систему обрізки [26].

У штаті Мічиган у США, незважаючи на сильні опади за весь вегетаційний період, близько 700 мм, сади поливають 2 рази. У цьому підвищується продуктивність яблуневого саду, а врожайність у десятирічному віці з дерева приблизно становить 200-240 кг [27].

Таким чином, яблуня за весь вегетаційний період у фазі розвитку формування та наливу плодів більш вимоглива до вологи. Недолік вологи у періоди пригнічує формування плодових бруньок, що у результаті призводить до зниження врожайності. Навіть короткочасна нестача вологи знижує зимостійкість рослин та збільшує обсипання зав'язі та плодів. При цьому плоди яблуні мають найгірші якості, втрачають товарний вигляд, погіршується їхня лежкість при зимовому зберіганні.

У літній період з дуже високою температурою повітря нестача вологи призводить до зниження фотосинтетичної активності листя і в 2-3 рази скорочує продуктивність рослин. Тому зрошення у всіх зонах садівництва дозволяє уникнути погіршення якісних характеристик, підвищивши ефективність рослин [28].

Таким чином, аналізуючи літературні дані, слід зазначити, що в зоні недостатнього зволоження зрошення плодових насаджень є високоефективним і необхідним засобом підвищення врожайності.

1.3. Особливості застосування краплинного зрошення у плодівництві.

У зв'язку з екологічною обстановкою, що погіршується, застосування сучасних способів і техніки поливу повинні забезпечувати: необхідні оптимальні умови для вирощування плодових культур та отримання високих урожаїв із гарною якістю плодів; збереження структури ґрунту; проведення поливів на одиницю площі з мінімальними витратами води; відсутність виникнення причин водної ерозії; механізацію та автоматизацію процесу поливу; регулювання у певному діапазоні водного, поживного та повітряного режимів ґрунту та рослин; підвищення ступеня надійності та коефіцієнту корисної дії зрошувальних систем; зменшення енерго-економічних витрат [29].

В даний час дослідження щодо застосування краплинного зрошення в плодівництві проводяться дуже активно, як в Україні, так і за кордоном. Наприклад, ще XIX столітті для зрошення садів у Каліфорнії застосовувався спосіб Лі. При цьому для підведення води до саду закладався магістральний трубопровід діаметром 15 см. До цієї магістралі (труби) діаметром 7 см приєднувалися бічні відводи. Ці відводи розташовувалися під ґрунтом вздовж дерев. Для розподілу вологи біля кожного дерева для зволоження ґрунту монтувався клапан. В результаті отриманих даних було уточнено, що в основному зволоження відбувається в шарі ґрунту глибиною 10-100 см. Змикання контурів зволоження досягнуто при поливних нормах 700-900 м$^3$/га. За підтримки вологості 80 % НВ у середньосухі та сухі роки проводилося 2 поливи з поливною нормою 800-900 м$^3$/га та 3 поливи нормою 1400-1800 м$^3$/га відповідно. Для створення необхідної кількості вологи в ґрунті в усі роки досліджень було заплановано волого зарядковий полив (осінній) нормою 700-800 м$^3$/га. Внаслідок цього при економному витрачанні води за 4 роки досліджень врожайність яблуневого саду в середньому склала 12 т/га і всі дерева мали гарний вегетативний приріст [30].

Наприкінці XX століття в Ізраїлі польові дослідження із застосуванням краплинного зрошення при використанні солоної води для поливу в грушевому саду показали можливість отримання стабільних урожаїв. Було встановлено, що

з краплинному зрошенні розподіл вологості краще пристосовано до характеру розподілу коренів у ґрунті в порівнянні з традиційними способами поливу [31].

В цілому застосування краплинного зрошення сприятливо впливає на загальний розвиток плодових дерев, знижує періодичність плодоношення, сприяє підвищенню зимостійкості та приживаності їх саджанців, що дозволяє отримувати стабільні врожаї з гарною якістю плодів [32].

Слід враховувати великі матеріаломісткості та значні капіталовкладення у будівництві систем крапельного зрошення. У зв'язку з цим для зниження вартості системи краплинного зрошення необхідно продовжувати подальші дослідження, спрямовані на збільшення їх економічної ефективності та вдосконалення методів розрахунку режиму та техніки поливу.

# РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ УМОВИ ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО»

## 2.1. Організаційно-економічні умови ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО»

Відповідно до агровиробничого районування земель земельного фонду, територія господарства розташована в природно-сільськогосподарській зоні степу в центрі України [33]. Вирощування плодових культур значною мірою залежить від поєднання ґрунтово-кліматичних умов. Для забезпечення високих врожаїв яблук особливо важливими є тривалість теплого періоду року, кількість тепла, фотосинтетично доступної радіації(ФАР)та природна вологість, наявна в регіоні. Основними факторами, що визначають рівень врожайності всіх сільськогосподарських культур, є волога, світло і джерела тепла.

Компанія ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» спеціалізується на вирощуванні польових культур, плодових і ягідних. У власності компанії перебуває 419 га землі, в тому числі 372,5 га ріллі, 17 га плодо-овочевих сівозмін, 5 га сидеральних парів, 15 га багаторічних насаджень (садів), 20 га сіножатей, 2 га пасовищ, 4 га господарських споруд, 0,5 га теплиць та парників. Сільськогосподарські угіддя розділені на чотири відділення. Структура угідь наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Структура земельних угідь ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО»

| Назва угідь | Площа, га | % |
|---|---|---|
| Рілля: | 392,5 | 93,7 |
| Польова Сівозміна | 375,5 | 89,6 |
| Плодоовочева Сівозміна | 17,0 | 4,1 |
| Багаторічні Насадження | 15,0 | 3,6 |
| Тепличний комплекс | 0,5 | 0,1 |
| Перелоги | 5,0 | 1,2 |
| Пасовища | 2,0 | 0,4 |
| Інші землі | 4,0 | 1,0 |
| Всього угідь | 419,0 | 100 |

Поля плодоовочевої сівозміни проектуються компактними для полегшення механічного обробітку і, по можливості, однаковими за розміром на ґрунтах зі схожими агрономічними характеристиками та умовами зволоження. Довгі сторони полів організовані з урахуванням їх перетину з напрямками суховійних вітрів.

Незважаючи на безліч проблем та труднощів, які виникають при вирощуванні яблуневого саду, в розвитку ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» проглядаються деякі позитивні тенденції. Так, узагальнення досвіду роботи господарства в зоні Степу України показало, що в даний час розвиток цієї форми господарювання йде по наростаючій – нарощуються обсяги виробництва.

При постійному зниженні виробництва в невеликих фермерських господарствах населення (частка виробництва продукції плодівництва в даній категорії за аналізований період скоротилася практично в 3 рази - з 41,1% у 2004 р. до 14% у 2022 р.) питома вага продукції ягідництва у господарстві хоч і повільно, але все ж таки підвищується з 1,1 % у 2004 р. до 2,8 % у 2022 р. (див. рис. 2.1).

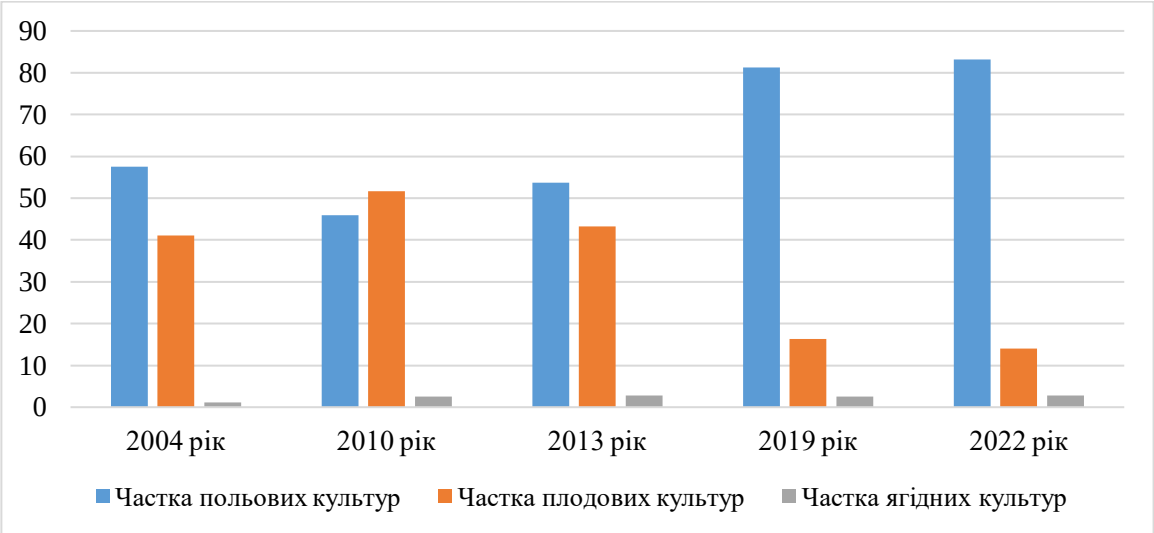



Рис. 2.1. Структура продукції ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» за категоріями, %

Для оцінки ефективності ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» та використано дані Департаменту АПК Кіровоградської області про роботу господарств, а також результати анкетного опитування керівництва господарства на основі самооцінки ними прибутковості свого виробництва. З даних анкетування видно, що виробничий напрямок господарства багатогалузевий. Воно спеціалізуються з виробництва різних видів продукції, асортимент якої щорічно розширюється.

Про зростання грошової виручки свідчить як зростання вартісних, а й натуральних показників. У структурі грошової виручки продукції рослинництва господарства в 2022 році найбільшу питому вагу займають зернові та

зернобобові – 41,21% та соняшник 36,18 % 109 273 тис. грн. та 567,111 млн. грн. відповідно (див. табл. 2.2 та рис. 2.2).

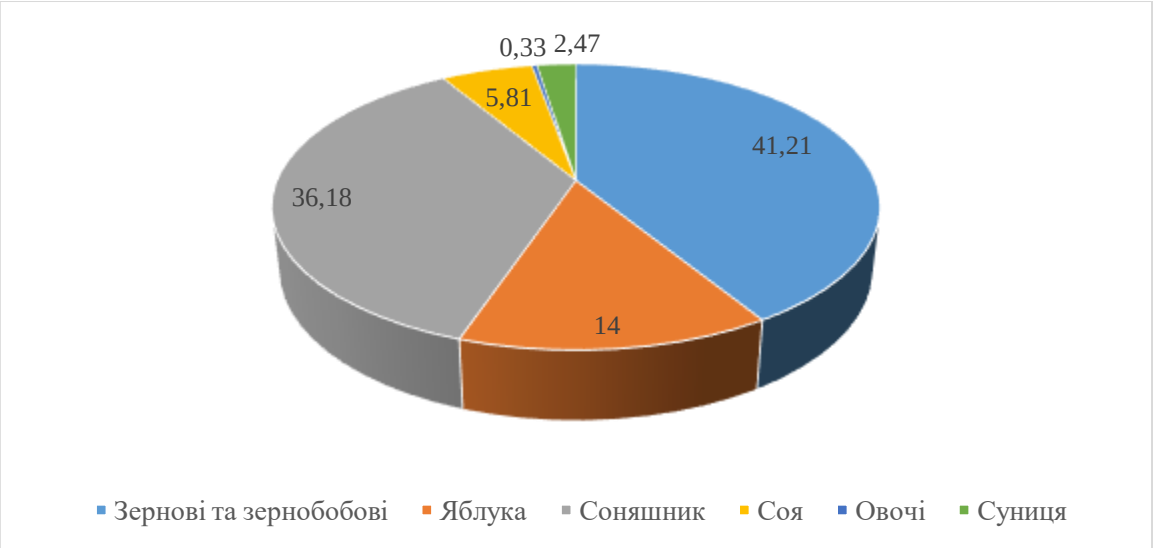



Рис. 2.2 Структура товарної продукції рослинництва в господарстві в 2022 році, %.

Таблиця 2.2

Склад грошової виручки ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» від реалізації продукції рослинництва

| Показники | | Роки | | | Відхилення 2022 р. від 2020 р. (±) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2020 | 2021 | 2022 | |
| Зернові та зернобобові | тонн | 9873 | 16018 | 22162 | 12289 |
| | млн.грн. | 45,092 | 77,183 | 109,273 | 64,181 |
| Яблука | тонн | 2547 | 3434 | 4321 | 1774 |
| | млн.грн. | 33,111 | 17,170 | 103,704 | 70,593 |
| Соняшник | тонн | 28529 | 34755 | 42963 | 14434 |
| | млн.грн. | 597,511 | 417,060 | 567,111 | -30,4 |
| Соя | тонн | - | 746 | 1161 | 1161 |
| | млн.грн. | - | 9,895 | 15,399 | 15,399 |
| Овочі | тонн | 118 | 100 | 83 | -35 |
| | млн.грн. | 9,26 | 9,03 | 8,80 | -4,6 |
| Суниця | тонн | 520 | 479 | 438 | -82 |
| | млн.грн. | 35,100 | 29,937 | 24,309 | -10,791 |
| Однорічні трави на сіно | тонн | 282 | 169 | - | -282 |
| | млн.грн. | 5,54 | 3,32 | - | -554 |
| **Всього продукції рослинництва** | **млн.грн.** | **725,614** | **563,595** | **828,596** | **102,982** |

Частка яблук складає – 14%. Варто відзначити збільшення реалізації соняшнику – 36,18%, його обсяг реалізації збільшився майже в 3 рази. Однак, враховуючи падіння закупівельної ціни на дану культуру, господарство втратило 30 млн. грн. прибутку. Частка продажу сої, овочів та суниці у загальному обсязі незначна.

## 2.2. Ґрунтово-кліматичні ресурси та погодні умови, їх значення у формуванні врожайності яблуневого саду.

Ґрунтовий покрив зони північного Степу України переважно представлений ґрунтами чорноземного типу різного ступеня гумусованності. Ґрунтоутворюючими породами на території ділянки є карбонатний лес. Даний ґрунт представлений лесоподібними суглинками,. Їхня водна витяжка на щільному залишку не перевищує 0,1 %, ґрунти не засолені [33].

Ґрунтові води розташовуються на глибині понад 14 м, слабо мінералізовані. На ділянці, що зрошується, гідрогеологічні та геологічні умови для проведення зрошення є сприятливими.

