

ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНА АГРАРНА АКАДЕМІЯ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра Технології та засоби механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка до *кваліфікаційної роботи*  
на здобуття ступеня вищої освіти « магістр »  
*магістр*

на тему: «Дослідження ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області»

Виконав: здобувач вищої освіти  
за ступенем « магістр » групи 1  
*(магістр)*

ОПП Технології і засоби механізації сільськогосподарського виробництва  
*Назва ОПП*

спеціальності 208 Агроінженерія  
*Шифр та назва спеціальності*

Ребро В.О.

*Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти*

Керівник: Ляшенко С.В.

*Прізвище та ініціали керівника*

Рецензент:

*Прізвище та ініціали рецензента*

Полтава – 2021 року

## ВСТУП

Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови і високий рівень культури землеробства становлять значний потенціал для пришвидшеного розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні. Успішне вирішення завдань зі збільшення виробництва продукції сільськогосподарства можливе виключно при раціональному використанні механізації і меліорації земель.

За допомогою меліорації, незалежно від погодних умов, можна досягати значного підвищення врожаю і покращення якості практично всіх сільськогосподарських культур. Зрошувані землі в господарствах України на початку 2021 року займають 2178,3 тис. га. За рівнем технічної оснащеності зрошувальних систем, окремі господарства займають одне з провідних місць в Україні, що забезпечує досить ефективний потенціал використання меліорованих земель.

Разом з тим прискорений розвиток зрошування на великих площах утруднюється гострим дефіцитом водних ресурсів, особливо в південних регіонах, а також наявністю в іригаційному фонді земель з пересічним рельєфом, які займають приблизно 3/4 всіх освоєних земель.

Тому для умов України при зрошуванні необхідний такий спосіб поливу, який би одночасно дозволяв раціонально використовувати зрошувальну воду і дав би можливість, без прояву іригаційної ерозії, освоювати значні площі схилених земель.

Одним з прогресивних способів поливу, що задовольняє вище згадані вимоги, є краплинне зрошування, що застосовується для поливу сільськогосподарських культур. Як відомо, ефективність поливу сільськогосподарських культур може бути досягнута лише за умови постійної підтримки оптимального водного, водно-повітряного та поживного режимів ґрунту в зоні живлення рослин протягом усього вегетаційного періоду.

Більшість площ сільськогосподарських угідь Полтавщини розташовані на схилених землях. Техніка, що використовується для дощування сільськогосподарських культур недостатньо відповідає зазначеним вимогам, а порівняно високі зрошувальні норми не забезпечують раціонального використання

води, мають місце великі втрати її і висока ймовірність прояву ерозії ґрунтів, що особливо ймовірно на схилових землях.

При краплинному зрошуванні поливна вода подається безпосередньо до кореневої системи рослин, коефіцієнт корисного використання води досягає 95%, з'являється можливість максимально автоматизувати полив, виключити додаткову технологічну операцію міжрядного обробку ґрунту.

Конструктивно-технічні переваги систем краплинного зрошування забезпечують економію металу, бетону, інших будівельних матеріалів, а також зниження витрат електроенергії і паливно-мастильних ресурсів при експлуатації систем. Краплинне зрошування будучи порівняно новим способом поливу рослин має ще недостатньо розроблену теоретичну базу в області оптимізації параметрів.

У даній роботі особлива увага присвячена вирішенню низки актуальних наукових завдань, що стосуються краплинного зрошування, як в теоретичному, так і в практичному плані з урахуванням умов Полтавщини, що безсумнівно допоможе проектувальникам створювати більш досконалі системи для зрошування сільськогосподарських культур з високими технічними і економічними показниками.

*Актуальність проблеми.* Краплинне зрошування порівняно новий перспективний спосіб поливу як для Полтавщини, так і України в цілому, вивченням якого досконало почали займатися останні десять років.

Основна увага вчених була направлена на вивчення схем краплинного зрошування для сільськогосподарських культур, розробку нових способів очищення поливної води і різних конструкцій крапельниць.

Обґрунтуванню ж основних параметрів систем краплинного зрошування таких, як вибір оптимальної розрахункової забезпеченості систем краплинного зрошування, визначенню найвигіднішої надійності та інших параметрів вчені майже не займалися, хоча ці параметри в значній мірі зумовлюють загальну ефективність проєктованих систем.

Тому розробка інженерних методів техніко-економічного обґрунтування основних параметрів для систем краплинного зрошування при вирощуванні кукурудзи на зерно є безумовно дуже актуальною і першочерговою проблемою.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.* Робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідної діяльності кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва (2019 – 2021 р.р.) Інженерно-технологічного факультету Полтавської державної аграрної академії.

*Мета і завдання дослідження.* Мета роботи – дослідження ресурсозаощадливого режиму краплинного зрошування кукурудзи на зерно в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися наступні *завдання*:

1. Вивчити розподіл вологи в ґрунті і формування контурів зволоження в залежності від тривалості поливу, витрати крапельниці, перед поливної вологості ґрунту і параметрів поливної мережі в польових умовах.
2. Встановити особливості та закономірності водоспоживання кукурудзи на зерно в залежності від обраної ресурсозаощадливої технології зрошування.
3. Вивчити вплив параметрів системи краплинного зрошення на основні показники зростання, розвитку і продуктивності кукурудзи на зерно.
4. Розробити проект краплинного зрошування кукурудзи на зерно.
5. Дати оцінку економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно при різних режимах краплинного зрошування.

*Об'єкт дослідження:* технологічні режими краплинної системи ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області та параметри системи краплинного зрошування кукурудзи на зерно.

*Предметом досліджень:* є підвищення ефективності роботи системи краплинного зрошування за рахунок обґрунтування ресурсозаощадливого режиму її роботи.

*Методи досліджень:* базуються на використанні методів фізичного і математичного моделювання системи краплинного зрошування, а також методів математичної статистики при опрацюванні і аналізі експериментальних даних.

При проведенні виробничого експерименту було використано планування згідно повно факторного експерименту. Дослідження проводилися по стандартних методиках.

*Наукова новизна отриманих результатів:*

- На підставі виконаних досліджень для зони недостатнього зволоження обґрунтована і підтверджена необхідність використання краплинного зрошування для ефективного вирощування кукурудзи на зерно.

- Обґрунтовано режим краплинного зрошування і закономірності водного балансу кукурудзи на зерно з урахуванням локального характеру її зволоження. Розглянуто процес переміщення вологи на дерново-підзолистих ґрунтах і визначені параметри системи краплинного зрошування з застосуванням математичних методів.

- Експериментально встановлено закономірності поширення вологи в ґрунті при краплинному зрошуванні та визначено параметри системи краплинного зрошування, що забезпечують рівномірність зволоження ґрунту і розподілу поживних речовин, внесених з поливною водою. Виявлено контури зволоження ґрунтового шару при різних режимах краплинної системи.

*Практична цінність отриманих результатів.* На підставі виконаних досліджень розроблено режим краплинного зрошування, що забезпечує рівномірність зволоження і розподілу поживних речовин, внесених з поливною водою, і отримання високої врожайності кукурудзи на зерно. При цьому рекомендується розташовувати поливні трубопроводи на глибині 5 см, а відстань між крапельницями приймати 33 см. Запропонований режим краплинного зрошування забезпечує економію водних ресурсів на 30-40% і підвищення врожайності кукурудзи на зерно на 47,1% в порівнянні з дощуванням [1].

Результати досліджень і рекомендації щодо обґрунтування режиму краплинного зрошування можуть використовуватися при проектуванні, будівництві і реконструкції зрошувальних систем нового покоління відповідно до вимог екологічної безпеки при високій ефективності використання водних, трудових і енергетичних ресурсів. Зменшення обсягів поливної води при застосуванні розробленого режиму зрошування запобігає фільтрації води, знижує випаровування вологи з поверхні ґрунту, виключає підйом ґрунтових вод і покращує аерацію ґрунту.

Запропонована технологія пройшла експериментальну виробничу апробацію і дозволить отримати річний економічний ефект від використання системи

краплинного зрошування при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області в порівнянні з поливом дощуванням – в розмірі 2441143,1 грн.

Результати кваліфікаційної роботи прийняті до впровадження як перспективне конструктивно-технологічне інженерне рішення, що підтверджене актом впровадження господарства: ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

*Особистий внесок претендента.* У публікаціях у співавторстві авторів належать: розробка ресурсозберігаючого режиму краплинного зрошення [2]; Техніко-економічне обґрунтування використання ресурсозберігаючого режиму краплинного

з

р *Апробація результатів магістерської дипломної роботи.* Від системності навчання до виробничих систем: Всеукраїнська науково-методична конференція (дистанційна форма). – Полтава: ПДАА, 19 червня 2019 р. – Вип. XV. – С. 26-28. Третя Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція (дистанційна форма). «Енерго- і ресурсозберігаючі технології та машини в переробних та харчових виробництвах» – Полтава: ПДАА, 03-05 грудня 2019 р. – Вип. III. – С. 39-41.

я

[

з

]

.

# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Господарсько-біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно

Кукурудза (*Zea mays* L.) – однорічна рослина з сімейства злакових. Коренева система потужна, мочкувата, багатоярусна; окремі корені можуть проникати на глибину 1,5-3 м. Основна вага коренів (60%) розташована в орному горизонті, поширюючись в сторони до 1 м. рис. 1.1.



Рисунок 1.9. – Кукурудза (*Zea mays* L.) – однорічна рослина з сімейства злакових

У кореневій системі кукурудзи розрізняють зародкові, підрядні і опорні корені. Насінина кукурудзи проростає одним зародковим корінцем, який, швидко заглиблюючись в ґрунт, добре гілкується. Ці корені утворюють перший ярус. Другий ярус коренів утворюється з колеоптильного вузла. Зазвичай вони не розгалужуються і ростуть вертикально вниз. Третій ярус, який відіграє велику роль в життєдіяльності

рослин, розвивається з трьох – п'яти зближених вузлів стебла, розташованих біля поверхні ґрунту.

Ці корені ростуть спочатку горизонтально, потім вертикально, досягаючи значної глибини. Опорні (повітряні) корені формуються з надземних вузлів стебла, розташованих біля поверхні ґрунту і трохи вище її. Вони не тільки захищають рослини від вилягання, а й виконують функцію живлення, так як можуть утворювати бічні корені і кореневі волоски.

Стебло висотою від 60 см до 5 м, товщиною 2-7 см складається з 4-9 підземних і 5-30 надземних вузлів і проміжних вузлів. Стебло прямостояче, округлене, гладке, на відміну від інших злаків заповнене паренхімною тканиною. Він здатний до розгалуження, формуючи подовжені пагони – пасинки, що досягають іноді висоти, близької до висоти головного пагона.

Листя великі, лінійні, з нижньої сторони голі, з верхньої опушені. Лист має невеликий язичок, у деяких сортів утворюються вушка. Кількість листків коливається від 8 до 45, загальна листова поверхня однієї рослини від 0,3 до 1,5.

Плід – великий зерно білого, кремового, жовтого, помаранчевого, червоного, темно-вишневого забарвлення. Залежно від консистенції зерна, кукурудзу поділяють на наступні підвиди: зубовидна, кремениста, крохмалиста, цукрова, попкорнова, восковидна. Вага 1000 насінин у дрібнонасінних сортів 100-150 г, у крупнонасінних 300-400 г.

По відношенню кукурудзи до водного режиму її вважають мезофільною рослиною. Рослини кукурудзи по-різному вимогливі до вологи в залежності від періоду росту і розвитку. При проростанні насіння поглинає 40-50% води від повітряно-сухої ваги. За період від сходів до утворення п'ятнадцяти листків рослини споживають 7-8% від загальної витрати води за вегетацію, від утворення п'ятнадцяти листків до середини молочної стиглості – 69-73%, від середини молочної стиглості до повної стиглості зерна – 20-22% [4].

Критичним періодом щодо вологи є період формування репродуктивних органів. Найбільш сприятливою для росту і розвитку рослин є вологість ґрунту 70-75% ПВ. Ріст рослин припиняється при зниженні ґрунтової вологи до 9,5%. Культура

відрізняється економним витрачанням вологи. Транспіраційний коефіцієнт її дорівнює 280-350.

Високі врожаї кукурудза дає на чорноземних, темно-каштанових, темно-сірих суглинних і супіщаних ґрунтах та річкових заплавах. Рослина потребує підвищених вимоги до аерації ґрунтів. На важких, легко ущільнених ґрунтах, коренева система розвивається лише в орному горизонті, щільний підорний горизонт перешкоджає росту коренів у глибину.

В даний час для вирощування на зерно районовано 111 гібридів і сортів кукурудзи. Серед сортів найбільш широко вирощуються Одеська, Воронежська, Стерлінг; серед гібридів – Дніпровський 247МВ, ВІР 42МВ, ВІР 156ТВ, Буковинський 3ТВ, Жеребківська 86МВ, Дніпровський 56ТВ, Краснодарський 303ТВ.

## 1.2 Опис діючої технології вирощування кукурудзи в ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області

*Місце в сівозміні.* У господарстві дотримуються п'ятипільної сівозміни. В якості попередників обирають озиму пшеницю, зернобобові та пар під сидеральними культурами. За умови правильного вибору системи підживлення та обробітку ґрунту, кукурудзу на зерно в господарстві висівають як монокультуру. Оптимальна кислотність ґрунтового розчину для кукурудзи нейтральна або близька до нейтральної (рН 5,5-7,0).

*Способи і строки обробітку ґрунту.* Зазвичай у господарстві використовують осінню оранку на глибину 25-30 см. Але на протязі останніх років в господарстві все більше використовують прогресивні технічні засоби, такі, як дискові чизелі, або комбіновані дискові глибокорозпушувачі для основного обробітку ґрунту за мінімальною технологією і спеціальні посівні агрегати для посіву за технологією ноу-тіл. При сильному засміченні полів багаторічними коренепаростковими бур'янами (різновиди осотів, молочаю, гірчака і пирію) агрономічна служба господарства проводить обприскування бур'янів, препаратами Раундап 2-3 л/га + 2,4 Д. аміачна сіль

1 л/га, за 2 тижні до початку основного обробітку ґрунту. Навесні для закриття вологи, на поораних ділянках, проводять боронування важкими зубовими боронами.

Передпосівну підготовку ґрунту в господарстві проводять на глибину посіву, з внесенням під культивуацію комплексних добрив, а при необхідності і ґрунтових гербіцидів, таких як (Фронт'єр оптима 0,8-1,2 л/га, Харнес 1,5-3 л/га та ін. ) для боротьби зі злаковими бур'янами [4].