В основному ґрунтовий покрив зони дослідження представлений чорноземом звичайним глибоким малогумусним важкосуглинковим, розташованим на терасових вододілах. Отже, дослідна ділянка, що знаходиться на території ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО», розташована в підзоні чорноземів звичайних, що характеризуються такими морфологічними ознаками:

$H_o$ – (3-0) підстилка, листя, бруньки, гілочки дерев (напіврозкладені);

Н – (0 – 60 см), гумусний, пористий, темно-сірий, свіжий важко-суглинковий, зернистої структури, верхній шар (0 – 15 см) утворився, внаслідок дефляцій них процесів і характеризується майже повною відсутністю макроструктури;

$НР_к$ – верхній перехідний (61 – 90 см), помірно ущільнений, темнувато-сірий, з бурувато-сизим відтінком, ближче до нижньої межі поступово світлішає, важкосуглинкового механічного складу, структура верхньої межі горизонту зерниста, нижньої переходить у грудучкувато-зернисту, слабоущільнену, багато

рослинних коренів, скипає з глибини 75 см, карбонати подекуди зустрічаються у вигляді білозірки. Перехід поступовий;

$Ph_k$ – нижній перехідний (91 – 115 см), карбонатний, темно-бурий, вологий, важкосуглинковий, грудучкувато-зернисто-горіхоподібний, ущільнений, сильно перетритий кротовинами, по ходам коренів, кротовинам та структурним конкреціям багато білозірки, перехід поступовий;

$P_k$ – 116 – 150 і глибше лес, палебурого кольору, плямистий, донизу палевий, важкосуглинкового гранулометричного складу, ущільнений. За класифікацією Н.А. Качинського ґрунту зрошуваної ділянки та за механічним складом відносяться до важкосуглинкового. Вміст частинок фізичної глини та мулистої фракції в орному горизонті (часток 0,001мм) становить відповідно 38 - 40 і 20 – 25 %. На дослідній ділянці у шарі 0-100 см основні водно-фізичні властивості ґрунту характеризуються такими даними: найменша вологоємність – 20,74 % від сухої маси, щільність – 1,35 г/см$^3$ та вологість зав'ядання рослини – 8,1 % (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Основні водно-фізичні властивості ґрунту

| Глибина ,см | Щільність ґрунту, г/см$^3$ | Щільність твердої фази, г/см$^3$ | Загальна шпаруватість, % | Вологість ґрунту, % від сухої маси | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | найменша вологоємність, | вологість стійкого в’янення |
| 0-10 | 1,21 | 2,49 | 50,6 | 24,2 | 8,7 |
| 10-20 | 1,27 | 2,49 | 49,8 | 23,1 | 9,0 |
| 20-30 | 1,36 | 2,51 | 49,0 | 22,9 | 8,2 |
| 30-40 | 1,37 | 2,52 | 47,6 | 21,9 | 8,3 |
| 40-50 | 1,37 | 2,53 | 45,8 | 19,7 | 7,8 |
| 50-60 | 1,37 | 2,55 | 45,9 | 19,9 | 7,9 |
| 60-70 | 1,36 | 2,57 | 45,9 | 19,9 | 6,9 |
| 70-80 | 1,40 | 2,55 | 44,7 | 19,3 | 8,1 |
| 80-90 | 1,42 | 2,56 | 44,5 | 18,2 | 7,9 |
| 90-100 | 1,36 | 2,53 | 43,9 | 18,3 | 7,2 |

Відповідно до класифікації С.В. Астапова швидкість вбирання води на дослідній ділянці можна віднести до ІІІ групи [34]. Дані показники наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Показники водопроникності ґрунтів дослідної ділянки

| Швидкість фільтрації | Інтервали спостережень, год | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| мм/хв | 0,825 | 0,695 | 0,515 | 0,430 | 0,370 | 0,360 |

Аналізуючи отримані нами дані можна відзначити, що до глибини 1,0 м і нижче гранулометричний склад ґрунту змінюється від важкосуглинкового до легкоглинистого стану. Залежно від глибини горизонту сума фракцій щонайменше 0,001 мм змінюється не більше 31,3-34,2 (табл. 2.4).

Це сприяє утворенню міцної структури та є позитивним фактором. На 100 г ґрунту сума поглинених основ становить 24-26 мг/екв. Натрію у ґрунті міститься менше, ніж 1 %. Сума поглинених основ на 100 г сухого ґрунту в чорноземі звичайному змінюється в межах 20-25 мг/екв. На 100 г ґрунту дослідної ділянки вихідний вміст рухомого фосфору та обмінного калію відповідно дорівнював у 2022 році – 4,19 мг, 20,62 мг; 2023 році – 2,97 мг, 21,59 мг.

Таблиця 2.4

Гранулометричний склад ґрунтів дослідної ділянки

| Горизонт | Глибина відбору зразка, м | Відсоток вмісту фракції різного розміру, мм | | | | | | Фізична глина |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1,0-0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | менше 0,001 | |
| Н | 0-10 | 0,4 | 16,5 | 36,0 | 5,2 | 10,1 | 31,8 | 47,1 |
| $Н_р$ | 30-40 | 0,2 | 9,2 | 41,6 | 7,6 | 9,1 | 32,3 | 49,0 |
| $Н_{рк}$ | 50-70 | 0,2 | 4,1 | 45,5 | 7,2 | 11,7 | 31,3 | 50,2 |
| $Р_{hk}$ | 90-100 | 0,2 | 3,0 | 46,2 | 7,5 | 10,1 | 33,0 | 50,6 |
| $Р_к$ | 140-150 | 0,3 | 3,8 | 42,7 | 3,2 | 15,8 | 34,2 | 53,2 |

У поглинаючому комплексі головну роль відіграє кальцій (див. табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Хімічні властивості ґрунтів дослідної ділянки

| Глибина, см | Загальний вміст гумусу, % | Обмінні основи,мг/екв. на 100 г ґрунту | | | Сума обмінних основ, мг/екв.на 100 г ґрунту |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca | Mg | Na+K | |
| 0-10 | 3,83 | 15,44 | 6,05 | 1,26 | 22,75 |
| 10-20 | 3,59 | 14,51 | 6,38 | 1,76 | 22,65 |
| 20-30 | 3,22 | 15,62 | 8,21 | 2,47 | 26,30 |
| 30-50 | 1,78 | 13,95 | 7,93 | 2,39 | 24,27 |

Підсумовуючи можна відзначити, що зрошувана ділянка з чорноземом звичайним цілком придатна для зрошення. Ґрунти важкосуглинкового складу малогумусні не містять помітної кількості водорозчинних солей і опріснені до глибини 3,2-3,5 м. Виходячи з результатів ґрунтового аналізу, дослідна ділянка придатна для будівництва систем краплинного зрошення та для обробітку яблуневого саду.

Таким чином, зона північного Степу України має тривалий вегетаційний період, отримуючи багато тепла, на півночі (145-160 днів) та на півдні (165-175 днів). У зв'язку з цим за вегетаційний період середньодобова позитивна температура повітря вище +10ºС на півночі та на півдні відповідно становить 2840ºС та 3265ºС. Тим паче цих запасів тепла цілком достатньо для визрівання плодових культур [35].

На даній ділянці за теплий період часу випадає всього 120 мм опадів, а з початком вегетаційного періоду, кількість опадів становить 70-90 мм. При випаровуванні 1100 мм, середньорічна кількість опадів у Кіровоградській області коливається не більше 450-530 мм (див. дод. А1-А3). Явно область не отримує опадів у достатній кількості, і найчастіше ці опади мають зливовий характер. Більшість опадів стікає з полів, не встигає поглинатися поверхнею ґрунту. Тому незначно впливає підвищення ґрунтових вологозапасів.

За характеристики умов зволоження території у наукових дослідженнях використовується гідротермічний коефіцієнт. Цей показник розраховується для характеристики умов зволоження, які були у роки проведення досліджень (див. рис. 2.1).

За величиною гідротермічного коефіцієнта роки розподіляються на 4 класи:

1) понад 1,6 – надмірно зволожені;
2) від 1,6 до 1,3 – вологі;
3) від 1,3 до 1,0 – недостатньо зволожені;
4) менше 1,0 – посушливі [33].

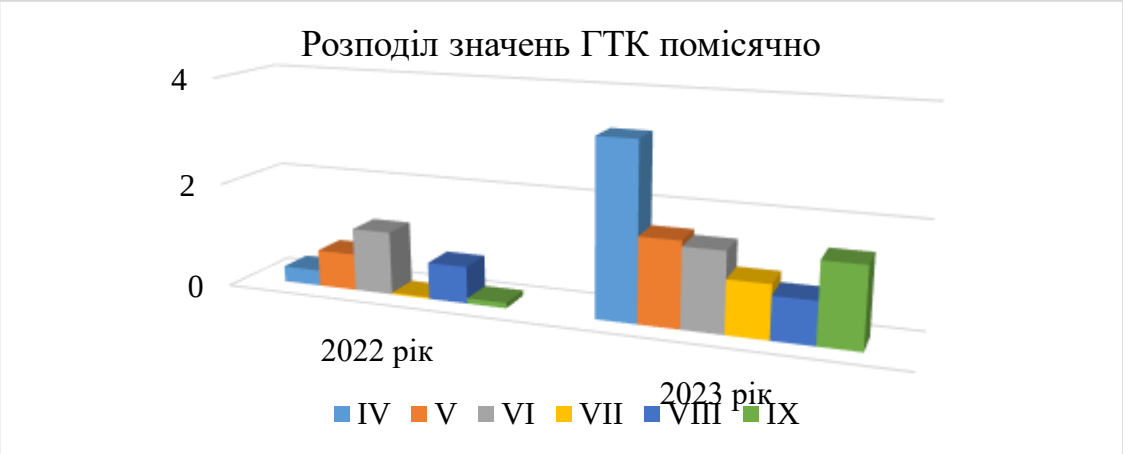



Рис. 2.1 Значення ГТК (середнє за 2022-2023 роки)

Помісячний розподіл гідротермічного коефіцієнта показав, що дослідження проводилися у два недостатньо вологих періоди вегетації. За гідротермічних умов вегетаційні періоди 2022 рік характеризувався як посушливий, а 2023 року – як помірно вологий. Усе це впливало формування режиму лабільних форм гумусу і врожайність культур ланок сівозмін.

# РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ ТА ЇЇ РОЗПОДІЛ ПРИ КАПЕЛЬНОМУ ЗРОШЕННІ

Дослідження проведені в ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО», які в умовах північного Степу України, насамперед спрямовані вивчення особливості зрошення земель та його класифікацію у цьому регіоні. У ході досліджень нами враховувалися водно-фізичні властивості ґрунту та ґрунтово-рельєфні умови зрошуваної ділянки. Виходячи з цих даних проводилося обґрунтування вибору дослідної ділянки та для досягнення поставленої мети проводилися польові дослідження.

Виходячи з поставлених завдань, нами у польових дослідах необхідно було виконати дослідження, пов'язані з працездатністю елементів поливної мережі систем крапельного зрошення. Для вирішення поставленого завдання досліджували зміни витрат крапельниць залежно від тиску на технічно чистій воді.

Для дослідження надійності роботи крапельниць під час експлуатації було виділено визначальні чинники, які найбільше впливають з їхньої працездатність. Таким фактором є каламутність води, що подається в систему.

Тиск у трубопроводах під час вимірювання витрат крапельниць підтримували постійним і фіксували манометром, розташованим на початку поливного трубопроводу. Тиск у поливних трубопроводах у всіх дослідах для тих самих крапельниць був однаковим, у проміжках між вимірюваннями він був різним у межах робочої характеристики.

Каламутність води вимірювали в джерелі зрошення і після фільтрування тонким фільтром очищення.

Для з'ясування впливу якості очищення води на працездатність крапельниць проводили дослідження при очищенні води піщано-гравійним та сітчастим фільтром розміром осередків 0,25 мм.

Для дослідження працездатності крапельниць та поливних трубопроводів у процесі експлуатації як визначальні фактори виділяли каламутність води та біологічні властивості.

У ході досліджень тиск води вимірювали за допомогою п'єзометрів, а витрата крапельниць - об'ємним способом [36].

На дослідних ділянках при проведенні досліджень для достовірних результатів були використані наступні прилади: мірний циліндр, секундомір, п'єзометри, електричні ваги ВЛР-500, бюкси та сушильна шафа з автоматичним терморегулятором. Відповідно до [37] для визначення кількості води використовували мірні циліндри об'ємом 25, 100 та 200 мл та 1 л. Для вимірювання малих об'ємів - до 20 $см^3$ був використаний мірний циліндр об'ємом 25 мл. Повірки мірних циліндрів проводили на електричних терезах об'ємно-ваговим методом. Тривалість часу одного виміру варіювалася в межах від 30 до 60 с і вимірювалася секундоміром з ціною розподілу 0,1 і 0,2 с.

Усі експериментально - виробничі досліди проводилися у триразовій повторності.

Рівномірність розподілу води при краплинному зрошенні на ділянці, що зрошується, безпосередньо в основному залежить від конструкції крапельниць і від типу їх монтажу.

При краплинному зрошенні основним параметром, що характеризує роботу крапельниці, є витрата. Для визначення витрати крапельниць застосовували об'ємний спосіб з використанням мірних циліндрів з об'ємами 25 та 100 мл та секундомірів з ціною поділу 0,2 с. Отже, вимірювання тиску води в трубопроводі вели манометрами з ціною розподілу 0,0016 і 0,0025 мПа. Перевірку манометрів виконували гідростатистичним методом через кожні 150 - 200 годин з коригуванням у разі потреби. Повірки мірних циліндрів виконували об'ємно-ваговим методом на електричних вагах [33].

Об'єм проби для фільтрування брали таким, щоб маса завислих речовин після фільтрування була не менше 100 - 250 мг. Після фільтрування стінки приладу промивали дистильованою водою, щоб змити на паперовий фільтр частинки завислих речовин, що залишилися на стінках. Після фільтрування паперовий фільтр просушували при температурі 40-50°С і, нарешті, досушували протягом 1 години при 105°С до постійної маси.

Зважування фільтру з завислими речовинами в бюксі проводили на аналітичних вагах ВЛР-200 г з ціною розподілу 0,05 мг.

Для обробки отриманих результатів досліджень користувалися різними методами математичної статистики та теорії ймовірностей із застосуванням персонального комп'ютера. Для вимірювання температури використовували термометри з ціною розподілу 0,5°С [33].

Зрошення дослідної ділянки забезпечувалося виробництвом ізраїльської компанії «Мацерплац» системою крапельного поливу «Ідіт». Дана система забезпечує подачу води та оснащена напівкомпенсованими крапельницями. Крапельниці витратами 2,2-2,5 л/годину мають вихідний отвір діаметра 1 мм. Діапазон робочого тиску крапельних систем знаходиться в межах 5-40 м.

Головними конструктивними елементами крапельниці були: лабіринт; діафрагма; фільтр. Основні показники (експлуатаційно-технологічні) системи крапельного зрошення показані в таблиці 2, додатку А2.

Таким чином, для вдосконалення технології краплинного зрошення сільськогосподарських культур в основному необхідно досягати підвищення надійності водопостачання. При цьому головним критерієм є оцінка рівномірності розподілу вологи різними пристроями у системі краплинного зрошення з урахуванням показників надійності та правильний вибір методики досліджень.

## 3.1. Методика проведення досліджень

Польові досліди щодо вивчення впливу систем краплинного зрошення порівняно з поливом по борознах на ріст, розвиток та плодоношення яблуневого саду проводились за рекомендацією [38, 39].

Згідно зі схемою польового досліду було прийнято 4 варіанти:

1 - полив по борознах (контроль), за підтримки вологості ґрунту на рівні 80 % НВ;

2 - краплинне зрошення, за підтримки вологості ґрунту не нижче 70 % НВ;

3 - краплинне зрошення, за підтримки вологості ґрунту не нижче 80 % НВ;

4 - краплинне зрошення, за підтримки вологості ґрунту не нижче 90 % НВ.

Облікові ділянки мали прямокутний вигляд. Схема розміщення варіантів здійснювалася шляхом систематичних блоків. Повторність досліду 3-кратна. Усі крапельні лінії виконувались довжиною 130 м. Стан ґрунту в саду – чорний пар.



Рис. 3.1. Загальний вид яблуневого саду із застосуванням краплинного поливу

На дослідній ділянці під час обробітку яблуневого саду використовували агротехніку для цієї зони. Польові досліди проводилися за чотирма сортами яблуні: Голден Делішес, Корей, Айдоред та Глостер. Схема посадки дерев 64 м, тобто сад можна віднести до напівінтенсивного типу. Вік саду 5 років (див. рис. 3.1).

При визначенні розрахункового шару ґрунту враховувалися зона розташування основної маси коренів, що всмоктують воду. Для яблуневого саду рекомендовано застосовувати глибину в залежності від способу поливу приймати в межах не нижче 0,6 - 1,3 м [34].

Зважаючи на те, що основна маса кореневої системи насаджень яблуні знаходиться до 1,0 м, у наших дослідженнях цю глибину приймаємо рівною не нижче 1,0 м.

У польових дослідженнях з метою глибокого та всебічного вивчення поставлених питань проводилися такі обліки та спостереження.

Необхідні водно-фізичні та механічні властивості ґрунтів визначалися за загальноприйнятою методикою: щільність твердих фаз та щільність ґрунту відповідно пікнометричним способом та методом ріжучих кілець за Качинським; найменша вологоємність та вологість ґрунту відповідно методом заливання майданчиків та ваговим методом; повна вологоємність та порізність – розрахунковим методом [40].

Для визначення ступеня засолення та типу ґрунтоґрунту проводився аналіз водної витяжки, сухий залишок, катіони $Na^{+}$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ та аніони $HCO_3^{-}$, $CI^{-}$, $SO4^{-}$.

Хімічними аналізами визначалося: загальний вміст гумусу – методом І.В. Тюріна; гідролізований азот - за методом Корнфільд; вміст рухомого фосфору та обмінного калію – за методом Б.П. Мачігіна; механічний склад – за Н.А. Качинському; [41].

У ході досліджень до та після поливу, через 12 годин, 1, 3, 5 діб після поливу в інтервалах через 10 см на глибину до 1 м у триразовій повторності на спеціальних майданчиках для визначення вологості ґрунту зразки відбиралися буром. Залежно від року та варіантів досвіду необхідна вологість ґрунту досягалася шляхом зміни кількості поливів. Для дотримання цього правила поливи проводилися у різні терміни.

Для уточнення розміру та форми ділянок та їх розміщення облікову кількість дерев на дослідній ділянці, були використані методичні вказівки з агротехнічних дослідів із плодовими та ягідними культурами [42].

В основному при виборі облікових дерев враховувався загальний стан кожної рослини, бралося до уваги однорідність їхнього вікового складу, умови захищеності, вирівняність їх за силою розвитку (коло штамба і розмір крони), забезпеченість запилювачами. Кожне облікове дерево за варіантами досвіду було марковано табличками та етикетками на виділених окремих ділянках.

Кожен варіант досвіду включає по 4 ряди дерев, у ряді 20 дерев. Їх кількість на кожному варіанті – 80. Крім того, при розміщенні варіантів були передбачені

захисні ряди. У дослідах із плодовими культурами за рекомендаціями [39], внутрішній захист за варіантами досліду складається з 1 ряду, а по краях з 2-х рядів дерев.

Для визначення ефективності різних режимів краплинного зрошення порівняно з поливом по борознам на ділянці, що зрошується, проводилася наступні біологічні обліки та вимірювання:

1. Для вивчення кореневої системи дерев був використаний метод, «блоків ґрунту» або «ґрунтових проб», що є модифікацією методу «вільного моноліту», [50]. У зоні розташування основної маси коренів ґрунтові проби бралися на глибині до 40-50 см і розміром 0,2х0,2х0,1 м. Після відмивання коренів, від них відокремлювалися тонкі корені, що несуть на собі білі корінці; вимірювалася довжина і кількість білих корінців первинної будови, а також довжина основного кореня.

2. Провели облік питомої врожайності дерев яблуні [38]. Облік плодів проводився по кожному дереву з визначенням середнього врожаю плодів з 1 дерева, питомої врожайності з 1 $м^3$ крони дерев та врожаю на 1 га. При обчисленні знятого врожаю у кожному варіанті вага падалиці враховувалася і підсумовувалася з масою.

3. Дисперсійний аналіз та статистична обробка результатів польових досліджень проводилася за загальноприйнятою методикою [43];

4. Економічна ефективність технології обробітку яблуневого саду за умов північного Степу України при краплинному зрошенні [44].

## 3.2. Особливість оцінки рівномірності водорозподілу в низьконапірних системах крапельного зрошення.

На підвищення врожайності плодових культур головним чинником є застосування зрошення. Отже, зі збільшенням зрошуваних площ зростає споживання прісної води, капітальні вкладання, витрати праці та енергоємність.

Тому для підвищення ефективності застосування зрошувальних меліорацій необхідно створювати більш продуктивні системи, що забезпечують стабільне

одержання врожайності різних плодових культур за мінімальних витрат праці та поливної води. Цим вимогам значною мірою відповідає краплинне зрошення, яке має низку основних переваг у порівнянні з іншими способами поливу [45].

В основному про якість зволоження ґрунту можна судити за рівномірністю розподілу води по всій довжині краплинних ліній. Загалом, при проектуванні систем крапельного зрошення недотримання цієї умови викликає нерівномірність розподілу вологи по довжині краплинних ліній. Внаслідок цього відбувається і нестабільність урожаїв плодових культур. У зв'язку з цим оцінка рівномірності водорозподілу в низьконапірних системах краплинного зрошення є однією з основних цілей наших досліджень [1].

Результати різних досліджень свідчать, що при поливі садів існують свої особливості. Нам відомо, що в умовах зрошуваного землеробства, водоспоживання яблуневого саду практично і цілком визначається поливним режимом зрошуваних насаджень. При цьому необхідно враховувати густоту стояння, вік та біологічні особливості плодових дерев. Отже, при визначенні зрошувальної норми яблуневого саду необхідно враховувати такі фактори як глибина шару ґрунту, що зволожується, вологість, щільність, кількість опадів, найменша вологоємність ґрунту та інше [34].

При визначенні поливних норм локальному поливі необхідно враховувати оптимальні розміри контуру зволоження, тобто. відповідного розміщення основної маси коренів системи рослин у ґрунтовому горизонті. На основі вище викладеного можна відзначити, що для конструкції, що вивчається, площа контуру зволоження при поливі яблуневого саду в основному залежить від кількості крапельниць безпосередньо встановлюваних для поливу однієї рослини.

При краплинному зрошенні параметри локальної форми контуру зволоження залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту, і у плані є коло. Для різних ґрунтів площі контуру зволоження істотно різняться між собою, тому кількість крапельниць, що встановлюються, на одну рослину залежить від виду ґрунту та основного розміру кореневої системи оброблюваної культури.

Загалом можна відзначити, що площа контуру зволоження при встановленні біля стовбура дерева двох, трьох і більше крапельниць має ту саму форму, що і при поливі однією крапельницею. Враховуючи це, для поливу однієї рослини, розрахунок обсягу контуру зволоження ґрунту можна проводити із застосуванням однієї крапельниці [45].

З огляду на поширення вологи навколо однієї крапельниці та локального характеру зволоження ґрунту яблуневого саду при краплинному зрошенні можна визначити об'єм контуру зволоження за формулою шарового сектора.

Дослідження, проведені в умовах ТОВ «ЄЛИСАВЕТ-АГРО» дозволили нам встановити низку закономірностей пересування вологи в ґрунті під діями гравітаційного та капілярного потенціалів, а також меніскових, сорбційних та осмотичних сил, значення яких залежать від змісту вологи у ґрунті. Тому характер розподілу води та її рухливість у ґрунтовому профілі є функцією вологопровідності, яка в основному залежить від пористості ґрунту та від

Аналізуючи різні форми вологи у ґрунті, за результатами проведених досліджень було встановлено, що коли найменше значення вологості ґрунту становить у середньому 60-70 % НВ підвішена волога набуває здатності пересуватися суцільною масою.

У результаті розрахункові значення максимальної молекулярної вологоємності (ММВ) за отриманою формулою [39] відповідають заданому інтервалу (див. табл. 3.1) і змінюються в межах від 68,6 до 72,2 % НВ. Це дає можливість використати цю залежність для обчислення наближеного значення ММВ у проміжних визначеннях.

При краплинному зрошенні протягом тривалого часу в процесі поливу ґрунт може перебувати у вологому стані. В результаті цього формується затоплений контур зволоження.

Таким чином, при краплинному поливі яблуневого саду вода подається безпосередньо в зону найбільшого поширення поглинаючих коренів.

Таблиця 3.1

Основні розрахункові значення максимальної молекулярної вологоємності ґрунту

| Потужність ґрунтового горизонту, см | Загальна шпаруватість ґрунту,% | Вологоємкість, % | | Максимальна гігроскопічність, % | Максимальна молекулярна вологоємність, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | повна | найменша | | об'єму ґрунту | НВ |
| $H + H_p$ - 0-40 | 49,0 | 31,6 | 22,8 | 4,53 | 16,3 | 72,2 |
| $H_{pk}$ – 50-70 | 43,2 | 22,1 | 19,1 | 4,59 | 14,1 | 70,1 |
| $P_{hk}$ – 90-100 | 46,8 | 25,3 | 18,2 | 2,71 | 13,2 | 71,9 |
| $P_k$ – 140-150 | 47,6 | 26,0 | 18,4 | 1,83 | 13,0 | 68,6 |

Це забезпечує значну економію поливної води та екологічну безпеку зрошення.

3.3. Динаміка зволоження ґрунту при краплинному поливі садів.

Одним із найпрогресивніших способів поливу, який знаходить все більшого поширення в нашій країні і за кордоном, є крапельне зрошення. Застосування забезпечує сприятливе для рослин зволоження ґрунту, тобто. дозволяє створити оптимальний водно-повітряний режим, зберегти структуру ґрунту та покращити його аерацію. У результаті порівняно з іншими способами поливу врожайність плодових культур зростає на 50-80 % при менших витратах поливної води та праці на 35-50 % [46].

При подачі поливної води з крапельниці навколо крапельниці утворюється контур зволоження ґрунту. Отже, розміри та форма цих контурів залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту та кількості поданої води. При цьому залишається не зрозумілим, як і наскільки змінюється контур зволоження за різних поливних норм. Крім цього, особливий інтерес представляє, як

розподіляється волога в ґрунті і після поливу. Ці питання пов'язані, перш за все, з оптимізацією елементів систем крапельного зрошення [47].

В даний час немає єдиної думки про те, яким чином при краплинному зрошенні відбувається поширення вологи в ґрунтовому профілі, і яка частина площі, тобто. обсягу ґрунту відведений багаторічним насадженням має бути зволожений. Це питання має науковий інтерес особливо для посушливої зони Степу України [28]. Отже, одним із завдань наших досліджень є розподіл вологи у ґрунті та вивчення контуру зволоження у зоні розвитку кореневої системи яблуні при краплинному зрошенні. У зв'язку з цим нами було проведено серію дослідів у ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО». Дослідження проводилися при подачі різних поливних норм із встановленням відповідно однієї, двох та чотирьох крапельниць біля стовбура дерева [1].

У польових умовах зміна динаміки вологості ґрунту вивчалася на окремих водно-балансових майданчиках. Ці спеціальні майданчики розташовувалися по діагоналі кожної ділянки на відстані 20 м від голови, в середині, а також 20 м від кінця ділянки. При подачі різних поливних норм для вимірювання форми та розміру контуру зволоження нарізали шурфи. Вологість ґрунту при краплинному поливі встановлювалися бурінням та відбором проби ґрунту через кожні 0,2 м до глибини 2,0 м у 3-х кратній повторності перед кожним поливом та після кожного поливу. За результатами отриманих даних встановлено, що поширення вологи в ґрунті та її контур зволоження переважно залежить від обсягу поливної норми (див. рис. 3.2, табл. 3.2).

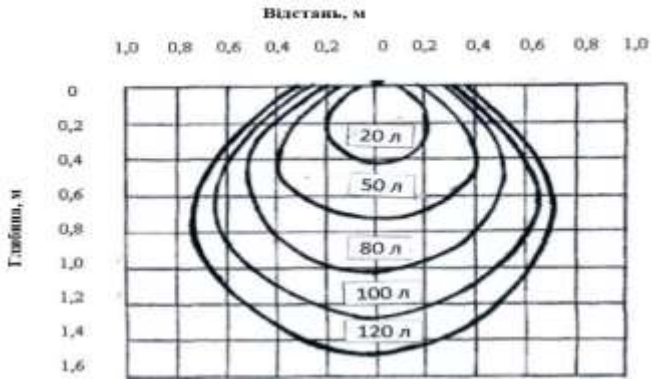



Рисунок 3.2 Контур зволоження ґрунту при подачі об'єму води, що дорівнює 20, 50, 80, 100 і 120 л.

Таблиця 3.2

Розподіл вологи в ґрунт при краплинному поливі з установкою однієї крапельниці біля стовбура дерева

| Показники | Поливна норма m, л/дерево | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | 50 | 80 | 100 | 120 |
| 1. Глибина проникнення вологи h, м | 0,42 | 0,78 | 1,03 | 1,28 | 1,50 |
| 2. Максимальна ширина зволоження від поверхні до глибини h в бік міжряддя $B_{max}$, м | 0,36 | 0,68 | 0,96 | 1,18 | 1,32 |
| 3. Максимальна довжина зволоження від поверхні до глибини h вдовж рядка де- рев $1_{ср}$, м | 0,40 | 0,82 | 1,04 | 1,34 | 1,43 |
| 4. Максимальний діаметр зони зволоження від поверхні до глибини h, $d_{max}$, м | 0,44 | 0,81 | 1,02 | 1,26 | 1,38 |
| 5. Максимальне значення співвідношення $d_{max}/h$ | 1,05 | 1,10 | 0,97 | 0,96 | 0,90 |
| 6. Максимальний об’єм зволоженого ґрунту $W_{max}$, $м^3$ | 0,15 | 0,48 | 0,87 | 1,65 | 2,32 |
| 7. Процентне співвідношення зволоженого максимального об’єму ґрунту до виділеного об’єму рослинам, % | 0,7 | 4,9 | 11,1 | 20,8 | 29,2 |

Аналіз даних таблиці 3.2 показує, що при краплинному зрошенні в залежності від поливної норми відбувається деяке збільшення відсоткового співвідношення від 11,1 до 29,2 об'єму зволоженого ґрунту. При подачі води в обсягах 80, 100 і 120 л/дерево ці збільшення становить 11,1, 20,8 та 29,2 л/дерево відповідно. Такі зміни пов'язані з просочуванням води в нижні шари ґрунту в межах від 1,04 до 1,43 м, що призводить до значної втрати води на фільтрацію.

Загалом ясно, що при краплинному зрошенні з установкою однієї крапельниці біля стовбура за один полив необхідно подавати рослинам не більше

50 - 80 л води в об'ємі. У разі підвищення норми поливу більше, ніж 80 л/дерево, підвищуються втрати води на фільтрацію, тобто. відбувається глибинне скидання. Аналіз даних показує, що з такому обсязі вода переважно доходить до глибини поширення основної маси коренів рослин, а врожайність яблуні зі збільшенням глибини зволоження ґрунту до 70-80 см майже не змінюється. У цьому незалежно від поливної норми найбільше витрачання вологи відбувається з верхнього 0-50 см шару ґрунту, оскільки у цьому шарі зосереджена переважна більшість коренів у яблуні, тобто. близько 80 – 85 %.

Вивчаючи результати досліджень поширення вологи в ґрунт при поливі однією крапельницею, ми почали вирішили провести дослідження із застосуванням поливу двома крапельницями. При цьому основне завдання досліджень полягало в тому, щоб контури зволоження ґрунту крапельницями при подачі води в обсязі не більше 50-80 л/дерево зімкнулися саме в зоні максимального поширення кореневої системи яблуневого саду. З огляду на це одна крапельниця встановлювалася на відстані 50 см вище від стовбура дерева, а інша крапельниця розміщувалася нижче від нього на такій же відстані. При цьому на глибині 50-90 см від поверхні ґрунту довжина зони зволоження збільшили до 160 см, а ширина зони зволоження ґрунту дорівнювала максимальному діаметру, що дорівнює 80 см [23, 48].

При краплинному зрошенні для збільшення контуру зволоження використовували чотири крапельниці навколо стовбура яблуневого дерева. Для подачі води навколо дерева встановлювалися по дві крапельниці вгору і вниз від стовбура дерева на відстані 50 см. Результати досліджень цього варіанта показали значне збільшення площі зволоженого ґрунту. Так, наприклад, відношення ширини зволоження ґрунту, коли приймає значення більше 2,0 м до його глибини 75-90 см, тоді площа ґрунту, що зволожується, збільшується на 2 – 4 см, а відсоткове співвідношення 38 % і більше. Здебільшого цей обсяг зволоження розташовується у зоні максимального розвитку кореневої системи рослин.

Слід зазначити, що в зоні поширення кореневої системи рослин встановлюючи чотири крапельниці біля стовбура рослин, можна збільшити об'єм

зволожуваного ґрунту. При цьому збільшується кількість крапельниць, які є найменш надійним елементом систем крапельного зрошення на одиницю зрошуваної площі.