*Застосування добрив.* В ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області користуються рекомендаціями компанії «Піонер» для отримання високих врожаїв кукурудзи на зерно, а саме вносять добрива в нормі за діючою речовиною з розрахунку N120-180P60-90K70-120. Добриво вносять в три прийоми, під основний обробіток 60-70%, під передпосівну культивуацію 20-30% і 10% у вигляді підживлення одночасно з міжрядним обробітком.

*Вибір гібридів.* Вибір гібрида кукурудзи агрономічна служба господарства проводить в залежності від агрокліматичних умов року, що передував. Гібриди кукурудзи відрізняються по групах дозрівання. Для порівняння їх за цим показником існують дані ФАО - організації з продовольства і сільського господарства при ООН. Весь світовий асортимент оцінений в балах ФАО від 100 до 900. Різниця в 10 балів по ФАО відповідає в середньоєвропейських умовах приблизно 1-2 дня різниці по дозріванню, або 1-2% за вмістом сухої ваги в качанах при однакових термінах збирання. Для північних і західних регіонів України підходять гібриди з ФАО 200-250, для центральних і південних з ФАО 250-500. На ринку насіння кукурудзи безперечними лідерами є такі компанії як «Піонер», «Монсанто», «Сингента» та «Євраліс Семанс» відома також під торговою маркою Рустика. Ці компанії представляють широку лінійку високоврожайних гібридів для всіх зон України.

Посівні якості насіння цих виробників відповідають європейським стандартам і вже оброблені препаратами проти хвороб і ґрунтових шкідників.

Насіння одного і того ж гібрида кукурудзи в залежності від форми і величини зерна, можуть бути різних фракцій, що необхідно враховувати при налаштуванні посівного агрегату на норму висіву.

*Посів.* Оптимальні строки для посіву кукурудзи в господарстві обирають за настання стійкої температури ґрунту 8-12 °С на глибині 10 см. В першу чергу висівають ранньостиглі гібриди ФАО 200-250, які мають більшу холодостійкість. Насіння висівають у вологий ґрунт на глибину не більше 8 см, широкорядним способом з міжряддям 70 см. Густота стояння перед збиранням, залежно від зволоження і особливостей гібрида коливається від 55 до 95 тис/га (таблиця 1.1). У кількісному вираженні це 15-22 шт. насіння на три погонних метра, у ваговому виразі в залежності від ваги 1000 насінин 20-30 кг. З урахуванням польової схожості норму висіву збільшують на 10% -15% [4].

Таблиця 1.1 – Оптимальна густота стояння на момент збирання гібридів кукурудзи фірми «Піонер» (тисяч рослин на 1 га)

Група стиглості	Степ	Лісостеп	Полісся
ФАО 100-200	65-70	80-85	90-95
ФАО 200-300	60-65	75-80	85-90
ФАО 300-400	55-60	70-75	80-85
ФАО 400-500	50-55	-	-

В господарстві відмічають, що особливістю гібридів фірми «Піонер» є формування на кожній рослині тільки одного качана кукурудзи. Формування двох і більше качанів свідчить про помилки в технології або є наслідком несприятливих погодних умов. Такі гібриди необхідно сіяти з більшою густотою, ніж гібриди селекції інших оригінаторів, для яких природним вважається формування на одній рослині двох і більше качанів.

*Догляд за посівами.* Догляд за посівами кукурудзи в ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області зводиться до проведення агрохімічних заходів по боротьбі з бур'янами, шкідниками і хворобами культури. А також проведення підживлення комплексним добривом (нітроамофоска).

*Боротьба з бур'янами.* Боротьбу з бур'янами проводять з осені. Навесні при необхідності за 3-5 днів до появи сходів культури, проводять обробку проти всіх видів бур'янів, а особливо багаторічних корне паросткових, якщо обробка не проводилась

з осені, (Раундап 2-3 л/га + 2,4 Д). По сходам, в залежності від видового складу бур'янів та фази розвитку культури, застосовують один з нижче перерахованих гербіцидів. У фазу до 5 листків у культури, (Базис 0,02-0,025 кг/га + 200 мл/га ПАР Тренд), проти дводольних та злакових бур'янів, або (2,4-Д амінова сіль 68,5% дозою 0,7-1 л/га), проти дводольних бур'янів. Агрономічна служба господарства зазначає, що ці гербіциди, мають пригнічувану дію на культуру, починаючи з фази 5 листків. Такі гербіциди як (Тітус 0,04-0,05 кг/га +200 мл/га ПАР Тренд; Таск 0,384 кг/га; Хармоні 0,01-0,015 кг/га +200 мл/га ПАР Тренд), можна застосовувати до 7 листків у культури [5].

Робочий розчин готують з розрахунку 200-300 л / га води, в якій розчиняють необхідну кількість препарату. Обприскування проводять в суху безвітряну погоду уникаючи високих температур, у вечірній або ранковий час, проведення робіт при температурі вище +25 °С може не тільки знизити ефективність препарату, а й негативно вплинути на кукурудзу.

*Боротьба з шкідниками.* Злісні шкідники сходів кукурудзи – різні види дротяників і жуки чорниці, личинки цих комах живуть в ґрунті і можуть значно пошкоджувати паростки і коріння кукурудзи, боротьбу проводять за допомогою обробки насіння інсектицидними препаратами, які мають тривалий системною дією.

Не менш шкідливим вважається кукурудзяний стебловий метелик, його гусениці пошкоджують качани, листя і стебло рослини. Досить ефективний і екологічно безпечний метод боротьби з цим шкідником – розкидання трихограма, за допомогою малої авіації і мотодельтапланів. З розрахунку перший раз 100 тис/га, терміни збігаються з початком цвітіння кукурудзи, і другий раз 200 тис/га, початок утворення зерна в качанах.

Більш ефективним вважається хімічний метод боротьби, за допомогою суміші препаратів Карате або Деціс 0,1л/га і Бі-58 або Данадим 1л/га, але цей метод значно дорожче і екологічно не безпечний.

*Боротьба з хворобами.* Найпоширеніші захворювання кукурудзи це хвороби паростків і сходів викликані бактеріями *Fusarium Aspergillus*, *Alternaria* та інші. Ці збудники призводять до проріджування сходів, при посіві неякісного насіння в

холодний ґрунт. Коренева і стеблова гнилі викликані грибами *Giberella*, *Gelminthosporium*, *Diplodia*, ці збудники вражають на перших фазах росту коріння і нижню частину стебла.

*Збирання.* Збирання проводять спеціально пристосованими жатками. Кукурудзу можна починати збирати при вологості зерна 32-35%, з наступним очищенням і сушінням до базової вологості 14% .

### 1.3. Технологія краплинного зрошення

Технологія краплинного зрошення – метод повільного поливу (від 2 до 20 л/год на 1 метр) по системі пластикових труб малого діаметра, обладнаних крапельницями. Вода подається безпосередньо в прикореневу зону рослин. Більше 90% води поглинається корінням, так як глибоке просочування і випаровування мінімізовані. Дана технологія вимагає більш частого поливу, раз в 1-3 дня, що створює сприятливий для рослин рівень зволоження ґрунту.

При цьому обсяг і регулярність подачі води та добрив досить точні і технічно просто регулюються. Це дозволяє подавати стільки води, скільки потрібно рослинам на кожній фазі її розвитку. Завдяки особливій конструкції крапельниць, вода при поливі надходить до всіх рослин одночасно і рівномірно, в будь-якій точці поля, кількість води однакова.

Слід зазначити, що при краплинному поливі спрощується агротехніка – в технології обробітку ґрунту як передпосівної, так і в процесі вегетації. Добрива восени вносяться в значно меншій кількості, але глибоке розпушування і максимальне знищення бур'янів проводити обов'язково. Не потрібно нарізати борозни на просапних культурах, а після 2х-3х перших культивацій сільськогосподарська техніка практично на поле не виїжджає.

Краплинне зрошення – на сьогодні є найбільш прогресивним способом поливі сільськогосподарських культур та фруктових-ягідних культур в Україні.

Система краплинного зрошення складається з водозабору, пристрою підготовки води та додавання добрив, мережі магістральних, розподільчих та

поливних трубопроводів. Конструкція системи може змінюватися у відповідності до умов її використання. Найпростіша система краплинного зрошення представлена на рис. 1.2. Одним із головних елементів системи краплинного зрошення є крапельниця. За способом розміщення відносно поливного трубопроводу вони поділяються на два основних типи: тупикові (монтуються на зовнішній стороні трубопроводу) та інтегровані, які розташовуються в середині трубопроводу [6].

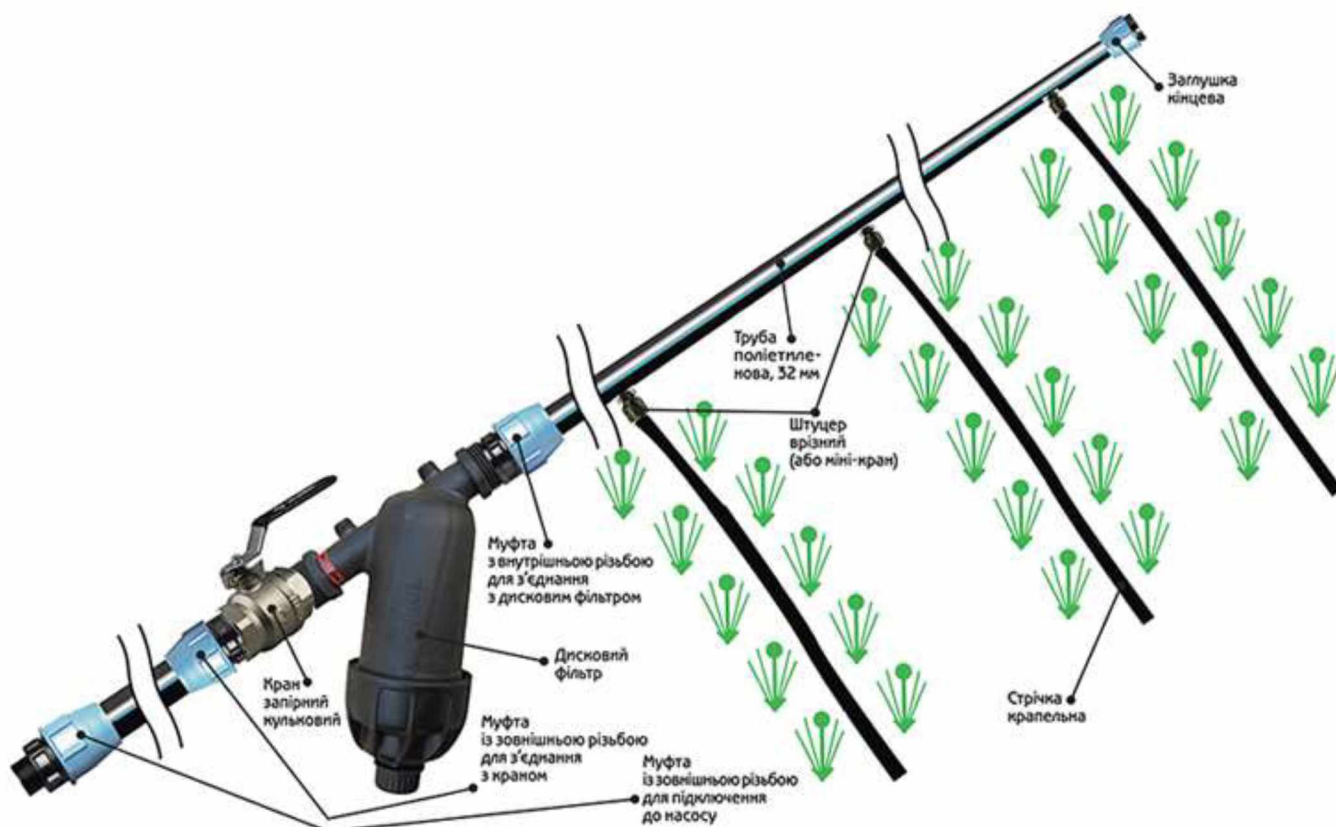


Рисунок 1.2. – Фото найпростішої системи краплинного зрошення.

Стрічкові трубопроводи з вбудованими крапельницями які розташовуються дискретно, через певний інтервал всередині трубопроводу мають регламентований водо вилив з кожного емітера. Використовуються переважно для зрошення культур де необхідно чітко нормувати водо вилив через крапельницю. Існує кілька варіацій розташування зрошувальної стрічки у міжряддя при вирощуванні культур з використанням системи краплинного зрошення. Це 15, 20, 30, 45, 50, 60, 75, 90 і 140 сантиметрів. Також стрічкові трубопроводи бувають із вбудованими в середину крапельницями, що мають форму суцільного лабіринту, а водо вилив регламентується лише відстанню між виходами води [7]. Трубопроводи із зовнішнім монтунням

крапельниці мають більшу рівномірність водо розподілення вздовж трубопроводу на більшій їх довжині переважно рівних ділянках та в умовах пересічної місцевості. Щілинні отвори в краплинній стрічці при тиску в 0,5-0,7 атмосфер пропускають воду та утворюють водяні кола через кожні 20-30 сантиметрів. Довжина розташування крапельниць на стрічці залежить від необхідного водо виліву стрічки зрошення. Після припинення поливу водяні кола повільно з'єднуються, що призведе до повного зволоження гряди. Порівнюючи вище перераховані види крапельниць при рівних умовах використання крапельниці з зовнішнім монтуванням створюють менший опір в середині трубопроводу тобто втрати тиску по довжині трубопроводу будуть менші, що дає можливість їх використовувати на більшій довжині. Тому даний вид крапельниць використовують при крапельному зрошуванні на полях із змінним рельєфом. По завершенню сезону стрічку краплинного зрошення потрібно прибирати з ґрунту та перемістити на зберігання.

#### 1.4 Особливості вирощування кукурудзи в умовах зрошування

Кукурудза використовує вологу економніше, ніж інші сільськогосподарські культури, але загальна потреба в ній куди вища за рахунок великої біомаси. За 24 години кукурудза здатна поглинути близько 2-4 літрів води. Однак, незважаючи на велику потребу у воді, перезволоження рослини не допустиме. Тому потрібно чітко стежити за вологістю ґрунту, оптимальним значенням якої буде 70-80% НВ. При цьому значенні формується максимальна продуктивність кукурудзи.