Таким чином, при краплинному зрошенні встановлені закономірності поширення вологи у ґрунтовому профілі та формування контуру зволоження з різними обсягами водопостачання. При цьому в ході досліджень доведено, що при поливі яблуні за допомогою однієї крапельниці з об'ємом води 50 л/дерево зволожувана зона кореневмісного шару ґрунту складає всього 4,9 % об'єму ґрунту відведеного рослині. Якщо збільшувати водопостачання на дерево в об'ємі до 120 л, збільшується об'єм ґрунту, що зволожується, до 29,2 %. Отже, це збільшення призводить до втрати води на глибинне скидання, тобто. до фільтрації. Загалом, незважаючи на інтенсифікацію наукових досліджень, що намітилася, на успішно реалізовані проекти меліоративних систем з крапельним зрошенням, є ще ціла низка невирішених питань, що ускладнюють подальше збільшення площ з цими, безсумнівно, прогресивним та екологічним безпечним способом.

3.4. Формування та динаміка контуру зволоження залежно від величини поливної норми при краплинному зрошенні.

Як показують дослідження до тих пір, поки вода тече по якомусь руслу, незалежно від його розмірів, вона залишається недоступною для безпосереднього засвоєння рослинами. Лише тоді настає якісне перетворення води з недоступної форми на доступну рослинам, тоді відбувається її якісний перехід у форму запасу вологи у ґрунті. Тому всі способи поливу в основному повинні забезпечити рівномірне розподілення води по полю [49].

Насамперед усі способи поливу повинні бути гарантом рівномірного розподілу води по ділянці, що зрошується, і, по-друге, ця вода у формі запасу ґрунтової вологи повинна бути розміщена в шарі активного водоспоживання рослин.

При будь-якому способі поливу, незалежно від способу розподілу вологи на ділянці, процеси вбирання та формування запасів ґрунтової вологи визначаються властивостями даного ґрунту. Поглинання води ґрунтом, перетворення її на фактор ґрунтової родючості та глибина зволоження ґрунту залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту [34] (див. рис. 3.3).



Рис. 3.3 Контур зволоження ґрунту яблуневого саду при краплинному зрошенні на дослідній ділянці

Кожному способу зрошення притаманні певний пристрій зрошувальної мережі та відповідна техніка поливу. Залежно від способів поливу надходження, пересування та розподіл вологи у ґрунті мають велике значення для росту та розвитку рослини. Наприклад, при краплинному зрошенні вода надходить у ґрунт у формі крапель, вбираючись у ґрунт, вона стає складовою останнього. Далі пересуваючись за законом, вода, що надходить з крапельниці, під дією капілярних сил проходить певну відстань. При цьому створюється постійна зона зволоження ґрунту величина та конфігурація, якої в основному залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту та величини поливної норми (див. рис. 3.3).

Оскільки питання про розподіл вологи у ґрунті має велике значення, нами вивчалися розміри контуру зволоження ґрунту залежно від поливної норми при краплинному зрошенні. У процесі розподілу вологи у ґрунті після поливів оцінка параметрів контурів зволоження за різних поливних норм проводилася шляхом порівняння значень коефіцієнта ефективності $К_{ЕФ}$, тобто. розподіл води з оптимальними значеннями. Так, чим ближче отримані дані, тим ефективніше вважатимуться краплинний полив.

В результаті отриманих даних можна відзначити, що обчислений коефіцієнт ефективності $К_{ЕФ}$ протягом першої доби збільшується після проведення поливу. Далі відбувається його зменшення через 3 та 5 діб. після поливу. Така закономірність спостерігається на всіх поливних нормах, що вивчалися в нашому досліді.

При краплинному зрошенні розподіл вологи в активному шарі ґрунту вивчали до глибини 150 см та на відстані до 100 см від осі крапельниці. Для визначення динаміки вологості зразки ґрунту відбирали через кожні 10 см, до та після поливу, через 1/2 діб., 1, 3 та 5 діб. після поливу. При цьому насамперед важливими елементами технології поливу при краплинному зрошенні є основні параметри контуру зволоження, їх найбільша ширина, глибина, вертикальна та горизонтальна площі, а також вологонасиченість. Дані величини в основному залежать від водно-фізичних властивостей ґрунтів, конструкцій крапельниць, напірно-витратних характеристик краплинних ліній та біологічної особливості культури.

Результати досліджень, залежно від формування контуру зволоження, представлені в таблиці 3.3.

Отримані дані показують, що зі збільшенням норми поливу спостерігається помітне збільшення площі контуру зволоження. При цьому збільшує висота та ширина контуру зволоження. Так, за норми 220 $м^3$/га висота контуру зволоження через 12 годин після поливу становить 1,36 м, а при зменшенні поливної норми до 170 та 120 $м^3$/га – 1,10 та 0,87 м відповідно.

Для всіх досліджуваних поливних норм максимальна площа контуру зволоження спостерігається через 1 добу. після закінчення поливу. При цьому залежно від норми поливу 220, 170 і 120 $м^3$/га площа контуру зволоження становить 1,04, 0,79 і 0,55 $м^2$ відповідно.

Таблиця 3.3

Процес формування та динаміка зміни основних параметрів контуру зволоження ґрунту залежно від величини поливної норми та часу поливу при краплинному зрошенні

| Поливна норма, $м^3$/га | Параметри контуру зволоження | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Час після поливу, діб. | Висота *H*, м | Ширина *L*, м | Площа *S*, $м^2$ | Кеф | $К_{сер.еф}$ |
| 120 (90 % НВ) | 0 | 0,69 | 0,36 | 0,22 | 1,85 | 1,77 |
| | 0,5 | 0,87 | 0,49 | 0,39 | 1,73 | |
| | 1 | 1,00 | 0,60 | 0,55 | 1,63 | |
| | 3 | 0,45 | 0,22 | 0,10 | 1,86 | |
| | 5 | 0,25 | 0,12 | 0,03 | 1,77 | |
| 170 (80 % НВ) | 0 | 0,93 | 0,53 | 0,46 | 1,71 | 1,69 |
| | 0,5 | 1,10 | 0,64 | 0,75 | 1,68 | |
| | 1 | 1,19 | 0,73 | 0,79 | 1,64 | |
| | 3 | 0,60 | 0,34 | 0,18 | 1,70 | |
| | 5 | 0,31 | 0,17 | 0,04 | 1,72 | |
| 220 (70 % НВ) | 0 | 1,23 | 0,63 | 0,70 | 1,90 | 1,84 |
| | 0,5 | 1,36 | 0,71 | 0,88 | 1,82 | |
| | 1 | 1,44 | 0,82 | 1,04 | 1,70 | |
| | 3 | 0,83 | 0,44 | 0,33 | 1,87 | |
| | 5 | 0,39 | 0,19 | 0,06 | 1,93 | |

Далі за 3 доби. після поливу для всіх досліджуваних поливних норм відбувається зменшення у вертикальному та горизонтальному напрямках всіх параметрів контуру зволоження.

Надалі, через 5 діб після поливу, оцінюючи характер зміни параметрів контуру зволоження залежно від прийнятих поливних норм, можна відзначити, що величина площі контуру зволоження ґрунту змінюється від 0,03 до 0,06 $м^2$ і становить незначну частину зволоженої зони (див. рис 3.4).

Таким чином, при краплинному зрошенні значення середнього коефіцієнта ефективності розподілу вологи $К_{сер.еф}$ виходить найбільш наближеним до оптимального значення при поливній нормі 170 $м^3$/га. Отже, при цьому необхідно підтримувати перед поливний поріг вологості ґрунту не нижче 80 % НВ.

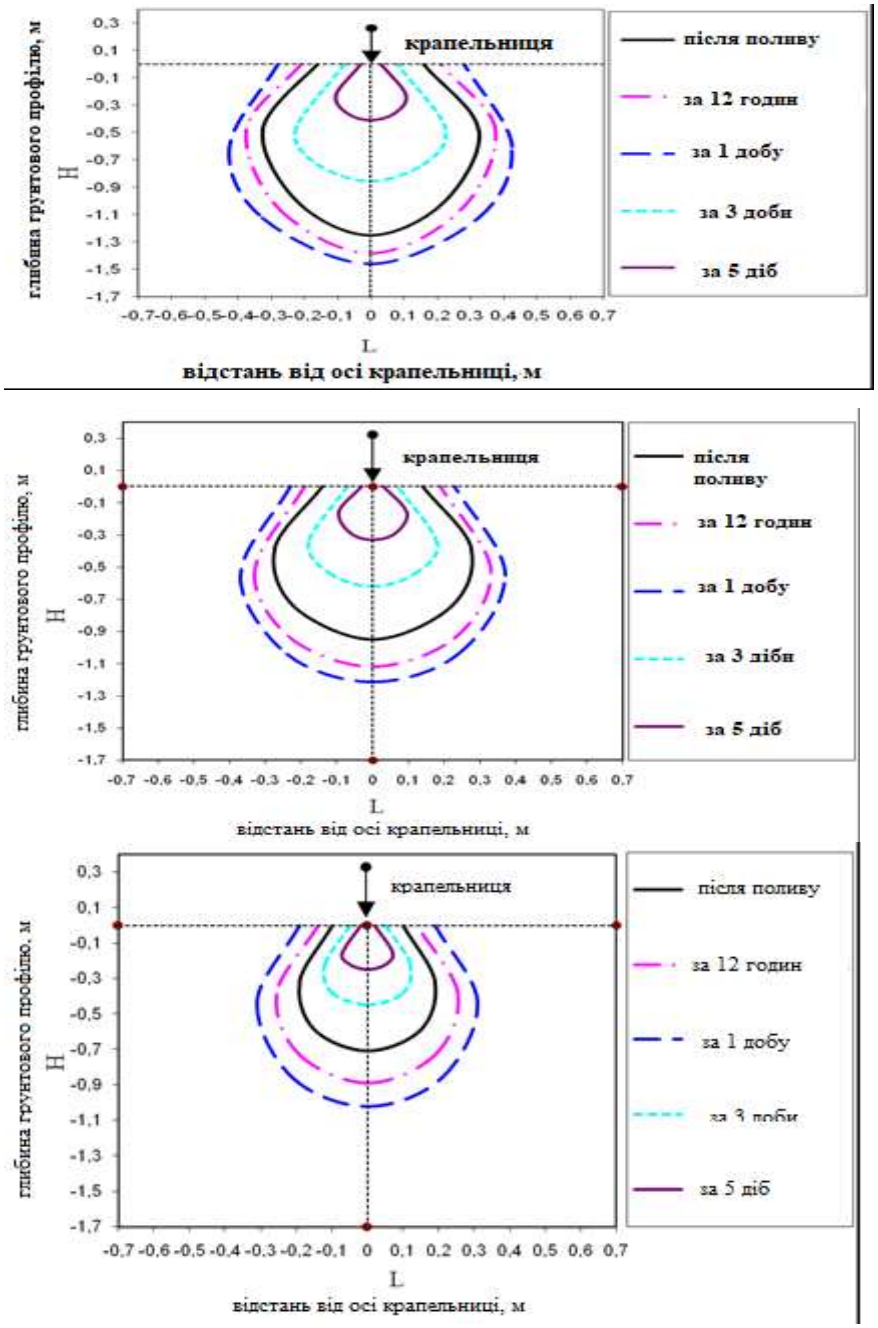



Рис. 3.4 Зміна параметрів контуру зволоження ґрунту залежно від поливної норми та часу поливу: а) нормою 220 м$^3$/га; б) нормою 170 м$^3$/га; в) нормою 120 м$^3$/га

Визначення кореляційної залежності між параметрами контуру зволоження та величиною поливної норми за допомогою спеціальних комп'ютерних програм було проведено математичну обробку експериментальних даних.

Отримані значення коефіцієнтів параметрів контуру зволоження, що входять до рівняння, залежно від поливної норми і часу після закінчення поливу при краплинному зрошенні наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Значення коефіцієнтів параметрів контуру зволоження

| Поливна норма, м3/га | Геометричні параметри | Коефіцієнти | | | | Коефіцієнт кореляції R |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | a1 | a2 | a3 | a4 | |
| 220 | *УК1 | 0,034 | -0,310 | 0,475 | 1,22 | 0,921 |
| | ХК1 | 0,026 | -0,237 | 0,398 | 0,61 | 0,913 |
| 170 | УК2 | 0,041 | -0,350 | 0,560 | 0,93 | 0,935 |
| | ХК2 | 0,028 | -0,243 | 0,404 | 0,52 | 0,920 |
| 120 | УК3 | 0,043 | -0,366 | 0,620 | 0,68 | 0,913 |
| | ХК3 | 0,031 | -0,268 | 0,465 | 0,35 | 0,922 |

*Примітки: УК – висота контуру зволоження, м; ХК – ширина контуру зволоження, м.

Аналізуючи дані таблиці 3.4 стає зрозуміло, що коефіцієнти кореляції в залежності від варіантів досліду змінюються в межах від 0,913 до 0,935 і вказують на високу кореляційну залежність.

Застосовуючи отримане рівняння з достатньою точністю після закінчення поливу, і в між поливному періоді (при підтримці вологості ґрунту не нижче 80 % НВ) можна обчислити основні геометричні параметри контурів зволоження для поливних норм 220, 170 і 120 м$^3$ /га, при краплинному зрошенні.

Загалом, на підставі проведених досліджень, нами в умовах ґрунтів чорноземного типу, а саме чорнозему звичайного малогумусного важкосуглинкового гранулометричного складу розроблено показники елементів техніки та технології краплинного зрошення яблуневого саду. При цьому враховувалися водно-фізичні властивості ґрунту, параметри контурів зволоження ґрунту при різних поливних нормах та часі, а також біологічні особливості яблуні (див. табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Основні параметри та показники елементів техніки краплинного поливу яблуневого саду в умовах зрошення

| № п/п | Показники елементів техніки крапельного поливу яблуневого саду | Розмірність | Параметри |
|---|---|---|---|
| 1 | Схема посадки дерев | $м^2$ | 6х4 |
| 2 | Площа живлення дерев (S) | $м^2$ | 0,75 – 0,79 |
| 3 | Оптимальна поливна норма | $м^3$/га | 170 |
| 4 | Глибина поширення основної маси кореневої системи ($h_k$) | м | 0,2 – 0,8 |
| 5 | Максимальна висота контуру зволоження (Н) | м | 1,10 – 1,19 |
| 6 | Максимальна ширина контуру зволоження (L) | м | 0,64 – 0,79 |
| 7 | Коефіцієнт ефективностірозподілу вологи $К_{ефсер}$ $_{ЭФ}$ | | 1,69 |
| 8 | Необхідний нижня перед поливнамежа вологості ґрунту | %НВ | 80 |

Підбиваючи підсумки можна зробити такі основні висновки: 1. Головним фактором, що визначає кількісну та якісну сторону надходження та перерозподілу вологи у ґрунті при краплинному зрошенні, є поливна норма. Дослідженнями встановлено, що при підвищених поливних нормах (220 $м^3$/га) у порівнянні з малими нормами поливна вода просочується на більшу глибину. Однак застосування поливів з нормою 170 $м^3$/га дозволе отримати більш рівномірне зволоження по всьому профілю ґрунту.

2. На підставі проведеного кореляційно-регресійного аналізу отримано деякі апроксимуючі залежності, що враховують зміну основних параметрів контуру зволоження ґрунту в залежності від величини поливної норми та часу. Застосування цих залежностей дає можливість визначити максимально точно характер розподілу вологи в ґрунті після поливу з точністю до 11,9 %, а коефіцієнт кореляції становить 0,913-0,935.

3.5. Режим зрошення та водоспоживання яблуневого саду при краплинному зрошенні.

Волога та живлення є основними факторами для розвитку зрошуваного землеробства в різних зонах Волгоградської області. Волгоградська область, де проводилися дослідження, належить до зони недостатнього зволоження. У зв'язку з цим перед меліоратором постає питання про застосування, з еколого-економічної точки зору, сучаснішого способу поливу. До такого способу поливу відноситься крапельне зрошення. Крім того, необхідно правильно дотримуватися режиму зрошення, який повинен відповідати потребам рослин у воді за фазами росту та розвитку.

Поливна норма є основним показником режиму зрошення. У кожному конкретному випадку, при визначенні поливної норми необхідно враховувати водно-фізичні властивості ґрунтів, особливості плодових культур, що вирощуються, і спосіб поливу [50].

Залежно від режиму поливу змінюється величина зрошувальної норми. Зрошувальна норма своєю чергою балансує дефіцит сумарного водоспоживання. Воно акумулює в основному витрату води на випаровування ґрунту та транспірацію рослин.

В умовах недостатнього зволоження плодові культури для свого зростання, розвитку та плодоношення в залежності від ґрунтово-кліматичних та інших умов використовують велику кількість води. Так, сад, що плодоносить, за вегетаційний період споживає вологи в межах від 3000 до 6000 $м^3$ на 1 га. Тому стабільні врожаї можна отримувати лише за умови правильного дотримання режиму зрошення.

Враховуючи це, нами на дослідній ділянці проводили дослідження, пов'язані з технікою та технологією поливу яблуневого саду при краплинному зрошенні.

При розрахунку режиму зрошення необхідно враховувати, що в порівнянні з іншими культурами у плодових дерев розвинене глибше проникнення кореневої системи. Окреме коріння рослин перерозподіляється на дуже глибокі горизонти, незважаючи на це, для встановлення оптимальних поливних норм плодових культур необхідно визначити, де розташовується максимальна кількість коренів. Результати досліджень низки авторів показують, що основна маса коренів у

плодових дерев зазвичай розташовується до 1 метра, тому при розрахунку поливної норми активний шар ґрунту нами прийнятий – один метр [14, 45].

При розрахунку норм поливу по борознах зрошувана норма збільшується до 15 %. Це з тим, що даний спосіб поливу створює сприятливі умови для фізичного випаровування води, а також вона може фільтруватися вниз по ґрунтовому профілю. Аналізуючи отримані дані в ході досліджень можна відзначити, що режим яблуневого саду як при краплинному, так і при поливі по борознах в різні за кліматичними умовами роки досліджень складався по-різному. Тому протягом вегетаційного періоду для конкретної певної фази розвитку яблуневого саду не можна рекомендувати певну кількість поливів. В основному це залежить від застосовуваного способу зрошення та гідротехнічних умов року.

У наших дослідах за роками досліджень, підтримуючи поріг вологості 80 % НВ, нам довелося відповідно провести у 2022 – 8 та 26, 2023 – 7 та 23 поливи з контрольного (по борознах) та краплинного зрошення. Збільшення кількості поливів при краплинному зрошенні здебільшого пояснюється технікою поливу та застосовуваними нормами поливу (див. табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Режим зрошення яблуневого саду при краплинному зрошенні за роки проведення досліджень

| Рік | Нижня межа вологості ґрунту, % НВ | Кількість поливів, шт. | Поливна норма, $м^3$/га | Зрошувальна норма, $м^3$/га |
|---|---|---|---|---|
| 2022 | Полив по борознам, 80 (контроль) | 8 | 780 | 6240 |
| | Крапельне зрошення, 70 | 19 | 220 | 4180 |
| | Крапельне зрошення, 80 | 26 | 170 | 4420 |
| | Крапельне зрошення, 90 | 39 | 120 | 4680 |
| 2023 | Полив по борознам, 80 (контроль) | 7 | 780 | 5320 |
| | Крапельне зрошення, 70 | 16 | 220 | 3520 |
| | Крапельне зрошення, 80 | 23 | 170 | 3910 |
| | Крапельне зрошення, 90 | 35 | 120 | 4200 |

У ході досліджень в залежності від варіанту досліду проведення поливів планувалося не раніше першої декади травня. Це в основному залежить від

різних агротехнічних заходів (обробка ґрунту, обприскування тощо), які необхідно проводити у саду. Останні поливи проводилися не пізніше, ніж наприкінці серпня. Це було необхідно для попередження затягування росту та розвитку яблуневого саду та підготовки рослин до зими.

З проведених досліджень бачимо, що залежно від варіантів досліду по-різному змінювалася зрошувальна норма. Так, у варіанті з поливом по борознах зрошувальна норма при вологості ґрунту 80 % НВ залежно від року досліджень змінюється не більше 5320-6240 м$^3$/га. При краплинному зрошенні з такою самою межею вологості зрошувальна норма змінюється від 3910 до 4420 м$^3$/га, що менше на 1410-1820 м$^3$/га, ніж на контролі.

Загалом, порівнюючи зрошувальні норми при краплинному зрошенні та поливі по борознах, слід зазначити, що застосування краплинного поливу дозволяє заощадити зрошувальну вологу в середньому на 30-35 %. Ця величина за умов дефіциту прісних вод, до яких належить зона північного Степу України, є головною.

Для росту та розвитку рослин необхідні світло, тепло, повітря та поживні речовини, вода. Рослини містять понад 70-80 % води і у зв'язку з цим усі фізіологічні та біохімічні процеси протікають у їхніх клітинах у досить обводненому середовищі. Нестача води у рослинах знижує і навіть зупиняє фізіологічні процеси. Внаслідок цього знижується врожайність рослин, а іноді призводить до загибелі.

Як зазначали вище, головним елементом, що характеризує режим зрошення рослин, є сумарне водоспоживання. Сумарне водоспоживання, залежно від ґрунтово-кліматичних умов та сортів рослин, має свої особливості. Тому врожайність не можна розглядати у відриві від води. Для отримання стабільних урожаїв у зонах недостатнього зволоження потреба рослин у воді значно перевищує наявні ресурси. Нестачу вологи для кращого розвитку рослини заповнюють поливами і за рахунок опадів, які випадають за весь вегетаційний період часу [34].

Під час розрахунку сумарного водоспоживання яблуні враховувалися опади інтенсивністю понад 5 мм. Аналізуючи отримані нами дані слід зазначити, що з застосуванні поливу по борознах сумарне водоспоживання яблуні за вегетацію змінюється від 7387 до 8102 м$^3$/га. За роки досліджень сумарне водоспоживання яблуневого саду при поливі по борознах в середньому склало 7642 м$^3$/га (див. табл. 3.7). При цьому найбільше значення сумарного водоспоживання досягається в «сухі» роки.

Таблиця 3.7

Основні елементи сумарного водоспоживання яблуневого саду, м$^3$/га

| Елементи сумарного водоспоживання | Роки | Варіанти досліду | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Полив по борознам | Крапельне зрошення | | |
| | | 80 % НВ | 70 % НВ | 80 % НВ | 90 % НВ |
| Зрошувальна норма, м$^3$/га | 2022 | 6240 | 4180 | 3910 | 4200 |
| | 2023 | 5320 | 3520 | 4420 | 4680 |
| | середнє | 5780 | 3850 | 4165 | 4440 |
| Атмосферні опади за вегетаційний період, м$^3$/га | 2022 | 1257 | 1257 | 1257 | 1257 |
| | 2023 | 1558 | 1558 | 1558 | 1558 |
| | середнє | 1408 | 1408 | 1408 | 1408 |
| Ґрунтова волога, використана за вегетацію, м$^3$/га | 2022 | 605 | 633 | 525 | 509 |
| | 2023 | 559 | 585 | 537 | 486 |
| | середнє | 582 | 609 | 531 | 498 |
| Сумарне водоспоживання, м$^3$/га | 2022 | 7437 | 6070 | 6214 | 6446 |
| | 2023 | 8102 | 5663 | 5993 | 6244 |
| | середнє | 7770 | 5867 | 6104 | 6345 |

Протягом двох літніх років досліджень розподіл опадів вегетаційного періоду яблуневого саду відбувався вкрай нерівномірно. Так, у перший рік сума опадів інтенсивністю понад 5 мм за вегетаційний період рослин становила 155,8 мм, а у другий 125,7 мм. У зв'язку з цим відбувалося збільшення зрошувальної

норми, у 2023 році вона становила найменше значення – 5320 м$^3$/га, а у 2022 – найбільше 6240 м$^3$/га.

При краплинному зрошенні з підвищенням вологості ґрунту в межах від 70 до 90 % НВ збільшується обсяг легко доступної вологи в ґрунті. Внаслідок цього підвищується сумарне водоспоживання яблуневого саду. Залежно від варіанта досвіду середнє значення його складає відповідно 5867, 6104 та 6345 м$^3$/га.

При однаковій вологості ґрунту 80 % НВ, порівнюючи краплинне зрошення з контролем, можна відзначити, що волога ефективніше використовується при краплинному способі поливу. У середньому сумарне водоспоживання при поливі по борознах склало 7770 м$^3$/га, а при краплинному поливі - 6104 м$^3$/га, що на 1666 м$^3$/га менше, ніж на контролі. Звідси випливає, що при краплинному зрошенні економія води становить приблизно 30 % на гектар. Для наочного уявлення про сумарне водоспоживання необхідно проаналізувати його структуру (див. табл. 3.8).

Таблиця 3.8

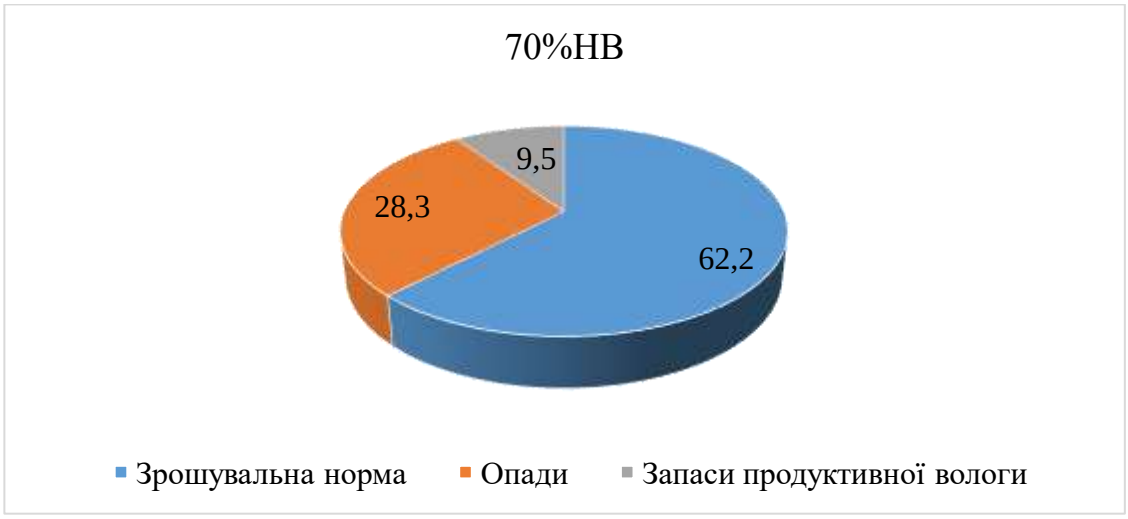
Основна структура сумарного водоспоживання яблуневого саду за роками досліджень, %

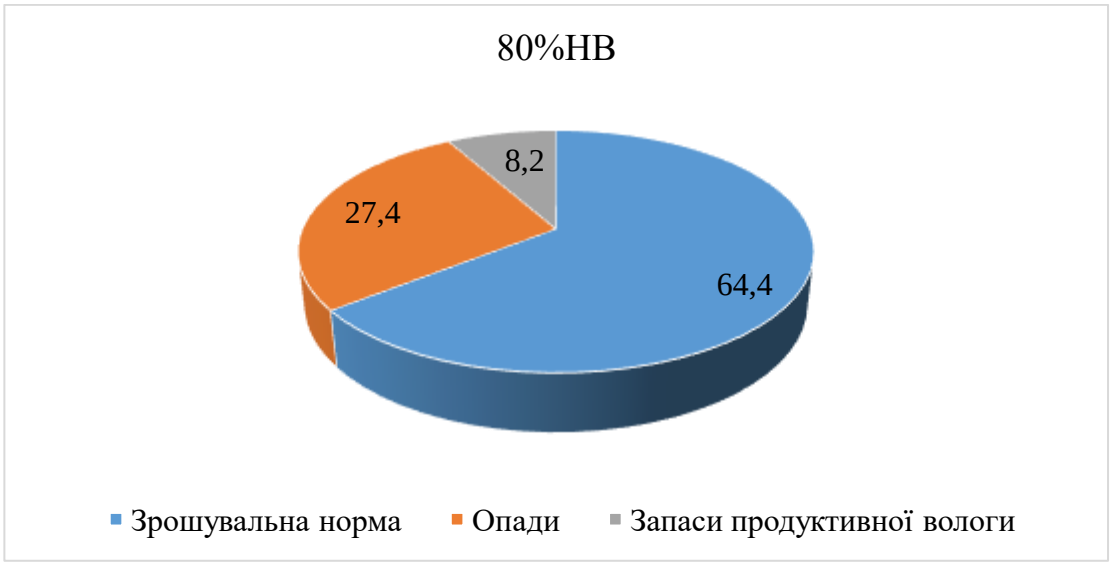
| Елементи сумарного водоспоживання | Роки | Варіанти досліду | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Полив по борознам | Крапельне зрошення | | |
| | | 80 % НВ | 70 % НВ | 80 % НВ | 90 % НВ |
| Зрошувальна норма, м$^3$/га | 2022 | 77,0 | 69,0 | 71,0 | 72,5 |
| | 2023 | 71,5 | 62,7 | 65,5 | 67,1 |
| | середнє | 74,3 | 65,9 | 68,3 | 69,8 |
| Атмосферні опади за вегетаційний період, м$^3$/га | 2022 | 15,5 | 20,6 | 20,3 | 19,6 |
| | 2023 | 20,9 | 27,1 | 25,8 | 25,1 |
| | середнє | 18,2 | 23,9 | 23,1 | 22,4 |
| Ґрунтова волога, використана за вегетацію, м$^3$/га | 2022 | 7,5 | 10,4 | 8,7 | 7,9 |
| | 2023 | 7,5 | 10,2 | 8,5 | 7,8 |
| | середнє | 7,5 | 10,3 | 8,6 | 7,9 |

Найбільш конкретний вплив на структуру сумарного водоспоживання надають застосовувані способи поливу, режим зрошення та сума опадів вегетаційного періоду. Аналізуючи дані табл. 3.8 та рис. 3.5 ми бачимо, що частка зрошувальної води при поливі по борознах та краплинному поливі залежно від року досліджень змінюється в межах від 71,5 до 77,0 % та від 65,5 до 71,0 %, що в середньому становить відповідно 74,3 та 68,3 %.

Загалом, за весь вегетаційний період використання весняних запасів вологи у ґрунті у структурі сумарного водоспоживання має найнижчу частку участі. При краплинному зрошенні величина весняних запасів вологи в середньому становила 8,6%, а при поливі по борознах всього 7,5 %, що на 1,1 % менше, ніж при краплинному зрошенні.

Підсумовуючи можна відзначити, що крапельне зрошення більш продуктивно використовує вологу на відміну від поливу по борознам.



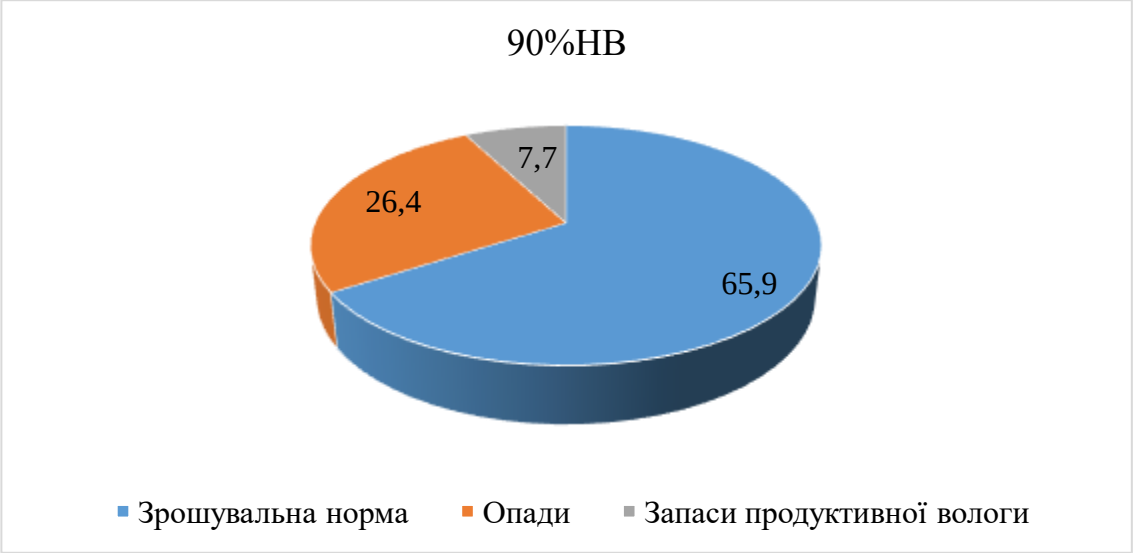



Рис. 3.5 Середні показники структури сумарного водоспоживання, % (середнє за 2022-2023 роки)

При оцінці режиму зрошення різних способів поливу ефективність обчислюється з одержуваним високим урожаєм сільськогосподарських культур та економним витрачанням води на створення одиниці врожаю. У наших дослідженнях, залежно від застосовуваного поливного режиму ґрунту та погодних умов, величина сумарного водоспоживання збільшується з покращенням вологозабезпеченості, а коефіцієнт водоспоживання навпаки знижується. Наприклад, при поливі по борознах в залежності від різних сортів яблуні середня величина коефіцієнта водоспоживання за роки дослідження в середньому змінюється в межах від 333,2 до 464,1 м$^3$/т (див. табл. 3.9).