Рослина добре реагує на зрошування, і його використання дозволить покращити розвиток кореневої системи, збільшити активну поглинаючу поверхню і продуктивність фотосинтезу. При зрошуванні підвищується насиченість вологою рослинних тканин, інтенсивність дихання, споживання мікроелементів, а також покращиться інтенсивність транспірації. Незважаючи на це, на практиці підвищення перерахованих показників призводить до зниження рівня витрат води і поживних речовин на одиницю врожаю.

Цьому сприяє підвищення волого утримуюча здатність тканин, поліпшення вуглеводного, білкового і фосфорного обміну, зниження непродуктивного дихання, а також водного дефіциту в найспекотніші години дня. Зрошування, веде до збільшення сумарного водоспоживання, але коефіцієнт водоспоживання (витрата води на одиницю врожаю, включаючи витрату на транспірацію і випаровування ґрунтом) значно знижується, так як урожай в умовах поливу різко збільшується. Необхідно дотримуватися встановлених режимів зрошування, застосовувати агротехніку, використовувати систему збалансованого живлення та інші прийоми технологій інтенсивного вирощування кукурудзи на зерно. У період вегетації кукурудза потребує невелику кількість води, але її недолік згубно вплине на процеси росту. Перезволоження, а також недостатні або несвоєчасні поливи можуть призвести до різкого зниження врожаю зерна кукурудзи.

Протягом вегетації кукурудзи, вологість активного шару ґрунту слід підтримувати поливами не нижче 70% НВ до викидання волосі і 80% НВ після викидання. Особливо важливо витримувати оптимальний поливний режим в критичний період розвитку культури, який починається за 10 днів до викидання волосі і закінчується фазою молочного стану зерна. В умовах недостатнього зволоження оптимальний режим зрошування – основа формування високих врожаїв.

Для визначення параметрів, при яких вдасться отримати урожай зерна в 10 т/га і зеленої маси в 60-70 т/га були проведені дослідження. Після аналізу було встановлено, що кукурудза витрачає 5-6 тисяч м<sup>3</sup> води, значна частина якої (50-70% і вище) становить зрошувальна норма. Оптимальним розподілом вологи протягом вегетаційного періоду багато в чому може визначатися ефективність зрошування. Максимальна водоспоживання кукурудзи припадає на наступні періоди [7]:

- фаза 9-11 листків,
- період викидання волосі,
- період формування зерна,

період молочної стиглості зерна.

Основний критичний період щодо вологи триває від 30 до 10 днів до викидання і близько 20 днів після викидання волосі. В цей час рослина споживає 40-45% води, необхідного в період вегетації. Якщо в цей період посуха (повітряна і ґрунтова) триває 2-3 дня, то врожайність знижується на 20%. Якщо ж посуха триватиме тиждень – втрати урожаю складуть близько 50%.

Аналіз досліджень, присвячених режимам зрошування кукурудзи і способам реалізації показав, що сумарне водоспоживання кукурудзи залежить від режимів зрошування і змінюється в діапазоні від 3250 до 4762 м<sup>3</sup>/га. В ідеальних умовах (при оптимальному зволоженні ґрунту) водоспоживання максимально становить 4762 м<sup>3</sup>/га. Рекомендується особливим способом проводити вегетаційні поливи, щоб отримати високий урожай кукурудзи, а саме, при зниженні вологості ґрунту в першу половину вегетації до 70%, далі, до молочно-воскової стиглості піднімати до 80%, і в подальшому знижувати її до 70% (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2. – До поливний поріг вологості в активному шарі ґрунту, % від НВ

Тип ґрунту	До критичного періоду	Критичний період	Після критичний період
Легкий	65-70	70-75	70-65
Середній	70-75	75-80	75-70
Важкий	75-80	80-85	80-75

За даними ВНДІ кукурудзи та інших науково-дослідних установ, вологість активного шару ґрунту протягом вегетації повинна підтримуватися поливами на рівні не нижче 60-65% НВ на легких, 70-75% НВ на середніх і 80% НВ – на важких за гранулометричним складом ґрунтах. Вологість ґрунту на посівах кукурудзи визначається тензометрією. Численні дослідження показують, що кукурудза краще багатьох культур відгукується на поліпшення водного режиму ґрунту. Завдяки цьому, вирощування кукурудзи на зрошуваних землях є важливим джерелом збільшення виробництва її зерна і зміцнення кормової бази тваринництва.

Найбільш раціональним є поливний режим кукурудзи, що забезпечує підтримку вологості ґрунту до фази 9-11 листків – 70% від НВ, під час «критичного періоду» - 80% НВ, після «критичного періоду» - 70-75% НВ [7].

Фертигація і краплинне зрошування знайшли своє місце в процесі виробництва сільськогосподарської продукції. Кошти, витрачені на закупівлю матеріалів і обладнання для краплинного зрошування в кілька разів перекриваються вигодою від отриманого врожаю. Урожайність кукурудзи при використанні краплинного зрошування можна збільшити аж до 60-70%, що є досить великим показником.

За даними науковців в Ізраїлі при краплинному поливі кукурудза збільшили врожайність на 72%, при середньому значенні врожаю 14,5 т/га. При краплинному поливі стабільно отримують 25 тон з гектара. В Україні врожайність кукурудзи на краплинному зрошуванні можливо збільшити на 60%. При середній врожайності 10 тон з гектара. При використанні краплинного зрошування отримали 16 тон кукурудзи з гектара. При вирощуванні кукурудзи на краплинному зрошуванні доцільно використовувати такі схеми розкладки крапельних стрічок при різних схемах посіву див. табл. 1.3.

Таблиця 1.3. – Розподіл крапельних стрічок, в залежності від схеми посіву кукурудзи.

Схема посіву кукурудзи, м.	Відстань між крапельними стрічками, м.	Відстань між крапельницями, м.	Витрати однієї крапельниці, л/год.	Розподіл крапельних стрічок
0,7x0,7	1,4	0,4-0,6	2,0-2,6	Через ряд
0,7x0,7	0,7	0,3	1,0-1,2	На кожен ряд
0,5x0,9	1,4	0,3	1,6-2,0	Через ряд
0,4x1,0	1,4	0,3	1,2-1,6	На кожен ряд

Густота стояння рослин при використанні вищевказаних схем посіву становить від 40 до 60 тис. шт./га., В залежності від строків дозрівання сортів і гібридів. Витрата однієї крапельниці розраховується залежно від гранулометричного складу ґрунту. Для найбільш повного використання переваг краплинного зрошування укладку

крапельних стрічок необхідно проводити одночасно з посівом. Найбільш доцільним є укладання крапельних стрічок на глибину 2-5 см. Після посіву і монтажу системи крапельного зрошування для отримання дружних сходів необхідно провести полив, поливною нормою 25-30 м<sup>3</sup>/га.

Отже при застосуванні краплинного зрошування кукурудзи на зерно необхідно враховувати біологічні особливості, вимоги до зволоження в процесі вегетації, споживання води, ґрунтові та кліматичні умови і відповідно до них визначати терміни і норми поливів.

## 1.6. Висновки за розділом 1

1. Проведений аналіз літературних джерел, дозволив висунути гіпотезу про ефективність застосування високоефективного ресурсозаощаджувального і екологічно безпечного режиму краплинного зрошування при вирощуванні кукурудзи на зерно з локально-точковим розподілом води, поживних речовин і засобів захисту через крапельниці. Тому подальше вдосконалення і розробка оптимальних режимів і параметрів краплинного зрошування, спрямованих на отримання максимальних врожаїв кукурудзи на зерно, є актуальною проблемою, якій присвячена кваліфікаційна робота.

2. Проаналізовано та описано характеристики існуючої технології вирощування кукурудзи на зерно яка використовується в ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

3. Узагальнено особливості технології вирощування кукурудзи на зерно з використанням краплинного зрошування Обрано шляхи удосконалення системи краплинного зрошування враховуючи біологічні особливості вирощуваної культури.

4. Встановлено, що локальне зволоження ґрунту при краплинному зрошуванні дозволяє більш раціонально використовувати воду і зменшити сумарне і середньодобове водоспоживання. Тому підтримування передполивної вологості ґрунту в автоматичному режимі, за середньодобовим водоспоживанням в кореневмісному шарі 0,7 м, дає підвищення врожайності та якості зерна кукурудзи.

## 2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Програма досліджень

Завданням експериментальних досліджень є визначення технологічних параметрів ресурсоощадливої технології краплинного зрошення при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

Враховуючи наукові задачі, до програми експериментальних досліджень було включено:

1. Визначити розподіл вологи в ґрунті і формування контурів зволоження в залежності від тривалості поливу, витрати крапельниці, перед поливної вологості ґрунту і параметрів поливної мережі в польових умовах.

2. Встановити особливості та закономірності водоспоживання кукурудзи в залежності від параметрів системи краплинного зрошення.

3. Вивчити вплив параметрів системи краплинного зрошення на основні показники зростання, розвитку і продуктивності кукурудзи на зерно.

4. Розробити проект режиму краплинного зрошення кукурудзи на зерно, що забезпечить підтримання сприятливого водного та живильного режимів кореневмісного шару ґрунту.

Для виконання вищевказаної програми експериментальних досліджень необхідно було вирішити наступні завдання:

- розробити технологічну карту на вирощування кукурудзи на зерно з використанням системи ресурсозаощадливого режиму краплинного зрошення адаптовану до умов ПП «Іссіда-Д» Диканського району Полтавської області;

- дослідити енергетичні і конструктивні показники роботи системи ресурсозберігаючого режиму краплинного зрошення кукурудзи в польових умовах;

- провести експерименти у відповідності із методикою їх планування та опрацювати результати досліджень.

Розробка методики експериментальних досліджень проводилася у відповідності з ГОСТ 24057-88 [8].

Експериментальні дослідження були розбиті на декілька етапів.

На першому етапі розроблено технологічну карту на вирощування кукурудзи на зерно з використанням системи ресурсозберігаючого режиму краплинного зрошення адаптовану до умов ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

На другому етапі теоретично розраховувалась система ресурсозберігаючого режиму краплинного зрошення кукурудзи на зерно.

На третьому етапі досліджень проводилися:

- встановлення залежності зміни середньої поливної норми від відстані між капельницями на зрошувальній стрічці та водовиливу капельниці;
- перевірка працездатності системи ресурсозберігаючого режиму краплинного зрошення кукурудзи на зерно;
- проведення оцінки економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно при різних параметрах системи краплинного зрошення.

Досліди виконувались за розробленою методикою двох факторного експерименту.

## 2.2 Розробка операційної технологічної карти на вирощування кукурудзи на зерно на крапельному зрошуванні

Технологічну карту на вирощування кукурудзи на зерно з використанням системи ресурсозаощадливого режиму краплинного зрошення розробляємо у відповідності до умов ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

Технологічна карта виробництва сільськогосподарських культур – це планові розрахунки, в яких у чіткій послідовності визначені порядок, обсяг, строки виконання заданих операцій, вказані технічні засоби і обслуговуючий персонал при виконанні операцій, а також розраховані техніко-економічні показники по кожній операції (продуктивність, затрати праці, витрата паливо-мастильних матеріалів, кількість виконаних нормозмін, умовних еталонних гектарів, прямі експлуатаційні витрати).

Технологічна карта – документ, в якому в певній послідовності і взаємозв'язку набрані найдоцільніші технологічні операції, способи їх виконання, набір сільськогосподарських машин, знарядь. Пристроїв, обладнання. Вона складається з 33 граф (див. додаток А).

Графи технологічних карт заповнюємо наступним чином [9].

У графу 1 «шифр операції» проставляємо порядковий номер і цей номер закріплюємо за операцією, під якою вона буде проходити у наступних розрахунках, а також в графічній частині.

У графу 2 «найменування операції» записуємо роботи, які визначені технологічною картою. Операції записуємо у хронологічній послідовності їх виконання.

У графу 3 «основні агротехнічні вимоги» проставляємо назви одиниць, в яких вимірюються обсяги робіт.

У графу 4 «обсяг робіт у фізичних одиницях» записуємо обсяг робіт із технологічної карти.

У графу 5 «календарні агротехнічні строки» записуємо строки, в які потрібно виконати весь обсяг робіт.

У графу 6 «кількість робочих днів» записуємо кількість робочих днів.

У графу 7 «тривалість робочого дня» записуємо час, який працюють за добу.

Тривалість робочого дня, годин; ( $T_{\text{дн}}$  може бути 7; 10; 14 годин). Приймаємо 14 годин.

У графу 8 «кількість змін» записуємо кількість змін за робочий день.

$$K_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{дн}}}{T_{\text{зм}}} = \frac{14}{7} = 2 \text{ зміни}$$

де  $T_{\text{дн}}$  – прийнята тривалість робочого дня, годин;

$T_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, годин ( $T_{\text{зм}} = 7 \text{ годин}$  – для звичайних робіт;  $T_{\text{зм}} = 6 \text{ годин}$  – для шкідливих робіт)

У графу 9 «марка трактора, самохідного шасі, автомобіля» записуємо певний енергетичний засіб, який найбільш доцільно взяти для виконання даної операції.

У графу 10 «марка зчіпки» записуємо марку зчіпки по необхідності.

У графу 11 «марка сільськогосподарської машини» записуємо найменування агрегату, який потрібен для виконання операції.

У графу 12 «кількість сільськогосподарських машин в агрегаті» записуємо кількість машин для виконання певної операції.

У графу 13 «трактористів-машиністів» записуємо кількість осіб, які потрібні для виконання операції.

У графу 14 «допоміжних робітників» записуємо кількість робітників, які потрібні для допомоги основним робітникам.

У графу 15 «норма виробітку агрегату за зміну» записуємо виробіток агрегату за зміну (7 годин).

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} = 63,2 \cdot 7 \cdot 0,95 = 420,28 \text{га}$$

У графу 16 «норма виробітку агрегату за агротехнічні строки» записуємо виробіток агрегату за термін агротехнічних строків.

У графу 17 «норма витрат палива на одиницю роботи» записуємо витрати палива на одиницю роботи.

У графу 18 «тракторів, самохідних шасі, автомобілів» записуємо кількість енергетичних засобів на весь обсяг робіт.

У графу 19 «зчіпок» записуємо кількість енергетичних засобів на весь обсяг робіт.

У графу 20 «сільськогосподарських машин» записуємо кількість сільськогосподарських машин на весь обсяг робіт.

У графу 21 «трактористів-машиністів» записуємо загальну кількість водіїв на весь обсяг робіт.

У графу 22 «допоміжних робітників» записуємо загальну кількість робітників, які потрібні для допомоги основним робітникам.