При краплинному зрошенні найбільше значення коефіцієнта водоспоживання отримано з нижнім порогом вологості ґрунту до 70 % НВ. За три роки досліджень, залежно від сорту яблуні, коефіцієнт водоспоживання в середньому склав 245,5 м$^3$/т (для сорту «Голден Делішес»), 252,8 м$^3$/т (для сорту «Корей»), 307,3 м$^3$/т ( для сорту «Айдоред») та 329,2 м$^3$/т (для сорту «Глостер»).

Порівнюючи застосування краплинного зрошення з поливом по борознах при однаковій вологозабезпеченості, необхідно відзначити, що краплинне зрошення сприяє зниженню коефіцієнта водоспоживання порівняно з поливом по борознах на 25,8-31,5%.

Таблиця 3.9

Коефіцієнт водоспоживання сортів яблуні за варіантами (середнє за 2022-2023 роки)

| Варіанти досліду | Роки досліджень | Сумарне водоспоживання,$м^3$/га | Врожайність,т/га | Коефіцієнт водоспоживання, $м^3$/т | Зрошувальна норма, $м^3$/га | Витрата зрошувальної води,$м^3$/т |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Голден Делішес | | | | | | |
| Полив по борознам, 80 % НВ | 2022 | 8102 | 22,9 | 353,8 | 6240 | 272,5 |
| | 2023 | 7437 | 23,8 | 312,5 | 5320 | 223,5 |
| | Середнє | 7770 | 23,4 | 333,2 | 5780 | 248 |
| Крапельне зрошення, 70%НВ | 2022 | 6070 | 23,7 | 256,1 | 4180 | 176,4 |
| | 2023 | 5663 | 24,1 | 234,9 | 3520 | 146,0 |
| | Середнє | 5866 | 23,6 | 245,5 | 3850 | 161,2 |
| Крапельне зрошення, 80%НВ | 2022 | 6214 | 28,9 | 215,0 | 4420 | 153,0 |
| | 2023 | 5993 | 29,7 | 201,8 | 3910 | 131,6 |
| | Середнє | 6104 | 29,3 | 208,4 | 4165 | 142,3 |
| Крапельне зрошення, 90%НВ | 2022 | 6446 | 27,6 | 233,6 | 4680 | 169,6 |
| | 2023 | 6244 | 28,5 | 219,0 | 4200 | 147,4 |
| | Середнє | 6345 | 28,1 | 226,3 | 4440 | 158,5 |
| Корей | | | | | | |
| Полив по борознам, 80 % НВ | 2022 | 8102 | 22,2 | 321,9 | 6240 | 281,1 |
| | 2023 | 7437 | 23,1 | 365,0 | 5320 | 230,3 |
| | Середнє | 7770 | 22,7 | 343,5 | 5780 | 255,7 |
| Крапельне зрошення, 70%НВ | 2022 | 6070 | 22,6 | 268,7 | 4180 | 185,0 |
| | 2023 | 5663 | 23,9 | 236,9 | 3520 | 147,3 |
| | Середнє | 5867 | 23,3 | 252,8 | 3850 | 166,2 |
| Крапельне зрошення, 80%НВ | 2022 | 6214 | 27,4 | 226,8 | 4420 | 161,3 |
| | 2023 | 5993 | 28,2 | 212,5 | 3910 | 138,7 |
| | Середнє | 6104 | 27,8 | 219,7 | 4165 | 150,0 |
| Крапельне зрошення, 90%НВ | 2022 | 6446 | 26,1 | 247,0 | 4680 | 179,3 |
| | 2023 | 6433 | 26,9 | 232,1 | 4200 | 156,1 |
| | Середнє | 6440 | 26,5 | 239,6 | 4440 | 167,7 |
| Айдоред | | | | | | |
| Полив по борознам, 80 % НВ | 2022 | 8102 | 17,2 | 471,0 | 6240 | 362,8 |
| | 2023 | 7437 | 18,5 | 402,0 | 5320 | 287,6 |
| | Середнє | 7770 | 17,9 | 436,5 | 5780 | 325,2 |
| Крапельне зрошення, 70%НВ | 2022 | 6070 | 18,4 | 330,0 | 4180 | 227,2 |
| | 2023 | 5663 | 19,9 | 284,6 | 3520 | 176,9 |
| | Середнє | 5867 | 19,2 | 307,3 | 3850 | 202,1 |
| Крапельне зрошення, 80%НВ | 2022 | 6214 | 24,8 | 250,6 | 4420 | 178,2 |
| | 2023 | 5993 | 25,6 | 234,1 | 3910 | 152,7 |
| | Середнє | 6104 | 25,2 | 242,4 | 4165 | 165,5 |

Продовження таблиці 3.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Крапельне зрошення, 90%НВ | 2022 | 6446 | 23,3 | 276,7 | 4680 | 200,9 |
| | 2023 | 6244 | 24,5 | 254,9 | 4200 | 171,4 |
| | Середнє | 6345 | 23,9 | 265,8 | 4440 | 186,2 |
| Глостер | | | | | | |
| Полив по борознам, 80 % НВ | 2022 | 8102 | 16,1 | 503,2 | 6240 | 387,6 |
| | 2023 | 7437 | 17,5 | 425,0 | 5320 | 304,0 |
| | Середнє | 7770 | 16,8 | 464,1 | 5780 | 345,8 |
| Крапельне зрошення, 70%НВ | 2022 | 6070 | 17,4 | 348,9 | 4180 | 240,2 |
| | 2023 | 5663 | 18,3 | 309,5 | 3520 | 192,3 |
| | Середнє | 5867 | 17,9 | 329,2 | 3850 | 216,3 |
| Крапельне зрошення, 80%НВ | 2022 | 6214 | 22,5 | 276,2 | 4420 | 196,4 |
| | 2023 | 5993 | 23,1 | 259,4 | 3910 | 169,3 |
| | Середнє | 6104 | 22,8 | 267,8 | 4165 | 182,9 |
| Крапельне зрошення, 90%НВ | 2022 | 6446 | 21,2 | 304,0 | 4680 | 220,8 |
| | 2023 | 6244 | 22,8 | 273,9 | 4200 | 184,2 |
| | Середнє | 6345 | 22,0 | 289,0 | 4440 | 202,5 |

При краплинному зрошенні найнижчий коефіцієнт водоспоживання був отриманий при вологості ґрунту 80 % НВ і в середньому становив для сорту «Голден Делішес» - 208,4 $м^3$/т, а для сорту «Корей» - 219,7 $м^3$/т, для сорту «Айдоред » – 242,4 $м^3$/т, а для сорту «Глостер» – 267,8 $м^3$/т (див. табл. 3.9).

У ході досліджень нами також було визначено ефективність витрат поливної води на створення одиниці виробленої продукції при краплинному зрошенні і поливі по борознам. Як показують отримані дані, ці показники в основному залежать від різних факторів, зокрема від віку яблуневого саду, обраного способу та режиму зрошення, а також інших причин.

Аналізуючи одержані дані табл. 3.9 необхідно зазначити, що для обробітку з розрахунку на одну тонну яблуні при краплинному зрошенні з нижнім порогом вологості ґрунту 70, 80 і 90 % НВ витрата зрошувальної води змінюється в середньому від 142,3 до 216,3 $м^3$/т. При поливі по борознах в середньому він становив 248,0-345,8 $м^3$/т залежно від року досліджень та сорту яблуні.

Порівнюючи крапельне зрошення з поливом по борознах при однаковій перед поливній межі вологості ґрунту можна відзначити, що витрати зрошувальної води на 1 т яблуні в середньому при контрольному варіанті (полив по борознах) на 105,7-162,9 $м^3$/т більше, ніж при краплинному зрошенні .

За результатами досліджень отримано графічні залежності врожайності яблуневого саду (У) від сумарного водоспоживання, зрошувальної норми, коефіцієнта водоспоживання та витрат зрошувальної води. Рівняння регресії отриманих залежностей мають вигляд :

$У = 0,007x – 17,53;\ R^2=0,903;$

$У = - 0,073x + 44,35;\ R^2=0,884;$

$У = - 0,005x + 49,18;\ R^2=0,936;$

$У = - 0,114x + 44,01;\ R^2=0,901.$

З вище перелічених рівнянь видно, що кореляційний зв'язок між ними є досить сильним, оскільки теоретичні граничні значення значно менші, ніж фактичні значення коефіцієнтів кореляції, які прагнуть одиниці, тобто:

$R_{св} = 0,903 > R_{0,5} = 0,7;$

$R_{кв} = 0,884 > R_{0,5} = 0,7;$

$R_{он} = 0,936 > R_{0,5} = 0,7;$

$R_{зов} = 0,901 > R_{0,5} = 0,7.$

Підсумовуючи, ми приходимо до висновку, що при краплинному зрошенні з перед поливною межею вологості ґрунту на рівні 80 % НВ можна отримати високий урожай яблук за низького коефіцієнта водоспоживання. Цей варіант вважається оптимальним за мінімальної витрати зрошувальної води створення одиниці виробленої продукції з поливною нормою 170 $м^3$/га у даних ґрунтово-кліматичних умовах зони північного Степу України.

## 3.6. Вплив водного режиму ґрунту на ріст та розвиток яблуні при краплинному зрошенні.

У ході проведених досліджень в яблуневому саду можна відзначити, що ріст та розвиток рослин в основному залежать від наявності вологи в ґрунті. Дотримання цього положення за варіантами досліду сприятливо діє на ріст та розвиток однорічних пагонів, потовщення стовбура і поліпшення облиственості рослин. На початку 2022 року яблуневий сад розвивався рівноцінно, а наприкінці

року приріст пагонів за варіантами досліду відрізнявся на 10-12 %. Надалі ця різниця збільшувалася ще більше.

З проведених досліджень можна дійти висновку, що у різних сортах яблуні середні прирости пагонів упродовж років досліджень, у середньому змінювалися по-різному і ці дані наведено у табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Прирости довжини пагонів яблуні за варіантами досліду (середнє за 2022-2023 роки).

| Варіанти досліду | Довжина пагонів, см | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Голден Делишес | Корей | Айдоред | Глостер |
| 2022 рік. | | | | |
| Полив по борознам, 80 % НВ | 31 | 25 | 24 | 22 |
| Крапельне зрошення, 70 % НВ | 34 | 28 | 26 | 25 |
| Крапельне зрошення, 80 % НВ | 42 | 38 | 36 | 33 |
| Крапельне зрошення, 90 % НВ | 40 | 36 | 32 | 31 |
| 2023 рік. | | | | |
| Полив по борознам, 80 % НВ | 16 | 16 | 15 | 14 |
| Крапельне зрошення, 70 % НВ | 19 | 17 | 17 | 15 |
| Крапельне зрошення, 80 % НВ | 30 | 28 | 27 | 25 |
| Крапельне зрошення, 90 % НВ | 23 | 22 | 21 | 20 |

З даних за роки досліджень найбільші середні прирости пагонів спостерігалися при краплинному зрошенні, де підтримувалися нижня межа вологості ґрунту на рівні 80% НВ. Наприклад, у різних сортів середня довжина приростів яблуні у 2022 та 2023 роках. відповідно становила 0,33 - 0,42 та 0,25 - 0,30 м.

Аналізуючи отримані дані можна назвати, що у прирості штамбу в товщину дерев яблуневого саду великий вплив справила зміна вологості ґрунтів. Встановлено, що періодичне зменшення запасів вологи в активному шарі ґрунту майже до рівня нижче, ніж вологість стійкого в’янення призводить до уповільнення потовщення штамбів яблунь.

У ході досліджень було встановлено, що ріст пагонів на початку вегетації відбувається менш інтенсивніше, тоді штамб дерев потовщувався швидше. Так у варіанті з поливом по борознах приріст діаметру штамбу дерев у різних сортів змінювався в межах 10-14 см, а при краплинному зрошенні з нижньою межею вологості ґрунту не нижче 80 % НВ – 17-22 см , що у 17 – 21 % більше (див. табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Прирости діаметру штамбу дерев (середнє за 2022-2023 роки).

| Нижня межа вологості грунту | Приріст діаметру штамба, см. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Айдоред | Голден Делішес | Корей | Глостер |
| Полив по борознам (контроль) 80% НВ | 14 | 18 | 10 | 13 |
| 70 % НВ | 15 | 19 | 13 | 14 |
| 80% НВ | 17 | 21 | 22 | 18 |
| 90% НВ | 16 | 17 | 12 | 15 |

Таким чином, зменшення вологості ґрунту при краплинному поливі до 70% НВ скорочує приріст діаметра штамба дерев у середньому на 10-15 %. Звідси випливає, що при краплинному зрошенні даний режим вологості (70 % НВ) негативно впливає розвиток приросту пагонів дерев.

Крім того встановлено, що врожайність плодів яблуні залежить в основному від гідротермічних показників, що складаються при закладанні та формуванні врожаю, а також від умов росту та плодоношення у попередні роки

Можна зазначити, що поливи будь-яких плодових культур, у тому числі яблуневого саду не дають повного ефекту, якщо не дотримуватись поливного режиму, зокрема не забезпечувати високий рівень агротехніки. Підтримуючи це положення нами протягом двох років 2022-2023 проведено дослідження щодо визначення найкращого способу поливу яблуневого саду в умовах зони північного Степу України. При цьому за кожним модельним деревом враховувався врожай плодів яблуні, після чого за варіантами досліду уточнювався середній врожай. При обліку врожаю маса падалиці, яка становила лише 5-7 % , підсумовувалася з масою знятого врожаю цих дерев.

Порівнюючи варіанти краплинного зрошення можна відзначити, що дерева сорту «Голден Делішес» у 2022 році показали найбільшу врожайність - 83,1 кг, з одного дерева. Залежно від погодних умов за роки досліджень 2022 рік був найурожайнішим. При поливі по борознах цього року дерева сорту «Голден Делішес» дали максимальну врожайність – 51,7 кг з 1 дерева (див. табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Фактична врожайність яблуні за варіантами досліду за роки досліджень, кг з 1дерева

| Роки | Варіант досліду | Сорта яблуні | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Голден Делішес | Корей | Айдоред | Глостер |
| 2022 | Полив по борознам 80 % НВ | 51,7 | 48,9 | 43,2 | 36,8 |
| | КЗ, 70 % НВ | 59,3 | 58,0 | 44,6 | 38,9 |
| | КЗ, 80 % НВ | 73,1 | 70,5 | 50,4 | 45,1 |
| | КЗ, 90 % НВ | 70,5 | 67,4 | 51,3 | 42,7 |
| 2023 | Полив по борознам 80 % НВ | 49,5 | 46,7 | 41,1 | 34,9 |
| | КЗ, 70 % НВ | 57,1 | 55,8 | 42,2 | 37,4 |
| | КЗ, 80 % НВ | 71,3 | 68,4 | 48,6 | 43,7 |
| | КЗ, 90 % НВ | 68,4 | 65,6 | 49,5 | 40,6 |

Порівнюючи краплинне зрошення з поливом по борознам, ми бачимо, що застосування крапельного зрошення в залежності від сорту яблуні дозволяє збільшити врожайність у середньому на 12,8-13,0 кг з 1 дерева.

Підвищення (до 90 % НВ) та зниження (до 70 % НВ) вологості ґрунту в середньому при краплинному зрошенні знижує врожайність яблуні відповідно на 10-13 та 18-23 %. Аналізуючи дані між собою за всіма сортами дерев, можна побачити, що найкращі показники при краплинному зрошенні були на варіантах, де нижній поріг вологості підтримувався на рівні 80 % НВ.

Судячи з результатів отриманих даних, найкращим способом поливу яблуневого саду є крапельне зрошення. Застосування цього способу поливу дає значне збільшення врожайності. У цьому випадку оптимальним варіантом є варіанти з перед поливної вологістю ґрунту на рівні 80 % НВ.

Аналізуючи дані програми можна підкреслити, що в залежності від року досліджень та варіантів досвіду НІР змінюється таким чином: перший рік (2022 р.) досліджень: $НІР_{05}$ = 1,50-3,01 кг/дер.; другий рік (2023 р.) досліджень: $НІР_{05}$ = 1,39-2,78 кг/дер.

На даний час дослідження з поширення та розвитку кореневої системи яблуні при краплинному зрошенні вивчено слабо. У зв'язку зі слабким вивченням кореневої системи яблуні, при краплинному та поливі по борознах, нами після 2-х років досліджень для виявлення характеру формування кореневої системи було проведено розкопки ¼ частини кола радіусом 2 м на глибину 1,5 м, тобто. застосовували траншейний метод дослідження. Для досліджень було обрано дерева сорту Голден Делішес та Глостер.

При поверхневому способі поливу у верхньому 0-40 см шарі спостерігається близько 38,7 % кількості коренів. Зі збільшенням глибини кількість коренів зменшується, наприклад, у шарі 60-100 см спостерігається лише 39,2 %.

При краплинному зрошенні максимальна кількість коренів перебуває у шарі 20-80 см і це становить 66,2 %, а в шарі 80-150 см - 24,6 % (див. табл. 3.13).

Порівнюючи дані з розміщення кореневої системи яблуневого саду двох способів поливу можна відзначити, що локалізація коренів при поливі по борознах спостерігається в основному в шарі 0-60 см, а при краплинному зрошенні - в шарі 20-80 см, тобто максимум кілька зміщений у більш глибокі горизонти.

Отримані дані показують, що при краплинному зрошенні дерев яблуні розвивається більш потужна коренева система, ніж при поливі по борознах.

Якщо порівнювати сорти яблуні, то головну роль зіграють біологічні особливості сорту рослин, так як коріння у сорту «Голден Делишес» розвивається краще, ніж «Глостер». Підсумовуючи можна відзначити, що краплинне зрошення сприяє підвищенню врожайності плодових насаджень на 30 – 40 %, відбувається економія зрошувальної води на 35-45 %, поліпшується

якість врожаю, активізуються процеси росту та розвитку рослин у порівнянні з іншими способами поливу.

Таблиця 3.13

Розміщення кореневої системи яблуні залежно від способу поливу

| Шар ґрунту, см | Полив по боронам | | Крапельне зрошення | |
|---|---|---|---|---|
| | Довжина коренів, м | % | Довжина коренів, м | % |
| Голден Делишес | | | | |
| 0-20 | 28,96 | 15,1 | 18,51 | 9,1 |
| 20-40 | 45,42 | 23,7 | 42,28 | 20,8 |
| 40-60 | 42,15 | 22,0 | 55,42 | 27,2 |
| 60-80 | 33,41 | 17,5 | 37,35 | 18,3 |
| 80-100 | 20,54 | 10,7 | 23,54 | 11,6 |
| Всього в шарі 0-100 | 170,48 | 89,0 | 177,1 | 87,0 |
| 100-120 | 9,74 | 5,1 | 12,58 | 6,2 |
| 120-140 | 7,71 | 4,0 | 8,92 | 4,4 |
| 140-150 | 3,52 | 1,8 | 4,89 | 2,4 |
| Всього в шарі 100-150 | 20,97 | 11,0 | 26,48 | 13,0 |
| Всього в шарі 0-150 | 191,45 | 100 | 203,58 | 100 |
| Глостер | | | | |
| 0-20 | 26,35 | 14,4 | 17,9 | 9,4 |
| 20-40 | 44,12 | 24,2 | 41,36 | 21,7 |
| 40-60 | 40,84 | 22,4 | 49,73 | 26,1 |
| 60-80 | 31,07 | 17,0 | 35,25 | 18,5 |
| 80-100 | 19,48 | 10,7 | 22,64 | 11,9 |
| Всього в шарі 0-100 | 161,86 | 88,7 | 166,88 | 87,7 |
| 100-120 | 10,03 | 5,5 | 11,27 | 5,9 |
| 120-140 | 7,59 | 4,2 | 8,39 | 4,4 |
| 140-150 | 2,96 | 1,6 | 3,78 | 2,0 |
| Всього в шарі 100-150 | 20,58 | 11,3 | 23,44 | 12,3 |
| Всього в шарі 0-150 | 182,44 | 100 | 190,24 | 100 |

Застосування крапельного зрошення дозволяє не тільки керувати режимом вологості в кореневмісному шарі ґрунту, але й автоматизувати процес поливу.

# РОЗДІЛ 4. ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯБЛУНЕВОГО САДУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Нині життєво важливою галуззю народного господарства є плодівництво. У зв'язку з цим для забезпечення стійкості та ефективності розвитку садівництва необхідно врахувати виробничі фактори, що впливають на підвищення економічної ефективності цієї галузі. Для сталого розвитку цієї галузі й задоволення потреб населення таких цінних організму людини продуктах - як плоди і ягоди необхідно збільшувати обсяги виробництва продукції садівництва. Отже, це підвищення має бути до такого рівня, який би задовольняв потреби населення в науково-обґрунтованих нормах. Воно можливе лише при розробці та вирішенні завдань, що забезпечують виведення галузі зі стану економічної кризи [26].

Таким чином, ефективність виробництва та стійкість розвитку для отримання максимального доходу у плодівництві залежать від природно-кліматичних та організаційно-економічних факторів. Важлива не просто стійкість виробництва, яке ефективна стійкість, бо виробництво може бути стійким, але з ефективним [44].

При розрахунку економічної ефективності вирощування яблуневого саду при краплинному зрошенні визначали вартість валової продукції з 1 дерева, виробничі витрати на основне вирощування, чистий прибуток та рівень рентабельності. Обчислювали ці показники за фактичним об’ємом виконаних робіт за розцінками на кінець 2022 року [35].

У досліджуваних варіантах вартість врожаю яблук (таблиця 4.1) знаходилася в прямій залежності від урожайності і коливалася в межах від найнижчих показників 968,0 грн. до найвищих 1949,4 грн./га. При цьому найвищі значення показника вартості валової продукції було відмічені у варіантах досліду з КЗ, 80 % НВ по сортах Голден Делішес, Корей та Глостер, а по Айдоред КЗ, 90 % НВ.

Таблиця 4.1.

Економічна ефективність вирощування яблук

| Варіанти | Врожайність, кг\дерева | Вартість врожаю, грн | Витрати, грн | Прибуток, грн | Рентабельність ,% |
|---|---|---|---|---|---|
| Голден Делішес | | | | | |
| Полив по борознам 80 % НВ | 50,6 | 1366,2 | 832,73 | 533,47 | 64,1 |
| КЗ, 70 % НВ | 58,2 | 1571,4 | 964,56 | 606,84 | 62,9 |
| КЗ, 80 % НВ | 72,2 | 1949,4 | 973,49 | 975,91 | 100,2 |
| КЗ, 90 % НВ | 69,45 | 1875,2 | 1117,54 | 757,61 | 67,8 |
| Корей | | | | | |
| Полив по борознам 80 % НВ | 47,8 | 1290,6 | 732,88 | 557,72 | 76,1 |
| КЗ, 70 % НВ | 56,9 | 1536,3 | 952,67 | 583,63 | 61,3 |
| КЗ, 80 % НВ | 69,45 | 1875,2 | 935,25 | 939,90 | 100,5 |
| КЗ, 90 % НВ | 66,5 | 1795,5 | 1105,47 | 690,03 | 62,4 |
| Айдоред | | | | | |
| Полив по борознам 80 % НВ | 42,15 | 1138,1 | 707,06 | 430,99 | 61,0 |
| КЗ, 70 % НВ | 43,4 | 1171,8 | 727,30 | 444,50 | 61,1 |
| КЗ, 80 % НВ | 49,5 | 1336,5 | 824,53 | 511,97 | 62,1 |
| КЗ, 90 % НВ | 50,4 | 1360,8 | 837,83 | 522,97 | 62,4 |
| Глостер | | | | | |
| Полив по борознам 80 % НВ | 35,85 | 968,0 | 577,35 | 390,60 | 67,7 |
| КЗ, 70 % НВ | 38,15 | 1030,1 | 620,16 | 409,89 | 66,1 |
| КЗ, 80 % НВ | 44,4 | 1198,8 | 669,57 | 529,23 | 79,0 |
| КЗ, 90 % НВ | 41,65 | 1124,6 | 698,04 | 426,51 | 61,1 |

За всіма способами крапельного зрошування затрати на вирощування, транспортування, доопрацювання врожаю коливались в межах 48% або 540,18 грн./га по всім варіантах від найнижчих до найвищих. При порівнянні різних способів крапельного зрошування слід зауважити, що по всім сортам найвищі витрати відмічено при КЗ, 90 % НВ.

Прибуток, рентабельність та дохід є узагальнюючими показниками ефективності виробництва у садівництві. Максимальну суму доходу який отримали за вирощування сорту Голден Делішес при КЗ, 80 % НВ, який становив 977,86 грн. і був вищий на 587,26 грн. від найнижчого отриманого за вирощування сорту Глостер при поливі по борознам 80 % НВ та рентабельність вирощування культури 76,5 %.

При порівнянні між собою різних сортів яблунь за різними способами крапельного зрошування відмічено, що найбільш доцільним є варіанти КЗ, 80 % НВ, які забезпечують максимальні показники ефективності.

# РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯБЛУНІ ЗА ДОПОМОГОЮ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

## 5.1. Загальні питання організації охорони праці у ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО»

В сучасне сільськогосподарське виробництво широко впроваджуються інтенсивні технології, високоефективні машини і механізми, зростає рівень електрифікації та хімізації, що супроводжується появою додаткових небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які негативно впливають на здоров’я й безпеку аграріїв. Під час виконання робіт, згідно розробленого на підприємстві технологічного регламенту при інтенсивному вирощуванні яблук при використанні систем крапельного зрошення існують певні ризики дії на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Серед основних можна виділити наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [51]:

1) найбільш небезпечними та шкідливими є місця приготування бакових сумішей, розташованих на території ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО»;

2) високе значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини. Основними джерелами небезпеки є електричні прилади, що застосовуються [42];

3) наявність високих концентрацій дезінфікуючих речовин при використанні теплогенераторів;

4) недостатнє природне чи штучне освітлення робочого місця. Недостатнє освітлення місця роботи призводить до швидкої втоми і захворювань очей, знижує концентрацію, чим зменшує продуктивність праці та збільшує кількість нещасних випадків. також таке явище ускладнює тривалу роботу, і приводить до підвищеного стомлення та спонукає до розвитку короткозорості [51].

5) підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання, яке створюється люмінесцентними лампами.

## 5.2. Охорона праці при вирощуванні яблуневого саду з застосуванням систем крапельного зрошення.

Для забезпечення виконання вимог охорони праці на підприємстві необхідно забезпечити документацією окремі структурні підрозділи, функціональні служби та посадових осіб.

Постійно здійснювати контроль за станом технічного забезпечення, обладнання, інструментів, споруд і будівель та контролювати дотримання правил нормативних правових актів з охорони праці і контроль за обладнанням підвищеної небезпеки [51].

Здійснювати контроль за впливом небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників і забезпечувати їх необхідними засобами індивідуального та колективного захисту. Працівникам, які працюють в шкідливих і небезпечних умовах праці надавати всі пільги та компенсації. Проведення періодичних медичних оглядів працівників та контроль стану їх здоров'я трудової діяльності.

Під час виконання робіт при інтенсивному вирощуванні яблук з застосуванням систем крапельного зрошення працівники підприємства зобов'язані дотримуватися вимог санітарних норм та особистої гігієни: до роботи приступати тільки у засобах індивідуального захисту; протягом зміни утримувати робоче місце чистим і у належному стані, після виконання робіт вимити забруднені частини тіла. Працівникам під час виконання робіт в саду за встановленими галузевими нормами необхідне спеціальне взуття, одяг, та ін. засоби індивідуального захисту [51].

## 5.3. Охорона навколишнього середовища при крапельному поливі яблуневого саду.

У процесі проведення технологічних операцій в яблуневому саду при інтенсивному вирощуванні у відповідності до розроблених на підприємстві технологічних регламентів працівників стимулюють, раціонально використовувати ресурси, дотримуватися нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище відповідно до вимог природоохоронного законодавства України [52].

У ТОВ «ЄЛІСАВЕТ-АГРО» впроваджені наступні заходи з охорони довкілля:

1) розроблено стандарт якості з екологічної безпеки підприємства відповідно до основних положень міжнародних стандартів серії ISO 14000 щодо керування якістю навколишнього середовища;

2) оформлено необхідні дозвільні документи (дозволи на скиди шкідливих речовин, проведено інвентаризацію скидів зі стаціонарних джерел, інвентаризацію промислових і побутових відходів підприємства, паспорти й реєстраційні картки на кожен вид відходу);

3) здійснюють контроль за обсягами і складом забруднювальних речовин, що викидаються в атмосферу, та рівнями енергетичних викидів (шуму, вібрації, теплового й ультрафіолетового випромінювання) та їх постійний облік. Забезпечено дотримання санітарно-гігієнічних норм щодо зазначених впливів;

4) використовують організовані джерела викидів (з газоочисними пристроями, якщо є потреба), які забезпечують допустимий рівень впливу на навколишнє середовище;

5) здійснюють платежі за забруднення навколишнього природного середовища;

6) організовано облік, збір і безпечне зберігання промислових відходів у спеціально відведених і обладнаних місцях;

7) визначено склад і властивості утворюваних відходів, а також ступінь їх небезпеки для навколишнього природного середовища та здоров’я людини;

8) організовано передачу промислових відходів іншим підприємствам за договорами (актами) з мінімальним розміщенням відходів у навколишньому природному середовищі.

Проведений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути при інтенсивному вирощуванні яблук в умовах Степу України та проведення досліджень даного методу у виробничих умовах дозволив встановити найбільш несприятливі із них та розробити заходи щодо зменшення їх впливу на працівників та довкілля.

# ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. На підставі аналізу використання водних ресурсів теоретично обґрунтовано та розроблено технологію краплинного поливу яблуневого саду на чорноземах звичайних в Степу України. Враховуючи форму просторової області зволоження ґрунту, що утворюється навколо однієї крапельниці, отримано формулу для розрахунку поливної норми та побудовано епюру вологості ґрунту за обсягом живлення рослин. Встановлено, що з поливі великими (220 $м^3$/га) нормами поливна вода просочується більшу глибину, ніж за малих. Малі поливні норми (170 $м^3$/га) створюють більш рівномірне зволоження по всьому профілю ґрунту. Визначено динаміку зміни параметрів контуру зволоження ґрунту після поливу при краплинному зрошенні з точністю до 11,9 %. У цьому коефіцієнт кореляції змінюється не більше від 0,913 до 0,935.

2. Встановлено закономірності формування контуру зволоження ґрунту з різними обсягами водопостачання. Доведено, що при подачі води 50 л/дерево зволожувана зона кореневмісного шару ґрунту за допомогою однієї крапельниці складає всього 4,9 % об'єму ґрунту, відведеного рослині. При збільшенні подачі води на дерево до 120 л, збільшується зволожування, що забезпечує, до 29,2 % відведеного об'єму ґрунту, що призводить до втрати води на глибинний скид, тобто. на фільтрацію.