У графу 23 «палива» записуємо кількість палива на весь обсяг роботи на певну операцію.

$$Q = q_{\text{га}} \cdot F = 2,9 \cdot 600 = 1740 \text{кг}$$

У графу 24 «на одиницю роботи» записуємо затрати праці на одиницю роботи.

$$h_{za} = \frac{n_{обс}}{W_{год}} = \frac{2}{63,2} = 0,032 \text{ люд} \cdot \text{годин} / \text{га}$$

де  $n_{обс} = 2 \text{ робітника}$  – кількість обслуговуючого персоналу

У графу 25 «на весь обсяг робіт» записуємо затрати праці на весь обсяг роботи.

У графу 26 та 27 «питомі» та «загальні» записуємо експлуатаційні витрати.

У графі 28-32 «затрати часу по марках» записуємо час, який потрібен для виконання певної операції на обраній одиниці техніки.

У графу 33 «коефіцієнт» записуємо коефіцієнт переведення в умовні еталонні гектари.

*Розробка механізованої технологічної операції проведення передпосівного обробітку ґрунту.*

Для проведення передпосівного обробітку ґрунту вибираємо агрегат в складі трактора Т-150, культиваторів КПС-4 та зчіпки СП - 11. Питомий опір ґрунту  $K_0 = 2,3 \text{ кН/м}$ , величина підйому поля  $i = 0,03$  [9].

Визначаємо, згідно агротехнічних вимог, діапазон допустимих робочих швидкостей агрегату -  $V_{дон} = 6...12 \text{ км/год}$ , яка відповідає роботі трактора Т-150К на третій передачі другого режиму та першій передачі третього режиму [9].

Визначаємо робочі швидкості трактора з урахуванням буксування

$$V_m = 0,377 \frac{n_\partial \cdot r_3}{i_{mp}} (1 - \delta) \text{ км/год}, \quad (2.1)$$

де  $n_\partial$  – номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна,  $\text{хв}^{-1}$   
 $n_\partial = 2000 \text{ хв}^{-1}$ ;

$r_3$  – радіус ведучого колеса або зірочки трактора, м  $r_3 = 0,382 \text{ м}$  [9];

$i_{mp}$  – передаточне число трансмісії трактора;  $i_{mp2p3n} = 30,6$ ,  $i_{mp3p1n} = 25,5$  [9];

$\delta$  – коефіцієнт буксування рушія трактора, %, ( для гусеничного трактора  $\delta = 2...5\%$  ). Приймаємо  $\delta = 3\%$ .

$$V_m^{2p3n} = 0,377 \frac{2000 \cdot 0,382}{30,6} (1 - 0,03) = 9,13 \text{ км/год}$$

$$V_m^{3p1n} = 0,377 \frac{2000 \cdot 0,382}{25,5} (1 - 0,03) = 10,96, \text{ км/год}$$

Визначаємо тягове зусилля на гаку трактора з урахуванням умов його роботи:

$$P_{\text{зак}} = \frac{10 \cdot N_e \cdot \eta_{mp} \cdot i_{mp}}{n_{\delta} \cdot r_3} - G_{mp} (f \pm i), \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність двигуна, кН,  $N_e = 110,4 \text{ кН}$  [9];

$i_{mp}$  – передаточне число трансмісії трактора;  $i_{mp2p3n} = 30,6$ ,  $i_{mp3p1n} = 25,5$ .

$\eta_{mp}$  – к.к.д. трансмісії трактора,  $\eta_{mp} = 0,88$ ;

$n_{\delta}$  – частота обертання колінчастого валу двигуна,  $\text{хв}^{-1}$   $n_{\delta} = 2000 \text{ хв}^{-1}$ ;

$r_3$  – радіус ведучого колеса або зірочки трактора, м  $r_3 = 0,382 \text{ м}$ ;

$G_{mp}$  – вага трактора, кН.,  $G_{mp} = 77,4 \text{ кН}$ .

$$P_{\text{зак}}^{2p3n} = \frac{10 \cdot 110,4 \cdot 0,88 \cdot 30,6}{2000 \cdot 0,382} - 77,4(0,08 + 0,03) = 30,4, \text{ кН}$$

$$P_{\text{зак}}^{2p2n} = \frac{10 \cdot 110,4 \cdot 0,88 \cdot 25,5}{2000 \cdot 0,382} - 77,4(0,08 + 0,03) = 23,92, \text{ кН}$$

Визначаємо максимальну ширину захвату агрегату.

$$B_{\text{max}} = \frac{P_{\text{зак}}}{K_0}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

де  $K_0$  – питомий опір ґрунту з поправкою на швидкість, кН/м;

$$K_v = K_0 [1 + \Pi(V_p - V_o)], \text{ кН/м}, \quad (2.4)$$

де  $\Pi$  – коефіцієнт приросту опору культиватора, кН/м,  $\Pi = 0,025 \text{ кН/м}$ .

$$K_v^{2p2n} = 2,3 \cdot [1 + 0,025 \cdot (9,13 - 5)] = 2,54, \text{ кН/м}$$

$$K_v^{3p1n} = 2,3 \cdot [1 + 0,025 \cdot (10,96 - 5)] = 2,64, \text{ кН/м}$$

$$B_{\text{max}}^{2p3n} = \frac{30,4}{2,54} = 11,97, \text{ м}$$

$$B_{\text{max}}^{3p1n} = \frac{23,92}{2,64} = 9,06, \text{ м}$$

Виходячи з отриманої ширини захвату на третій передачі другого режиму і першій передачі першого режиму приймаємо зчіпку марки СП-11 [9].

Уточнюємо максимальну ширину захвату агрегату з використанням зчіпки:

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{зак}} - R_{\text{зч}}}{K_v}, \text{ м}, \quad (2.5)$$

де  $R_{\text{зч}}$  – опір зчіпки, кН.

$$R_{\text{зч}} = G_{\text{зч}}(f + i), \text{ кН}, \quad (2.6)$$

де:  $G_{\text{зч}}$  – експлуатаційна вага зчіпки, кН,  $G_{\text{зч}} = 9,1 \text{ кН}$ ;

$f$  – коефіцієнт опору кочення сільськогосподарської машини,  $f = 0,14$ ;

$$R_{\text{зч}} = 9,1 \cdot (0,14 + 0,03) = 1,55, \text{ кН}$$

$$B_{\max}^{2p3n} = \frac{30,4 - 1,55}{2,54} = 11,36, \text{ м}$$

$$B_{\max}^{3p1n} = \frac{23,92 - 1,55}{2,64} = 8,47, \text{ м}$$

Визначаємо кількість машин в агрегаті:

$$n = \frac{B_{\max}}{B_k}, \quad (2.7)$$

де  $B_k$  – конструктивна ширина захвату культиватора, м  $B_k = 4 \text{ м}$ .

$$n^{2p3n} = \frac{11,36}{4} = 2,84$$

$$n^{3p1n} = \frac{8,47}{4} = 2,12$$

Отримані значення заокруглюємо до меншого цілого числа.

Визначаємо тяговий опір агрегату за формулою:

$$R_{\text{агр}} = K_v \cdot n \cdot B_k + R_{\text{зч}}, \text{ кН}$$

$$R_{\text{агр}}^{2p3n} = 2,54 \cdot 2 \cdot 4 + 1,55 = 21,87, \text{ кН}$$

$$R_{\text{агр}}^{3p1n} = 2,64 \cdot 2 \cdot 4 + 1,55 = 22,67, \text{ кН}$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора за формулою:

$$\eta_{\text{мз}} = \frac{R_{\text{агр}}}{P_{\text{зак}}}, \quad \eta_{\text{мз}}^{2p3n} = \frac{21,87}{30,4} = 0,72$$

$$\eta_{\text{мз}}^{3p1n} = \frac{22,67}{23,92} = 0,95$$

Порівнюємо отримані значення робимо висновок про правильний вибір основної та резервної передачі. Дані розрахунків заносимо в Додаток А.

### 2.3. Методика проведення експериментальних досліджень

Математичні методи планування експерименту можуть застосовуватися для розв'язання багатьох задач, у тому числі й для побудови інтерполяційних формул (математичних моделей) різних порядків.

#### 1. Послідовність проведення повного факторного експерименту.

Для побудови математичної моделі першого порядку у вигляді відрізка степеневого ряду (полінома) доцільно використати повний факторний експеримент ПФЕ  $2^m$ , у якому фактори  $X_j$  змінюються на двох рівнях:  $X_{j\min} \leftrightarrow (-1)$  і  $X_{j\max} \leftrightarrow (+1)$ . Нижче, на рис. 2.1, наведено кібернетичну схему (чорний ящик) досліджуваного об'єкта (ДО) при кількості факторів  $m = 2$  і кількості функцій відгуку  $Y$  для  $k = 1$ .

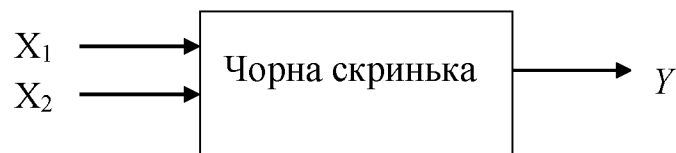


Рисунок 2.1 – Кібернетична схема досліджуваного об'єкта.

Математична модель такого об'єкта дослідження має вигляд [10-12]:

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2, \quad (2.8)$$

де:  $X_1, X_2$  – фактори;

$y$  – функція відгуку;

$B_0, B_1, B_2$  - невідомі коефіцієнти;

План експерименту при цьому має відповідати всім вимогам теорії планування багатofакторного експерименту. Фактори в плані повинні бути наведені в кодованому вигляді. Тоді пошукова математична модель має вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2, \quad (2.9)$$

де:  $x_1, x_2$  – кодовані значення відповідних натуральних факторів  $X_1$  й  $X_2$ , які в загальному вигляді обчислюються за формулою (2.8);

Для обчислення або знаходження невідомих коефіцієнтів у загальному вигляді використовується план ПФЕ  $2^m$ , що має відповідати вимогам теорії планування експерименту: симетричності, ортогональності й нормуванню.

Невідомі коефіцієнти в цьому випадку будуть обчислюватися за формулою:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ei} x_{ji}}{\sum_{i=1}^n x_{ji}^2}, \quad (2.10)$$

де:  $y_{ei}$  – середнє арифметичне, тобто числова величина експериментального значення функції відгуку в  $i$ -му досліді, тобто в  $i$ -му рядку плану;

$x_{ji}$  – кодоване значення  $j$ -го фактора в  $i$ -му досліді або  $i$ -му рядку;

При коефіцієнті дублювання  $k_D = 3$

$$y_{ei} = \frac{y'_{ei} + y''_{ei} + y'''_{ei}}{3}, \quad (2.11)$$

Обираємо за досліджуваній об'єкт середню поливну норму краплинного зрошування кукурудзи на зерно і вибираємо число факторів  $m = 2$ . Фактор  $X_1$  - відстань між крапельницями на зрошувальній стрічці, м, фактор  $X_2$  - водовилив однієї крапельниці, л/год, а як функцію відгуку  $Y$  - середня поливна норма  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Виберемо граничні рівні факторів  $X_{j\min}$  і  $X_{j\max}$  і знайдемо їх кодовані значення  $x_j$  за формулою [10-12]

$$x_j = \frac{X_j - X_{j\text{сє}}}{h_j}, \quad (2.12)$$

де:  $X_{j\text{сє}}$  – середнє значення  $j$ -го фактора  $X_{j\text{сє}} = \frac{X_{j\min} + X_{j\max}}{2}$ ;

$h_j$  – крок варіювання  $j$ -го фактора  $h_j = X_{j\max} - X_{j\text{сє}} = X_{j\text{сє}} - X_{j\min}$ ;

$X_j$  - натуральне значення  $j$ -го фактора.

Визначимо граничні і середні рівні факторів й відповідні їм кодовані значення:

$$X_{1\min} = 0,1\text{м} \leftrightarrow x_{1\min} = -1; \quad X_{2\min} = 0,6\text{л/год} \leftrightarrow x_{2\min} = -1;$$

$$X_{1\max} = 0,6\text{м} \leftrightarrow x_{1\max} = +1; \quad X_{2\max} = 2,6\text{л/год} \leftrightarrow x_{2\max} = +1;$$

$$X_{1cep} = \frac{0,6+0,1}{2} = 0,35M \leftrightarrow x_{1cep} = 0; \quad X_{2cep} = \frac{0,6+2,6}{2} = 1,6л/год \leftrightarrow x_{2cep} = 0;$$

$$h_1 = 0,6 - 0,35 = 0,35 - 0,1 = 0,25M; \quad h_2 = 2,6 - 1,6 = 1,6 - 0,6 = 1,0л/год.$$

Результати розрахунку зводимо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Граничні рівні і відповідні їм кодовані значення факторів  $X_1$  і  $X_2$

Фактори		$X_1(L)$	$X_2(q)$
Одиниця вимірювання		м	л/год
Крок варіювання, $h_j$		0,25	1,00
Рівні факторів	-1	0,10	0,60
	0	0,35	1,60
	+1	0,60	2,60

Зобразимо модель у кодованому вигляді по таблиці 1.1. Для визначення невідомих коефіцієнтів  $b_0, b_1, b_2$  знаходимо число дослідів за формулою  $m = 2^m = 2^2 = 4$

Відповідно до правила побудови (стовпці  $x_0 = +1$  у всіх рядках, а в стовпцях  $x_j$  знак плюс чергується зі знаком мінус через  $2^{j-1}$ ) складаємо план ПФЕ  $2^2$  див. табл. 2.2

Таблиця 2.2 – План повного двофакторного експерименту ПФЕ  $2^2$  [10].

Умови експерименту				Результати експерименту				Результати розрахунків		
	$j = 0$	$j = 1$	$j = 2$							
$i$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$y'_{ei}$	$y''_{ei}$	$y'''_{ei}$	$y_{ei}$	$y'_{pi}$	$y_{ei} - y'_{pi}$	$\Delta\%$
1	+1	+1	+1	$y_{11}$	$y_{12}$	$y_{13}$	$y_{cp1}$	$y'_{pi1}$	$y_{ei1} - y'_{pi1}$	$\Delta_1\%$
2	+1	-1	+1	$y_{21}$	$y_{22}$	$y_{23}$	$y_{cp2}$	$y'_{pi2}$	$y_{ei2} - y'_{pi2}$	$\Delta_2\%$
3	+1	+1	-1	$y_{31}$	$y_{32}$	$y_{33}$	$y_{cp3}$	$y'_{pi3}$	$y_{ei3} - y'_{pi3}$	$\Delta_3\%$
4	+1	-1	-1	$y_{41}$	$y_{42}$	$y_{43}$	$y_{cp4}$	$y'_{pi4}$	$y_{ei4} - y'_{pi4}$	$\Delta_4\%$
5	+1	+1	-1	$y_{51}$	$y_{52}$	$y_{53}$	$y_{cp5}$	$y'_{pi5}$	$y_{ei5} - y'_{pi5}$	$\Delta_5\%$
6	+1	-1	-1	$y_{61}$	$y_{62}$	$y_{63}$	$y_{cp6}$	$y'_{pi6}$	$y_{ei6} - y'_{pi6}$	$\Delta_6\%$
7	+1	0	1	$y_{71}$	$y_{72}$	$y_{73}$	$y_{cp7}$	$y'_{pi7}$	$y_{ei7} - y'_{pi7}$	$\Delta_7\%$
8	+1	0	1	$y_{81}$	$y_{82}$	$y_{83}$	$y_{cp8}$	$y'_{pi8}$	$y_{ei8} - y'_{pi8}$	$\Delta_8\%$
9	+1	0	0	$y_{91}$	$y_{92}$	$y_{93}$	$y_{cp9}$	$y'_{pi9}$	$y_{ei9} - y'_{pi9}$	$\Delta_9\%$

Виконуємо перевірку відтворюваності дослідів, оцінку значимості коефіцієнтів регресії, а також перевіряємо адекватність моделі [13]:

а) перевірку відтворюваності дослідів виконуємо по критерію Кохрена:

$$\sigma_T = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2} \leq \sigma_T(0,05; f_n; f_u); \quad (2.13)$$

де 0,05 – 5% - ний рівень значимості;

$f_n = n$  – число незалежних оцінок дослідів (кількість дослідів);

$f_n = m - 1$  - число ступенів вільності;

$S_u^2$  – дисперсія, що характеризує розсіювання результатів дослідів;

$m$  – число повторювань.

$$S_u^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_{cp} - y_u)^2}{m - 1}, \quad (2.14)$$

Процес відтворюваний якщо виконується нерівність по критерію Кохрена.

б) Оцінювання значимості коефіцієнтів регресії виконуємо за допомогою критерія Стюдента:

$$|b_i| \geq b_i = t_{(0,05; f_y)} \cdot \frac{\sqrt{S_u^2}}{\sqrt{n}}, \quad (2.15)$$

де  $t_{(0,05; f_y)}$  – дисперсія відтворюваності (помилка дослідів) визначаємо за формулою:

$$S_u^2 = \frac{\sum_{u=1}^n S_u^2}{n}, \quad (2.16)$$

Отримані по розрахункам коефіцієнти регресії значимі, якщо виконується умова по критерію Ст'юдента.

в) Перевірку адекватності лінійної моделі виконуємо за допомогою критерію Фішера:

$$F = \frac{S_{oo}^2}{S_y^2} \leq F_{(0,05; f_{oo}; f_y)}, \quad (2.17)$$

де  $f_{oo}$  – число ступенів вільності дисперсії адекватності;

$f_y$  – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності;

$F_{(0,05; f_{oo}; f_y)}$  – критерій Фішера при 5% рівні значимості;

$S_{\infty}^2$  – дисперсія адекватності:

$$S_{\infty}^2 = \frac{\sum_{u=1}^u (y_u - y_{\text{упро}})}{n-d}, \quad (2.18)$$

де  $y_{\text{упро}}$  – розрахункове значення відгуку в  $u$ -му досліді;

$d$  – число коефіцієнтів моделі, що визначаємо.

Модель адекватна, якщо виконується умова по критерію Фішера.

## 2.4 Методика визначення вологості ґрунту

Перед початком роботи визначались умови проведення польових досліджень, що включали визначення стану ґрунту на дослідній ділянці, (вологість, щільність, твердість) [14-17]. Тип ґрунту, вибирали із карти ґрунтів досліджуваного господарства, а саме з тієї ділянки, де будуть проводитися польові дослідження з відповідним його типом.

Вологість і твердість ґрунту визначались до і після проведення польових експериментів відповідно до стандартної методики [15-17].

Для визначення вологості ґрунту використовувався термостатно-ваговий метод. Проби ґрунту для визначення вологості ґрунту відбирались за допомогою ґрунтових бурів. Для відбору зразків користувались буром Некрасова [15, 16].

Оскільки вологість ґрунту постійно змінюється, то її визначали декілька раз за період спостережень. Строки її визначення пов'язані з строками виконання окремих польових дослідів експерименту. Враховуючи поставлену мету, вологість визначаємо в зволожувальному (0...0,70 м) шарі ґрунту.

Зразки ґрунту відбирали по довжині розташування крапельного трубопроводу рівні проміжки в 10 – 15 місцях в 3-х разовому повторенні, та засипали в бюкси. Бюкси з вологим ґрунтом зважували, а потім висушували у сушильній шафі при температурі 105 °С до сталої маси. Вологість ґрунту обчислювалась за формулою [15]:

$$W = \frac{M_B - M_C}{M_C - M_B}, \quad (2.19)$$

де  $W$  – абсолютна вологість ґрунту, %;

$M_B$  – маса бюкси з вологим ґрунтом, г;

$M_C$  – маса бюкси з сухим ґрунтом, г;

$M_B$  – маса самої бюкси, г.

Твердість ґрунту визначали за допомогою твердоміра Ю.Ю. Рев'якіна згідно стандартної методики (ДСТУ 5096:2008) [15, 16, 17].

## 2.5. Методика визначення середньої поливної норми

Для визначення середньої поливної норми використовуємо ротаційний лічильник води ЛК-15Х див. рис 2.2 звичайного виконання класу точності 1,0 призначений для вимірювання питомої витрати рідин.



Рисунок 2.2. – Фото ротаційного лічильника ЛК-15Х.

Технічна характеристика ротаційного лічильника з прямими лопатями представлена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. – Технічна характеристика ротаційного лічильника ЛК-15Х

Показник	Значення	Показник	Значення	Показник	Значення
ID Категорії	97	Вага, кг	1	Різьба	$\frac{3}{4}$
Висота, мм	85	Тип	Холодна вода	Діаметр, дюйм	$\frac{1}{2}$ ;
Діаметр, мм	15	Матеріал	Латунь	Продуктивність м <sup>3</sup> /год	1,5
Ширина, мм	80	Тиск, бар	10	Діапазон робочої температури, °С	+5...+30

Основним елементом приладу є встановлений ексцентрично в корпусі ротор, забезпечений лопатями. При обертанні ротора лопаті під дією пружин завжди залишаються притиснутими до внутрішньої поверхні корпусу. Протікаючи через лічильник, рідина тисне на лопаті і приводить в обертання ротор, який в свою чергу переганяє рідина до вихідного патрубку. Число обертів ротора фіксується і визначає об'єм рідини, пропущеної через лічильник. Редуктор лічильного механізму перетворює число оборотів крильчатки, пропорційно обсягу води, що проходить через лічильник, в показники роликів рахункового пристрою. Відносна похибка вимірювань ротаційних лічильників з прямими лопатями не перевищує 0,2-0,3%.

*Підготовка приладу до роботи.* Перед використанням необхідно прочитати інструкцію до використання приладів. Змонтувати систему крапельного зрошування, увімкнути і дати попрацювати протягом 10 хвилин. Провести калібрування приладів у відповідності до інструкції з експлуатації.

*Вимірювання поливної норми.* За допомогою лабораторного обладнання що приєднано за схемою краплинного зрошування монтуємо по чергово крапельні стрічки з відстанню між крапельницями 0,1, 0,35 та 0,6 м. та встановлюємо водовилив відповідно 0,6 1,6, та 2,6 м., згідно програми експерименту.

Для кожного встановленого фактору виконуємо відлік параметрів середньої поливної норми по шкалі ротаційного рахункового лічильника. Результати вимірювань заносимо в додаток Б.

Порядок виконання аналізу методів вимірювань. Приймаючи показники роликового рахункового пристрою лічильника ЛК-15Х за дійсні значення вимірювань середньої поливної норми, розраховуємо відносну похибку кожного методу вимірювання за формулою:

$$\delta = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{\max}} \cdot 100\%, \quad (2.20)$$

де  $n_{\max}$  і  $n_{\min}$  – максимальне та мінімальне значення середньої поливної норми при 5 -ти кратному повторюванні.

## 2.6 Методика вимірювання відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці

При проведенні досліджень використана наступна методика визначення відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці.

1. Відстань між крапельницями на зрошувальній стрічці визначалась в метрах. Відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці визначали за допомогою лінійки довжиною 1 м. Для усунення похибки вимірювань, лінійку на поверхню зрошувальної стрічки клали повздовж, див рис. 2.3.

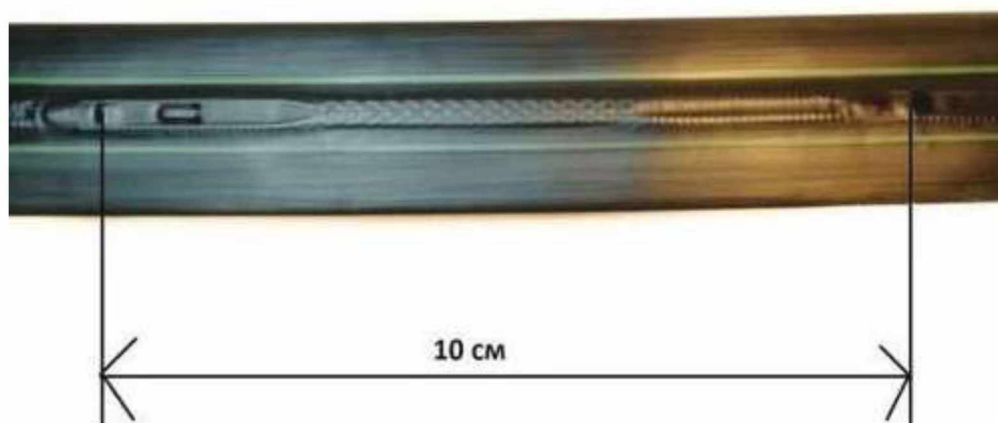


Рисунок 2.3. – Визначення відстані між крапельницями зрошувальної стрічки

Вимірювання відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці проводили згідно [14] по всій довжині залікової ділянки поливного трубопроводу. Приймали повторність 5 разів та визначали середнє значення відстані  $l_{cp}$  [14]:

$$l_{cp} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}, \text{ м}, \quad (2.21)$$

де  $l_1, l_2, l_n$  – фактичні результати вимірювань відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці, м;

$n$  – кількість вимірювань.

## 2.7 Методика визначення водовиливу однієї крапельниці

Оскільки одиницею об'єму є літр (л) (позасистемна розмірна одиниця):  $1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3$ . Водовилив однієї крапельниці (об'єм рідини) можна визначити шляхом прямих вимірювань за допомогою мірного циліндра (рис. 2.4) або мензурки.



Рисунок 2.4. – Мірний циліндр

Для вимірювання водовиливу однієї крапельниці за допомогою мірного циліндра необхідно:

а) Увімкнути секундомір та розташувати мірний циліндр під крапельницею, щоб рідина потрапляла безпосередньо в посудину: вона набуде форми посудини, а їхня вільна поверхня розташується на певній висоті (необхідно домогтися, щоб вільна

поверхня рідини була горизонтальною);

б) зупинити секундомір та визначити, навпроти якої позначки шкали розташована поверхня стовпа рідини (рис. 2.4) або сипкого матеріалу;

в) знаючи ціну поділки шкали, з'ясувати об'єм рідини.

г) розрахувати який об'єм рідини за годину часу (водовилив) однієї крапельниці отриманий. Використовуємо формулу:

$$q = \frac{V}{t}, \text{ л/год}, \quad (2.22)$$

де  $V$  – об'єм води в мірному циліндрі, л;

$t$  – час наповнення води в мірному циліндрі, год.

Вимірювання водовиливу однієї крапельниці зрошувальної стрічки проводили згідно по всій довжині залікової ділянки поливного трубопроводу. Приймали повторність 5 разів та визначали середнє значення водовиливу  $q_{cp}$  [14]:

$$q_{cp} = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n}, \text{ л/год}, \quad (2.23)$$

де  $q_1, q_2, q_n$  – фактичні результати вимірювань водовиливу однієї крапельниці на зрошувальній стрічці, л/год;

$n$  – кількість вимірювань.

## 2.8. Висновки за розділом 2

1. Для проведення польових досліджень розроблена технологічна карта на вирощування кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливого режиму краплинного зрошення кукурудзи на зерно в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області.

2. Середню поливну норму запропоновано визначити при відстані між крапельницями 0,1, 0,35 та 0,6 м. та водовиливу однієї крапельниці 0,6 1,6, 2,6 л/годину.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1. Проект системи краплинного зрошування

Розглянемо етапи проектування системи краплинного зрошування.

*1. Розрахуємо кількість емітерів з витратою 1,5 л/год.*

У відповідності до технологічних параметрів зрошувальної системи приймаємо, що нам необхідна вода для покриття не менше 60% площі живлення рослини.

Площа живлення рослини  $S = 3,35 \cdot 1,8 \cdot 0,5 = 3 \text{ м}^2$

60% покриття  $S_{\text{покриття}} = 3 \cdot 0,6 = 1,8 \text{ м}^2$

Ґрунт суглинистий, і радіус зволоження кожної крапельниці складає приблизно 1,2 м., покриття кожним крапельним водовипуском наступне:

Площа  $S = \pi \cdot R^2$

Покриття  $P = \pi \cdot 0,6^2 = 1,13$

Кількість емітерів на рослину  $n = \frac{1,8}{1,13} = 1,6$

Тому при двох крапельницях на рослину відстань між поливними трубопроводами системи краплинного зрошування становитиме 1,4 м., рис. 3.1.

*2. Визначаємо водовилив, кількість літрів на рослину.*

Розраховуємо максимальну потребу рослини у воді.

Літрів на рослину  $W = A \cdot B \cdot S$

де  $A$  – коефіцієнт культури  $A = 0,7$

$B$  – максимальне випаровування з випарника в день  $B = 9 \text{ мм/день}$

$S$  – Площа живлення рослини  $S = 3,35 \cdot 1,8 \cdot 0,5 = 3,015 \text{ м}^2$

Тоді  $W = 0,7 \cdot 9 \cdot 3 = 19$  літрів на рослину в день.

Витрата води в системі на рослину з двома крапельницями становитиме

$W_{\text{2крапельниця}} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ л/год}$ . Робота в годинах за зміну  $T = \frac{19}{3} = 6,33 \text{ години}$ . Дана система

могла б працювати у дві зміни (в двох зонах), тривалістю 12,7 годин в день.