3. За результатами натурних випробувань з використанням методу теорії планування експерименту (план Рехтшафнера другого порядку) одержано математичні рівняння, які дають змогу визначити основні параметри систем крапельного зрошення. На підставі одержаних даних встановлено компромісний оптимум у точці з координатами: натиск у системі $x_1$= - 0,230 (Н = 1,05 м); довжина краплинних ліній $x_2$ = - 0,057 (L = 148,62 м); діаметр крапельниці $x_3$ = – 0,013 (d=1,55 мм).

4. При обробітку яблуневого саду в умовах Степу України встановлено, що оптимальним варіантом є варіант з перед поливної вологістю ґрунту на рівні 80% НВ. Це забезпечується проведенням 21 – 26 поливів нормою 170 $м^3$/га.

5. Для підприємств, які займаються вирощуванням яблук в зоні Північного Степу України при вирощуванні сортів Голден Делішес, Корей, Айдоред та Глостер із застосуванням систем крапельного зрошення і підтримці вологості ґрунту 80 % НВ можна отримати врожайність на рівні 31,2 т/га; 29, 4 т/га; 26,3 т/га та 23,8 т/га відповідно. Застосування краплинного зрошення підвищить врожайність зазначених сортів яблук на 20 - 30 % вище порівняно з поливом по борознах. Річна економічна ефективність від впровадження рекомендованої технології краплинного зрошення яблуневого саду за підтримки вологості ґрунту на рівні 80 % НВ складе 65-109 тис. грн. на 1 га.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальов М., Ейвазов Ю. Динаміка зволоження ґрунту при краплинному зрошенні садів в Степу України. XIV Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (м. Кропивницький, 8-10 листопада 2023 р), ЦНТУ, 2023 С. 368-370.

2. Antonio, J. El riego localizado en eultivo hor-ticolas en la Region de Murcia. Agricola vergel. ANO XVI. Num 184. 1997. Espania.

3. Приліпка О.В. Концептуальні засади розвитку багатоукладної системи закритого ґрунту. Агроінком. 2007. №11-12, С. 22-27;

4. Червен І.І. та ін. Формування високоефективного виробництва та ринку продукції в агропромисловому комплексі південного регіону / За ред. І.І.Червена. Миколаїв: МДАУ. 2000. 238 с.;

5. Breazeale, D. Feasibility of Subsurface Drip Irrigation for Alfalfa. 2000 Jourmnal of the ASFMRA. USA. Or U. Drip irri- gation as a powerful tool for environmental protection International Water and Irrigation Review, 1996. vol.16. No 1. Israel.

6. Havard, P.L. Linkflow, a Water Flow Computer Model for Water Table Management: Part I. Model Development. Transctions of the ASAE American Society of Agricultural Engineers, 1995. Vol. 38 (2).

7. Hausenberg, I. Soil-water-plant relationships. Israel, 1995. P. 5-6.

8. Janert, H. Neue wege der Untergrund bewasserung. D. Kulturtechniker. N 1/2. 1937.

9. Гудзинський О.Д., Судомир С.М. Методологічні аспекти формування потенціалу, адекватного стратегічному розвитку підприємств. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2007. Вип. 1/39. С. 11-16.

10. Michelakis, N. Piant growth and yield response of the olive tree cv. Kalamon, for different levels of soil water potential and methods of irrigation. Advanges in Horticultural Science, 9 (1995).

11. Trooien, T.R. Subsurface Drip Irrigation Using Livestock Wastewater: Dripline Flow Rates. Applied Engineering in Agriculture, September 2000. vol. 16. No. 5. USA.

12. Гайдуцький П.І. Про основні засади реформування системи державної підтримки сільського господарства та сільської території // Економіка АПК. 2005. №11. С. 43-48;

13. Yabe, K. Studies on the Optimum Number of Watering Plants Porous Pipe under the Sub-irrigation Method by Using Negative Pressure Difference. / Bulletin of University of Osaka Prefecture, Ser. B., vol.44, 1992, Osaka, Japan.

14. Мармуль Л.О. Ринкові важелі підвищення ефективності функціонування плодоовочеконсервних підприємств. Зб. наук. праць "Таврійський науковий вісник".2007. Вип. 52, С. 142-146;

15. Гордійчук М. Стан та перспективи експорту-імпорту перероблених овочів та фруктів. Агроогляд. 2004. №12.С. 51-53;

16. Іщук Ю. Тенденції розвитку ринку плодоовочевої консервної продукції в Україні. Агроогляд. 2004. №12. С. 44-46;

17. Вудс Т. Ситуація з товарною продукцією і перспективи на майбутнє: особлива увага ринкам в Україні та в ЄС. Агроогляд. 2004. №12. С. 10-15;

18. Мозковий С. Чи можливо отримувати в Україні два або три врожаї на рік? // Агроогляд. 2004. №12. С. 28-30;

19. Курц М. Переваги упакування овочів і фруктів. Агроогляд. 2004. №12. С. 38.

20. Konijnendijk C. Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe. Urban Forestry the Urban Greening. Vol. 4. Iss. 3-4.

21. Ромащенко М.І. Стан і перспективи розвитку крапельного зрошення для інтенсифікації садівництва й овочівництва. Журнал „Агроогляд", 2004. № 12(39). С. 21-24.

22. Озирний В. Експорт овочів і фруктів з України: перспективи розвитку. Агроогляд. 2006. №5. С. 7-10;

23. Аграрний сектор України у 2005 р. К., 2006. 87 с.

24. Приліпка О.В. Стратегія розвитку закритого грунту в Україні. Вісник аграрної науки. 2008. №3. С.17-19.

25. Or, U. Drip irrigation as a powerful tool for environmental protection. International Water Irrigation Review, 1996, vol.16, No 1. Israel.

26. HeinritzG. WildparkeundMärchenwälder. Zur Ausbreitung und Differenzie-rung neuer Freizeitparks in Bayern. Natur und Landsch. Bd. 51. H. 1. 1976. P. 15-19.

27. Статистичний щорічник України за 2003 р. К.: "Консультант",2020. 593 с.;

28. Землеробство в умовах недостатнього зволоження (наукові та перспективні висновки). К.: Аграрна наука, 2000. 86 с.

29. Посібник до ДБН В.2.4 Водоспоживання, режим зрошення сільськогосподарських культур і технологічне обґрунтування водозабезпеченості меліоративних систем. К.: Державний комітет по водному господарству України і Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2001. 54 с.

30. Ромащенко .І., Корюненко В.М., Каленіков А.Т. Мікрозрошення сільськогосподарських культу. Стан перспектив та напрям використання. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення. К.: Аграрна наука. 2001. С. 64-69.

31. Водний фонд України: Довідковий посібник / За редакцією В.М. Хорєва, К.А.Алієва, К.:Ніка-Центр,2001.392с.

32. Щоткін В.А. Крапельні системи – найбільш прогресивний спосіб зрошення. Пропозиція, 2001, №6, С.48-50.

33. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство: Підручник. Чернівці: Вид-во "Книги-ХХІ", 2008. 400 с.

34. Вознюк С.Т. Меліоративне грунтознавство з основами гідрології. Львів: Вища школа, 1984, 400с.

35. Статистичний щорічник України за 2004 р. К.: "Консультант", 2021. 592 с.

36. Сніжко С. І., Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ, 2001, 325 с.

37. Journal of Applied Irrigation Science. Vol. 31(2), October 1996, PP 155-163.

38. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методи проведення польових досліджень з плодовими культурами. К.: Аграрна наука. 1996. 95 с.

39. Мойсейченко В.Ф. Основи наукових досліджень у плодівництві, овочівництві, виноградарстві та технології зберігання плодоовочевої продукції. К.: УМК ВО, 1992. 364 с.

40. Якість ґрунту. Польовий опис ґрунту (ISO 25177:2008, IDT): ДСТУ ISO 25177:2015. [Чинний від 2016-04-01]. Харків: Технічний комітет стандартизації ТК 142 «Ґрунтознавство», 2016. 9 с. (Національні стандарти України).

41. Лабораторий практикум з ґрунтознавства. Методичні рекомендації/ В. О. Романко, І. В. Калинич, В. Ю. Пересоляк. Ужгород: УжНУ "Говерла", 2020. 62 с.

42. Основи наукових досліджень в агрономії/[ В.О Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогриз, В.П. Опришко]; за ред. В.О.Єщенка. Вінниця, ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

43. Комп’ютерні методи в сільськогосподарському виробництві та біології: Навчальний посібник / О. М. Царенко, Ю. А. Злобін, В. Г. Скляр, С. М. Панченко. Суми: Університетська книга. 2000. 203 с.

44. Методичні поради щодо визначення економічної ефективності наукових досліджень в агрономії : для студ. спец. 201 - Агрономія / [уклад. : М. І. Мостіпан, О. О. Андрієнко, К. В. Васильковська, В. О. Малаховська]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. загального землеробства. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 44 с.

45. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. К: Аграрна думка, 2009. 624 с

46. Dowker, B.D. Heritability of bulb shape in some north European onion

varieties. Ann.Appl.Biol. 1974. Vol.77, P.61

47. Emsweller, S.L. An interspecific hybrid in Allium. Hilgardia. 1935 V.5. N9. P.265-273.

48. Evers, A. M. Effects of different fertilization practices on the growth, yield and dry matter content of carrot. J. agr. Sc. in Fin-land. 1988. T. 60. -№2. P. 135—152.

49. Geissler T. Hohe Effektivität der Stickstoffdüngüns in der Feldgemüseproduktion durch verbesserte Auslringung. Feldwirtschaft. 1979,12. 542-544.

50. Goodwin, P.B. Phytohrmones and development ot the vegetatine plants. Phytohormones and related compounds: A comprehensive treatise Amsterdam etc: Biomet. Press. 1978: № VII. P. 31-74.

51. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підручник. Київ: Знання, 2010, 375 с.

52. ДСТУ 2730-94. Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. К.: Держстандарт України, 1994. 14 с.

# ДОДАТКИ

Додаток А1

Таблиця 1

| Місяці | Температура повітря, °С | | | Сума опадів, мм | Відносна вологість повітря, % | Сумарне випаровування з поверхні, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | середня | max | min | | | |
| Січень | –12 | 4,2 | –41,4 | 22 | 84 | 4 |
| Лютий | –11,4 | 4,3 | –37,0 | 21 | 81 | 4 |
| березень | –5,7 | 15,6 | –29,1 | 20 | 81 | 9 |
| квітень | 5,3 | 26,6 | –19,4 | 24 | 68 | 49 |
| Травень | 14,3 | 32,5 | –4,8 | 37 | 54 | 133 |
| Червень | 18,9 | 38,7 | –1,6 | 50 | 56 | 168 |
| Липень | 21,5 | 40,7 | 6,5 | 45 | 55 | 209 |
| Серпень | 19,5 | 38,2 | 4,8 | 38 | 57 | 173 |
| Вересень | 13,2 | 36,0 | –1,5 | 37 | 63 | 95 |
| Жовтень | 5,5 | 28,3 | –13,4 | 34 | 71 | 47 |
| Листопад | –2,4 | 20,0 | –30,2 | 35 | 83 | 11 |
| Грудень | –9,0 | 7,7 | –36,5 | 28 | 85 | 3 |
| Середнє | 4,8 | 40,7 | –41,4 | 391 | 70 | 905 |

Додаток А2

Таблиця 2

Метеорологічні умови вегетативного періоду соняшнику 2022 року

| Місяць | Декада | Температура повітря, °С | | | Кількість опадів, мм | | | Відносна вологість повітря, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Факт. | Норма | t | Факт. | Норма | % от норм. | Клим. | Факт. |
| квітень | 1 | 5,3 | 2,5 | 2,8 | 9,8 | 9 | 109 | 73 | 80 |
| | 2 | 16,3 | 6,7 | 9,6 | 0,0 | 10 | 0 | 65 | 59 |
| | 3 | 19,0 | 10,5 | 8,5 | 7,2 | 10 | 72 | 58 | 51 |
| Середнє за місяць | | 13,6 | 6,6 | 7,0 | 17,0 | 29 | 59 | - | - |
| травень | 1 | 17,9 | 12,7 | 5,2 | 1,0 | 14 | 7 | 53 | 43 |
| | 2 | 21,4 | 15,8 | 5,6 | 0,0 | 14 | 0 | 51 | 39 |
| | 3 | 18,8 | 16,3 | 2,5 | 9,0 | 15 | 33 | 52 | 53 |
| Середнє за місяць | | 19,3 | 15,0 | 4,3 | 10,0 | 43 | 14 | - | - |
| червень | 1 | 20,6 | 17,7 | 2,9 | 12,6 | 15 | 84 | 52 | 53 |
| | 2 | 25,5 | 19,7 | 5,8 | 22,1 | 15 | 147 | 55 | 53 |
| | 3 | 22,9 | 20,8 | 2,1 | 12,0 | 15 | 80 | 54 | 50 |
| Середнє за місяць | | 23,0 | 19,4 | 3,6 | 46,7 | 45 | 104 | - | - |
| липень | 1 | 23,3 | 21,0 | 2,3 | 6,7 | 17 | 39 | 56 | 56 |
| | 2 | 25,4 | 21,7 | 3,7 | 18,6 | 17 | 109 | 56 | 46 |
| | 3 | 23,2 | 21,4 | 1,8 | 1,9 | 17 | 11 | 55 | 50 |
| Середнє за місяць | | 23,9 | 21,4 | 2,5 | 27,2 | 51 | 53 | - | - |
| серпень | 1 | 27,0 | 21,4 | 5,6 | 2,9 | 15 | 19 | 57 | 49 |
| | 2 | 22,4 | 19,8 | 2,6 | 20,0 | 15 | 133 | 59 | 61 |
| | 3 | 17,8 | 18,6 | 0,8 | 71,9 | 14 | 514 | 57 | 67 |
| Середнє за місяць | | 22,2 | 19,9 | 2,3 | 94,8 | 44 | 215 | - | - |
| Всього за вегетацію | | | | | 195,7 | 212 | 92,3 | 56,9 | 54 |

Додаток А3

Таблиця 3

Метеорологічні умови 2023 року (м. Кропивницький)

| Місяць | Декада | Температура повітря, °С | | Кількість опадів, мм | | Відносна вологість повітря, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Факт. | Норма | t | | | Факт. |
| квітень | 1 | 7,6 | 2,5 | 12,1 | 9 | 73 | 68 |
| | 2 | 9,3 | 6,7 | 0,0 | 10 | 65 | 47 |
| | 3 | 12,1 | 10,5 | 18,7 | 10 | 58 | 58 |
| Середнє за місяць | | | 6,6 | 30,8 | 29 | | 58 |
| травень | 1 | 16,9 | 12,7 | 10,6 | 14 | 53 | 48 |
| | 2 | 21,9 | 15,8 | 1,2 | 14 | 51 | 39 |
| | 3 | 20,1 | 16,3 | 32,2 | 15 | 52 | 59 |
| Середнє за місяць | | | 15,0 | 44,0 | 43 | | 49 |
| червень | 1 | 19,3 | 17,7 | 3,7 | 15 | 52 | 54 |
| | 2 | 21,5 | 19,7 | 42,4 | 15 | 55 | 56 |
| | 3 | 21,9 | 20,8 | 94,9 | 15 | 54 | 66 |
| Середнє за місяць | | | 19,4 | 141,0 | 45 | | 57 |
| липень | 1 | 23,2 | 21,0 | 1,3 | 17 | 56 | 50 |
| | 2 | 22,1 | 21,7 | 4,9 | 17 | 56 | 56 |
| | 3 | 19,0 | 21,4 | 31,0 | 17 | 55 | 69 |
| Середнє за місяць | | | 21,4 | 37,2 | 51 | | 59 |
| серпень | 1 | 21,1 | 21,4 | 8,8 | 15 | 57 | 65 |
| | 2 | 23,6 | 19,8 | 0,0 | 15 | 59 | 54 |
| | 3 | 19,8 | 18,6 | 2,3 | 14 | 57 | 52 |
| Середнє за місяць | | | 19,9 | 11,1 | 44 | | 57 |
| Всього за вегетацію | | | | 264,1 | 212 | | 56 |