Рисунок 3.1. – Фото розташування стрічок краплинного зрошування в міжряддях

### 3. Проектуємо поливний трубопровід.

Використовуємо трубопроводи «Дрип-ін класік», які мають витрату 1,5 л/год, за умови дотримання тиску 100 кПа, це дає нам вибір труб діаметром 16 або 20 мм. Визначаємо розрахунковий допуск для трубопроводу «Дрип-ін класік» з витратою 1,5 л/год, при  $\pm 5\%$ -ій змінній витрата складе 1,4 м.  $SDR = \frac{1,5}{0,9} = 1,67 \text{ л/год/м}$ , де  $SDR$  - питома витрата води. При використанні 16-міліметрового трубопроводу «Дрип-ін класік» (внутрішній діаметр – 14 мм.) робоча крива становить 22,5. Креслимо контурні профілі поливного трубопроводу для блоків згідно рисунку 3.1.



Рис. 3.2. – Контурний профіль розподільчого трубопроводу

Змонтований поливний трубопровід у польових умовах представлений на рис.

3.2

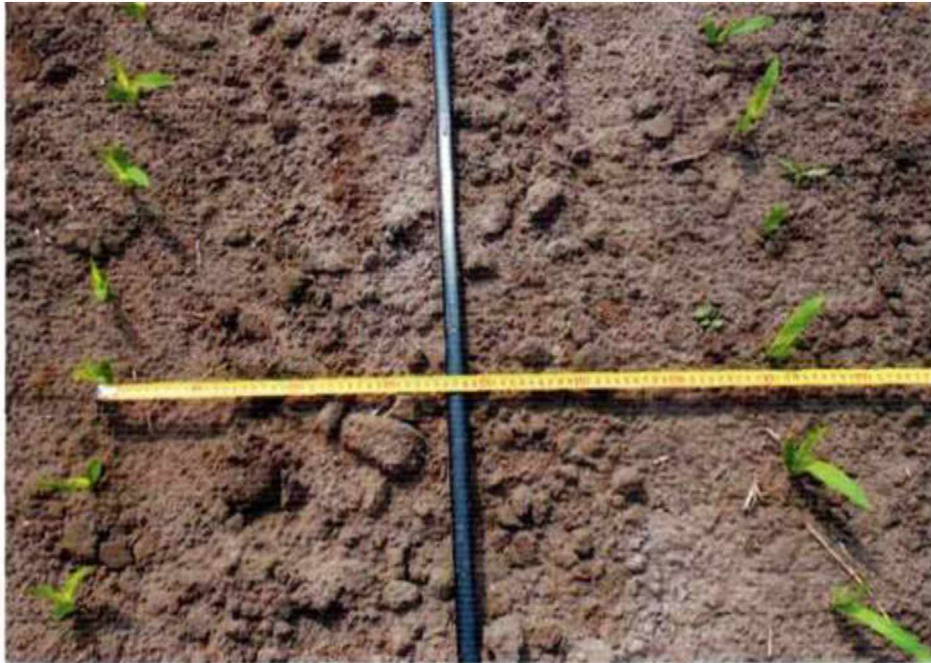


Рисунок 3.3. – Фото розташування краплинної стрічки у міжрядді

4. проектуємо відгалуження від магістрального трубопроводу.

$SDR$  (питома витрата води) у відгалуженні від магістрального трубопроводу розраховуємо:  $SDR = \frac{1,67 \cdot 180}{3,35} = 90 \text{ л/год/м.}$

За умови використання 50-міліметрової полівінілхлоридної труби класу 6 (внутрішній діаметр 57 мм) робоча крива складає 21.

Креслимо контурні профілі відгалуження від магістрального трубопроводу для блоків згідно рисунку 3.4. нижче:



Рис. 3.4. – Контурний профіль відгалуження від магістрального трубопроводу

Встановлюємо кран для блока по середині відгалуження від магістрального трубопроводу.

*5. Калібруємо і вибираємо комплекти розподільчих клапанів для блоку.*

Загальна витрата води для блоку – 24 ряда становить.

$$W_{\text{блока}24} = 24 \cdot 1,67 \cdot 180 = 7,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

У відповідності до графіка втрати на тертя на клапані «Галф», встановлюємо, що нам підходить відкалібрований клапан FBSPом 50- міліметровий, втрати на тертя в якому складають 5 кПа.

Передбачаємо також фільтр F50 як польовий запасний на випадок прориву труби магістрального трубопроводу. Втрата тиску при проходженні води через фільтр при витраті води  $7,2 \text{ м}^3 / \text{год}$  становить 0,8 м (8 кПа).

*6. Калібруємо магістральний трубопровід.*

Загальна витрата води в магістральному трубопроводі складає  $7,2 \text{ м}^3 / \text{год}$  ( $2,00 \text{ л} / \text{с}$ ). Ми повинні підтримувати швидкість не нижче  $1,5 \text{ м} / \text{с}$  і отримати економічно вигідний розмір труби. Дивлячись на графік, ми повинні вибрати 80-міліметрову полівінілхлоридну трубу класу 6, яка дає 5м/1000м труби. Довжина магістрального трубопроводу 400 м. Втрати на тертя становитимуть  $\varphi = 400 \cdot \frac{5}{1000} = 2 \text{ м}$ .

*7. Вибираємо систему фільтрації.*

Джерело води відкрите, тому воно може містити велику кількість органічних речовин, тому краще за все використовувати піщану фільтрацію. Вибираємо піщаний фільтр марки «Кліерфло SS» модель 224. Нам потрібно враховувати 5м втрати напора, коли фільтр повністю забруднений перед черговим промиванням.

*8. Підраховуємо потребу системи в нормі напору води.*

Робочий тиск – 12 м.

Розподільчий клапан – 1,5м.

Магістральний трубопровід – 2м.

Фільтрація – 5м.

Статистичний рівень води – 5м.

Фітінги/різне (10%) – 2,7м.

Всього: 29м при  $7,2\text{м}^3 / \text{год}$

### 9. Вибираємо систему фертигації.

Маємо по плану впорскувати хімікати та добрива в систему краплинного зрошування. Нам потрібно максимум 500ppm (частин на мільон) добрив, тому норма впорскування становитиме:  $\lambda = \frac{500}{1000000} \cdot 12000 = 6,1\text{л} / \text{год}$  впорскування (всмоктування).

Проаналізувавши таблицю впорскування Маззея, визначаємо, що достатньо моделі 584.

### 10. Підбір системи електро-живлення.

Використовуючи графік та знаючи потужність двигуна водяного насоса, приймаємо 1,5мм загальна  $1,5\text{мм}^2$ . Креслимо загальну схему монтажу системи краплинного зрошування (див рис.3.5)

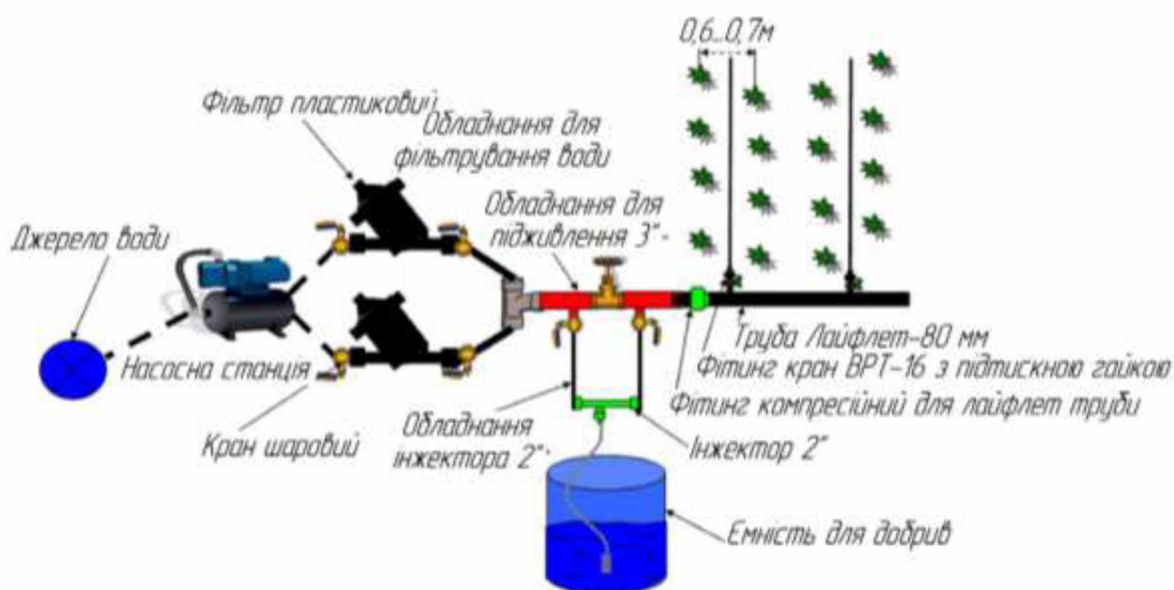


Рисунок 3.5. – Загальна схема монтажу системи краплинного зрошування

3.2. Результати дослідження ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування на витрату води при поливах кукурудзи на зерно

Полеві дослідження проводилися в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області рис. 3.6. Досліджували вплив на середню поливну норму відстані

між крапельницями на зрошувальній стрічці та водовилив однієї крапельниці. Значення вологості, твердості в день проведення досліджень приведені в таблиці 3.1.



а)

б)

а) крапельна трубка на поверхні ґрунту; б) робота крапельної трубки

Рисунок 3.6. – Фото крапельне зрошування кукурудзи в польових умовах

Середньоквадратичне відхилення середньоарифметичного значення представлені у Додатку Г.

Таблиця 3.1 – Значення вологості, твердості в день проведення досліджень

Глибина, м	Вологість ґрунту, відсотки	Твердість ґрунту, МПа
0,01...0,2	61,75	$3,34 \pm 0,23$
0,2...0,4	49,96	$2,28 \pm 0,11$
0,4...0,6	28,67	$1,10 \pm 0,12$

В ході проведених досліджень фізико-механічних властивостей ґрунту та за допомогою число-імітаційного моделювання визначено закономірності впливу властивостей ґрунту на видимі контури змочування в перерізі ґрунту табл. 3.2.

Таблиця 3.2. – Глибина і ширина контуру змочування ґрунту при краплинному зрошуванні кукурудзи на зерно за середньої витрати води однієї крапельниці 1,5 л/год.

Схема розташування трубопроводу показник, см	Тривалість поливу, хв			
	30	60	90	120
На поверхні ґрунту, глибина змочування	22	48	72	84
Ширина зволоження від вісі крапельниці	14-20	30-36	50-56	64-72

Проведені дослідження показали, що найбільше впливає на розміри контурів зволоження величина поливної норми, яка визначається за тривалістю поливу. При відстані між крапельницями 50 см, на розглянутих ґрунтах створюється зона суцільного зволоження вздовж усього ряду з коефіцієнтом зволоження більше 95%, яка відбувається через 60-90 хв (рис. 3.7).

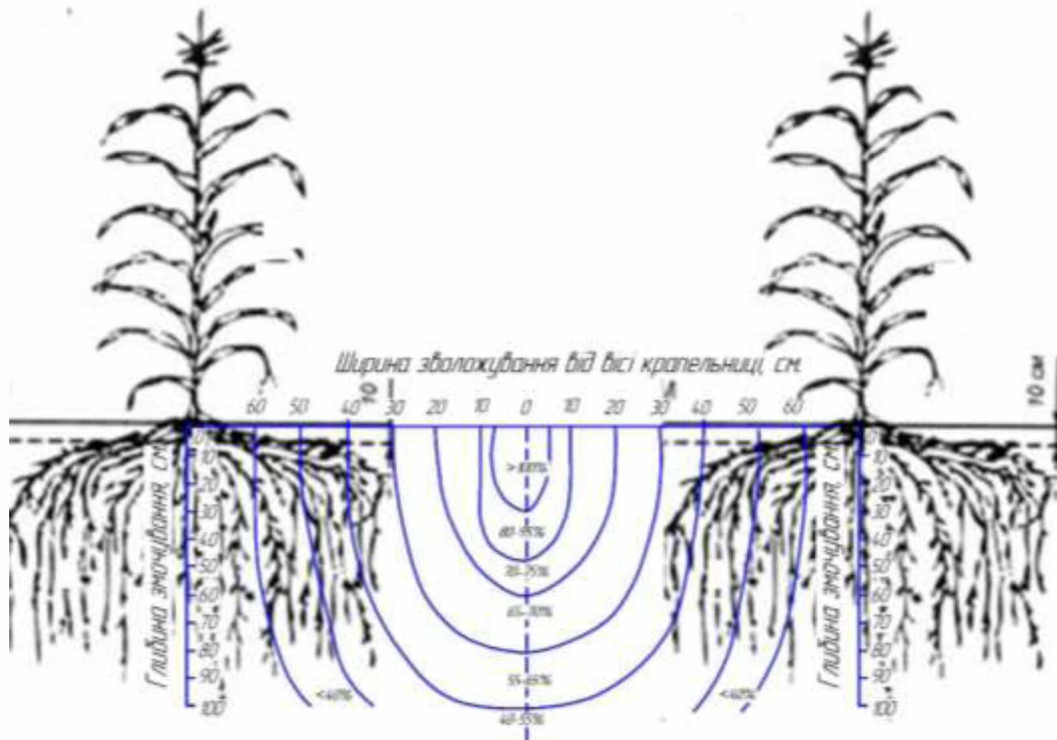


Рисунок 3.7. – Контур зволоження ґрунту при вирощуванні кукурудзи

При відстані між крапельницями 50 см змикання контурів зволоження відбувається виключно при тривалості поливу 120 хв. Результати моделювання також показали на більш рівномірне зволоження кореневого шару при розташуванні крапельниць в межах 0,475...0,525 м.

Отримані результати польових досліджень дають можливість стверджувати, що оптимальні показники середньої поливної норми при краплинному зрошуванні кукурудзи на зерно при укладанні крапельних стрічок через ряд на відстані 1,4 м, та розташуванні крапельниць на них через 0,5 м, з водо виливом кожної 1,57 л/год. Опрацювавши експериментальні дані (див. табл. 3.3) було отримано рівняння регресії в кодованому вигляді.

Таблиця 3.3. – Статистичні показники середньої поливної норми зрошування

Умови експерименту				Результати експерименту				Результати розрахунків		
	$j = 0$	$j = 1$	$j = 2$							
$i$	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$y'_{ei}$	$y''_{ei}$	$y'''_{ei}$	$y_{ei}$	$y'_{pi}$	$y_{ei} - y'_{pi}$	$\Delta\%$
1	+1	-1	-1	39	42	45	42	41	1	2,38
2	+1	+1	-1	30	29	31	30	32	2	6,25
3	+1	-1	+1	181	185	180	182	185	3	1,62
4	+1	+1	+1	14	11	11	12	12	0	0
5	+1	-1	0	111	110	115	112	111	1	0,89
6	+1	+1	0	20	20	17	19	20	1	5,26
7	+1	0	-1	11	11	12	12	12	0	0
8	+1	0	+1	52	50	54	52	54	2	3,85
9	+1	0	0	33	30	33	32	33	1	3,13

Для середньої поливної норми:

$$y = 31,5556 - 45,8333 \cdot X_1 + 27,0000 \cdot X_2 + 34,1667 \cdot X_1^2 - 39,5000 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,6667 \cdot X_2^2, \quad (3.1)$$

де:  $X_1$  – параметр відстані між крапельницями зрошувальної стрічки;

$X_2$  – параметр водо виліву однієї крапельниці.

Отримані рівняння досліджувалися за допомогою програмного пакету Statistika [12, 18]. Графік інтерпретації та карта ліній рівнів регресії представлені рис. 3.8, 3.9.

$$Y = 31,5556 - 45,8333X_1 + 27,0000X_2 + 34,1667X_1^2 - 39,5000X_1X_2 + 0,6667X_2^2$$

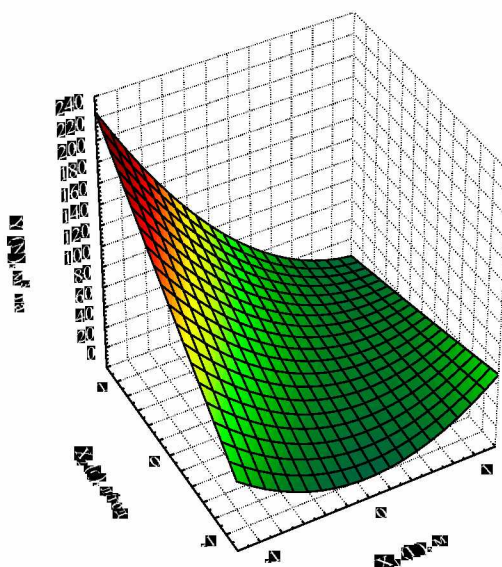


Рисунок 3.8. – Графік інтерпретації залежності поливної норми  $Y(N) \text{ м}^3 / \text{га}$  від відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці  $X_1(L), \text{ м}$  та водовиливом однієї крапельниці  $X_2(q), \text{ л/год}$ .

$$Y=31,5556-45,8333X_1+27,0000X_2+34,1667X_1^2-39,5000X_1X_2+0,6667X_2^2$$

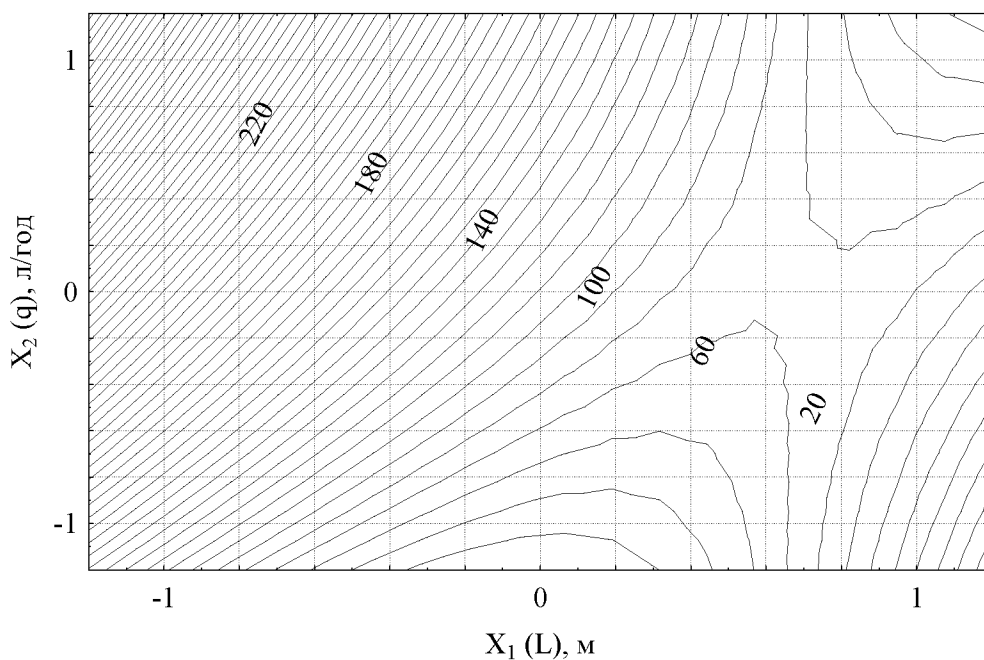


Рисунок 3.9. – Карта ліній регресії залежності поливної норми  $Y(N)m^3/га$  від відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці  $X_1(L),м$  та водовиливом однієї крапельниці  $X_2(q),л/год$

Як видно із рисунка 3.8, 3.9 відстань між крапельницями (параметр  $X_1(L),м$ ) має значний вплив на середнє значення поливної норми  $Y(N)m^3/га$  при краплинному зрошуванні кукурудзи на зерно.

Після переходу від кодованих позначень параметрів до натуральних скориставшись виразами  $X_1 = \frac{L-0,35}{0,25}$ ,  $X_2 = \frac{q-1,6}{1,0}$ , рівняння регресії набуло вигляду:

$$N = 69,47 \cdot L + 82,30 \cdot q - 158,00 \cdot L \cdot q + 546,67 \cdot L^2 + 0,67 \cdot q^2 - 104,63, \quad (3.2)$$

де:  $N$  – середня поливна норма за один полив,  $m^3/га$ ;

$L$  – відстань між капельницями зрошувальної стрічки, м;

$q$  – водо вилив однієї крапельниці л/год.

В результаті опрацювання графіка поверхні рівня регресії отримали наступні значення ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно: оптимальне значення відстані між крапельницями на зрошувальній стрічці знаходиться в межах  $L = 0,475..0,525м$ , оптимальне значення водовиливу однієї

крапельниці становить  $q = 1,45 \dots 1,70 \text{ л/год}$ , при цих оптимальних параметрах середня поливна норма зрошування кукурудзи на зерно знаходитиметься в межах  $N = 63,60 \dots 64,36 \text{ м}^3 / \text{га}$ , що є оптимальним значенням.

Локальне зволоження ґрунту при краплинному зрошенні дозволяє більш раціонально використовувати воду і зменшити середньодобове споживання води.

### 3.3. Результати визначення норми поливу і кількості вегетаційних поливів на кукурудзі

Польовими дослідженнями встановлено, що суттєвий вплив на режим краплинного зрошування кукурудзи на зерно становить рівень перед поливної вологості ґрунту див. табл. 3.4. З таблиці 3.4 можна зробити висновок, що із збільшенням поливів від помірного режиму зрошування – 70% до найінтенсивнішого – 90% зростають відповідно і зрошувальна норма поливу на 65% і урожайність майже на 72%. А це свідчить, про те, що і витрати на полив зростатимуть суттєво.

Таблиця 3.4. – Режим краплинного зрошування та сумарне водоспоживання зернової кукурудзи в залежності від рівня перед поливної вологості ґрунту

Варіанти дослідів	Кількість поливів	Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га	Коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т	Урожайність, т/га	Приріст урожайності	
						т/га	%
Без зрошування	-	-	2960	555,4	6,33	-	-
70%	12	2700	5532	549,4	10,07	4,74	88,9
80%	24	3960	6811	447,5	15,22	9,89	185,6
90%	47	4465	7342	423,4	17,34	12,01	225,3

Отже, значення поливної норми для умов господарства, та кількості вегетаційних поливів, встановлюємо у відповідності до графіка поливів див. рис. 3.10.

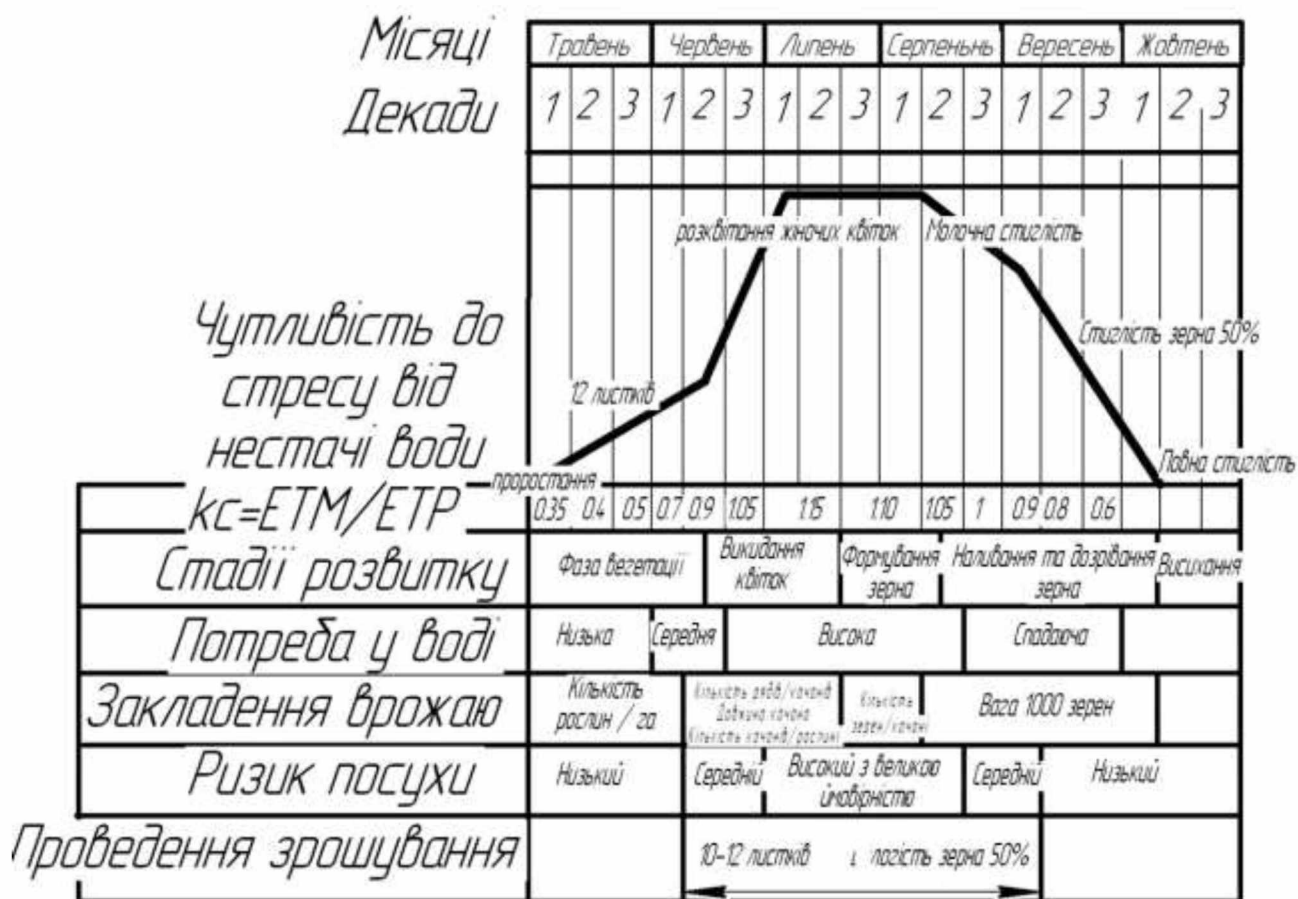


Рисунок 3.10. – Графік поливів кукурудзи на зерно

При налаштуванні системи краплинного зрошування з використанням визначених оптимальних параметрів  $L = 0,475 \dots 0,525 м$ ,  $q = 1,45 \dots 1,70 л / год$ , необхідно дотримуватися розробленого графіку поливів кукурудзи на зерно на протязі періоду вегетації із середньою поливною нормою за один полив в межах  $N = 63,60 \dots 64,36 м^3 / га$  див. табл. 3.5.

Таблиця 3.5. – Проектні дані для ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно

Схема сівби	Поливна норма $м^3 / га$	Кількість вегетаційних поливів, шт.
70+70x15 см		

З метою дотримання ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно, рекомендовано дотримуватися проектних даних табл. 3.5.

### 3.4. Результати якісних показників вирощування кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування

В даному розділі приводимо результати впливу способів поливу і параметрів крапельного зрошення на якісні показники вирощування кукурудзи на зерно. На початковому етапі вирощування велике значення мало схожість насінин кукурудзи. Як показали наші дослідження, після посіву виконували після посівне зрошування, в контролі без зрошування не проросла найбільша кількість насінин – 11,8%. При краплинному зрошенні зі схемою розташування краплинних стрічок на поверхні ґрунту через ряд, при відстані між крапельницями 0,5 м, була забезпечена найкраща схожість насінин (98,3-98,5%).

Результати біометричних досліджень показали, що найбільша кількість листків, відмічалось при відстанях між крапельницями 0,5 м. У варіанті без зрошування зазначені показники помітно поступалися крапельному поливу.

Вегетаційні розміри рослин по висоті відзначалися також в варіанті де крапельне зрошення проводилося по трубопроводах, які прокладені по поверхні з довжиною між крапельницями 0,5 м. В середньому висота рослин перед цвітінням становила 110 см, а ширина рослин – 68,3 см, що було значно більше контролю (на 31,2% і 37,1%), див. рис. 3.11.



а)

б)

а) на крапельному зрошуванні; б) контроль (без зрошування)

Рисунок 3.11. – Вимірювання висоти рослин

Найбільш сприятливі умови формування качанів та наповнення їх зерном були створені при розташуванні поливних трубопроводів по поверхні і відстані між крапельницями 0,5 м, див рис. 3.12.



а)

б)

а) на крапельному зрошуванні; б) контроль (без зрошування)

Рисунок 3.11. – Порівняльне фото качана кукурудзи

Результати урожайності, вологості і маси 1000 зерен залежно від технології вирощування представлені у таблиці 3.6. Як видно з таблиці 3.5, при застосуванні ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно урожайність вища майже у 2,4 рази в порівнянні з контролем (без зрошування) а маса 1000 зерен на 36% вища, ніж без зрошування.

Таблиця 3.6. – Урожайність, вологість і маса 1000 зерен залежно від технології вирощування кукурудзи на зерно

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Маса 1000 зерен, г	Вологість зерна, %	Густота, тис. шт./га
Контроль (без зрошування)	6,3	304,2	12,0	74,3
Ресурсозаощадливе зрошування	15,1	414,5	13,0	76,2

Результати досліджень по росту і розвитку кукурудзи на зерно за період 2021 р показали, що найбільш сприятливі умови в досліді були створені при укладанні стрічок краплинного зрошення на поверхні поля через один ряд рослин, а крапельниці на них розташовувалися в межах  $L = 0,475...0,525\text{м}$ . Оптимальне значення водовиливу однієї крапельниці повинно знаходитися в межах  $q = 1,45...1,70\text{л/год}$ . Рекомендовано дотримуватися середньої поливної норми за один полив в межах  $N = 63,60...64,36\text{м}^3/\text{га}$ . У цьому варіанті показники росту і розвитку кукурудзи на зерно були найбільшими і суттєво відрізнялися від контролю, де полив не проводився взагалі. В середньому за рік вегетації кукурудзи на зерно дотримувалися поливів згідно графіка в кількості 19 шт.

### 3.5. Висновок за розділом 3

1. Найбільш прийнятними параметрами ресурсозаощадливої технології краплинного зрошення кукурудзи на зерно сорту DKS4950 є розташування крапельниць в межах  $L = 0,475...0,525\text{м}$  на стрічці крапельного зрошення із водо виливом однієї крапельниці близько  $q = 1,45...1,70\text{л/год}$ , та укладання її на поверхні через одне міжряддя. При цьому утворюється смуга суцільного зволоження.

2. Локальне зволоження ґрунту при ресурсозаощадливому краплинному зрошенні дозволяє більш раціонально використовувати воду і зменшити сумарне і середньодобове водоспоживання. При відстані між крапельницями  $L = 0,475...0,525\text{м}$  і водо виливом однієї крапельниці  $q = 1,45...1,70\text{л/год}$  середня поливна норма за один полив становила в межах  $N = 63,60...64,36\text{м}^3/\text{га}$ , що є оптимальним значенням і нижчим на 41,6% в порівнянні з поливом дощуванням.

6. Найвища врожайність кукурудзи на зерно (15,1 т/га за рік) отримана при застосуванні енергозаощадливої технології краплинного зрошення, що в 2,5 рази вище ніж при вирощуванні культури без зрошення.

## 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Екологічна експертиза

Основні нормативно правові документи законодавства України, що беруться до уваги в ході оцінки впливу системи енергозберігаючого краплинного зрошування на навколишнє середовище включають:

- Закон України «Про екологічну експертизу» (від 03.01.2003 р.);
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (від 25.06.1991 р.);
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря».

Проведення екологічної експертизи комплексу з переробки органічної складової твердих побутових відходів ґрунтуються на основі вимог «Водного» та «Земельного» кодексів України (від 6.06.95 р. та 13.03.92 р. відповідно), «Основ земельного законодавства», «Основ водного законодавства», Закону «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.) [19].

Вибір земельної ділянки для розташування поля з вирощування кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування проводиться з дотриманням вимог чинного природоохоронного й санітарного законодавства. Площу земельної ділянки приймають з дотриманням ТПВ [19].

При проектуванні ділянки з вирощування кукурудзи на зерно дотримуються наступних вимог:

- норматив по гранично допустимих концентраціях небезпечних речовин в атмосферному повітрі населених районів;
- правила захисту поверхневих вод від забруднення зворотними водами (стандарти якості водних об'єктів рибогосподарського призначення та води, призначеної для побутового використання);
- санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення СанПіН 4630-88 (гранично допустимі концентрації) [20];

- Наказ № 309 від 27.06.2006 Міністерства охорони навколишнього природного середовища України «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» [21].

Основними завданнями екологічної експертизи є покращення й вдосконалення технологічних процесів з метою зменшення викидів шкідливих речовин у довкілля, створення безвідходних технологій.

Для покращення екологічного стану на полі де вирощуватиметься кукурудза на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування у ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області ми передбачили:

1. Проводити постійний контроль хімічного складу ґрунту та води, на наявність забруднюючих речовин, хімічними та фізико-хімічними методами.

4. З метою запобігання потрапляння засобів захисту у ґрунтові води обладнати територію відстійником для фільтрату з можливістю його регенерації та повторного використання для зволоження території.

5. Розподілити зони розташування добрив та фунгіцидів за наступними функціональними призначеннями: виробничу побутово-виробниче приміщення для перебування людей; та складську яка передбачає розташування препаратів.

Отже перераховані основні заходи, для покращення екологічного стану на території де планується вирощувати кукурудзу на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування дозволять зменшити вплив шкідливих факторів на оточуюче середовище.

Висновком є виконання передбачених заходів які дадуть можливість зберегти навколишнє середовище, зменшивши вплив шкідливих факторів як на організм людини, так і на оточуюче його навколишнє середовище.

#### 4.2. Охорона праці

В умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області, де передбачено проектом вирощування кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування, прийнято використовувати

технологічне обладнання насосну станцію та фільтрувальний комплекс. Працювати з ними потрібно лише із суворим дотриманням техніки безпеки, тому оператор повинен в обов'язковому порядку пройти підготовку, вступний та первинний інструктаж. З метою забезпечення безпечної роботи з використанням технологічного обладнання необхідно створити відповідні умови роботи.

У даній роботі розглянуті умови праці з керування системою ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування. Обладнання яке розташоване в закритому приміщенні та має джерело живлення. До робочого місця має бути підведена витяжна вентиляція та освітлення, з використанням ламп денного світла. Також необхідно передбачити наявність огорожень в небезпечних зонах. Підходи до небезпечних об'єктів, особливо таких як електрощитова, повинні бути огорожені для виключення безпосереднього контакту робітника з цим обладнанням.

Експлуатація системи краплинного зрошування передбачає дотримання індивідуальних норм і правил безпеки. Експлуатація даного типу обладнання здійснюється відповідно до інструкції по експлуатації і заводською технічною документацією. Дана інструкція повинна містити правила підготовки, роботи і зупинки системи, повсякденного догляду та змащування механізмів, карту мащення, короткі відомості про можливі несправності, основні вимоги безпеки.

Особа, яка буде виконувати роботи з обслуговування системи краплинного зрошування повинна бути одягнена в спецодяг:

- костюмом з вологонепроникної тканини;
- комбінованими прогумованими рукавицями;
- захисними окулярами;
- при роботі з добривами та засобами захисту респіратором
- гумовим взуттям.

Перед початком запуску системи оператор подає сигнал.

Під час роботи системи краплинного зрошування заборонено:

- стояти поблизу насосної станції;
- усувати будь-які несправності під час роботи;
- очищати руками поливні трубопроводи та фільтра;

Категорично забороняється:

- вмикати систему під дощем, або виконувати регулювання на мокрій підлозі;
- не можна працювати, якщо несправні вузли системи;
- не дозволяється передавати управління системою крапельного зрошення стороннім особам.

Оператору потрібно забезпечити повним комплектом справного інструменту, що повинен зберігатися у спеціальному ящику, для перевірки кріплення деталей системи.

Для відпочинку необхідно відвести місця за межами виробничого приміщення.

Не дозволяється:

- стороннім особам перебувати біля оператор під час роботи системи;
- працювати з системою крапельного зрошення після вживання алкогольних напоїв;
- у випадках недомагання продовжувати роботу, необхідно звернутися до лікарні.

Висновки по покращенню стану охорони праці:

1. Збільшити кількість засобів пожежогасіння особливо засобів по гасіння електроприладів;
2. Обладнати спеціальні місця для зберігання засобів захисту рослин.
3. Забезпечити оператора засобами індивідуального захисту.
4. Організувати проведення періодичних медичних оглядів.
5. Створити передумови для кращого рівня працездатності.
6. Стежити і вчасно усувати розкручування з'єднань трубопроводів та вчасно усувати розгерметизацію системи краплинного зрошення.

#### 4.3. Техніко-економічне обґрунтуванням результатів досліджень

Проектна урожайність згідно розробленої ресурсозаощадливої технології краплинного зрошення кукурудзи на зерно в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області складає:  $Q = 15100 \text{ кг/га}$ .

Ціна на період реалізації прогнозовано складе 77 грн/кг. Виручка від реалізації об'єму прогнозованого врожаю складе:  $B = 15100 \cdot 77 = 1162700 \text{ грн} / \text{рік}$ ,

Розрахунок витрат сировини, матеріалів базується на нормативах витрат, встановленими галузевими нормами, стандартами та технологічними регламентами, обраним технологічним рішенням [23]. Результати розрахунків приводимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. – Розрахунок вартості сировини та матеріалів

Сировина та матеріали	Витрати на рік	
	Кількість, од.	Сума, грн.
1. Основна сировина: насіння кукурудзи ДКС4950	184 кг.	22148
2. Допоміжні матеріали: Мінеральні добрива	10 шт. по 50 кг	17081

Розрахунок суми амортизаційних відрахувань представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. – Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Об'єкт	Кількість	Балансова вартість об'єкта, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн./рік
Система крапельного поливу	1	40000	10	4000
Облаштування свердловини	1	16000	10	1600
Сумарна балансова вартість об'єкта –		56000 грн		
Сума амортизаційних відрахувань				5600
Інструменти				8300
Виробничий інвентар				5500
Разом				19400

Проведемо розрахунок електроенергії перемноживши розрахункову кількість на її собівартість. Тариф у межах Полтавської області на електроенергію для споживачів становить 2,27 грн./кВт год (з урахуванням ПДВ).

Розраховані величини для обладнання заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. – Розрахунок потреби в електроенергії.

Обладнання	Потужність, кВт	Кількість, од.	Коефіцієнт попиту	Загальна потужність	Коефіцієнт збільшення потужності	Ефективний час роботи, год/рік	Загальні витрати електроенергії кВт/рік
Насос водяний	1,5	1	0,9	1,5	1,1	456	684

Вартість спожитої електроенергії розраховуємо за формулою:

$$T_e = E \cdot C, \quad (4.1)$$

де  $C$  – ринкова вартість електроенергії, грн.

$$T_e = 684,00 \cdot 2,27 = 1552,68 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості енергії представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. – Розрахунок вартості енерговитрат

Енергоносії	Витрати на рік		Витрати на одиницю продукції		
	Кількість, од.	Сума, грн	Кількість, од.	Ціна, грн./од	Сума, грн
Електроенергія	684,0 кВт	1552,7	0,045 кВт	2,27	0,10
Всього		1552,7			0,10

Розрахунок основної та додаткової заробітної плати. Фонд заробітної плати виробничих робітників (безпосередньо зайнятих на виробництві) встановлюємо виходячи із спискової чисельності, тарифного розряду, тарифної ставки, кількості робочих днів, з урахуванням режиму роботи з 12 год в день.

Тривалість робочого циклу становить  $T_{\text{вир}}^{\text{рік}} = 365 \cdot 1 = 365 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$

$T_{\text{пр}}^{\text{рік}} = \frac{365}{7} \cdot 40 = 2086 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$ . Кількість працівників необхідних для виробництва

визначаємо:  $n_{\text{працівників}} = \frac{365}{2086} = 0,2 \text{ приймаємо} [24]$ .

Ефективний фонд робочого часу робітника в нормативних умовах праці протягом року становить:  $T_{\text{еф}} = (161 \cdot 7) + (19 \cdot 24) = 1127 + 456 = 1583 \text{ год} / \text{рік}$ , де 161 кількість робочих днів одного робітника за рік по догляду за посівами, 7 – тривалість

робочої зміни, год/добу. А 19 кількість робочих днів одного робітника за рік пов'язана з кількістю поливів, 24 – тривалість робочої зміни під час поливу, год/добу.

Розрахунок тарифних сіток базується на тарифній ставці працівників 1-го розряду та відповідних коефіцієнтах. Під час розрахунку оплати праці враховуємо норми мінімальної заробітної плати в Україні. Згідно з даних на 01.01.2021 мінімальна заробітна плата становить 6000 грн. Тоді тарифна ставка не повинна бути меншою за:  $ТС = (6000 \cdot 12) / (180 \cdot 8) = 50,00 \text{ грн / год}$ .

Нарахування на заробітну плату складають 22%.

Річний фонд заробітної плати приведений в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. – Річний фонд заробітної плати працівників

Посада	К-ть працівників, осіб	Заробітна плата одного працівника	Сумарна заробітна плата працівників, за рік, грн/рік	Нарахування на фонд оплати праці, грн/рік
Оператор	1	8800,0	79150,0	17413,0

Розрахунок поточних витрат. Поточні витрати включають основну та додаткову заробітну плату персоналу, витрати на утримання та поточне налагодження виробництва та об'єктів на ньому, енерговитрати, водопостачання, амортизацію виробничого обладнання, на ремонт та експлуатацію, ін. Дані наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Поточні витрати

Стаття витрат	Витрати, грн
Зарплата робітника (оператора)	79150,0
Нарахування на заробітну плату	17413,0
Витрати на утримання будівель та обладнання:	
- Енерговитрати	1552,7
- амортизація	19400,0
Витрати на ремонт і експлуатацію	15000,0
Витрати на охорону праці	5000,0
Інші витрати	1500,0
Сума	139015,7

Розрахунок собівартості продукції. Собівартість розраховуємо на підставі калькуляції, яку складаємо для виробництва в цілому. Дані по розрахунку собівартості представлені у таблиці 4.7.

Таблиці 4.7. – Калькуляція собівартості готової продукції (малина)

Стаття калькуляції	Витрати на річне отримання малини, грн	Витрати на одиницю продукції (кг), грн
Основна сировина	22148,0	1,47
Допоміжні матеріали (добрива)	17081,0	1,13
Енерговитрати	1552,7	0,10
Заробітна плата робітника	79150,0	5,24
Нарахування на ЗП	17413,0	1,15
Амортизаційні витрати	19400,0	1,28
Інші витрати	21500,0	1,42
Вартість виробничих основних фондів	56000,0	3,71
Повна собівартість	234244,7	15,50

Отже, собівартість 1 кг малини становить 15,50 грн.

Результати розрахунків техніко-економічних показників зводимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8. – Техніко-економічні показники вирощування малини

Показник	Значення показника	
	Од. вимірювання	Значення
1.Річний випуск продукції	т/рік	15,1
2. Чисельність персоналу	осіб	1
3. Середньорічний виробіток робітника	т/особу	15,1
4. Капіталовкладення		
-усього	грн.	234244,7
- на одиницю продукції	грн./кг	15,50
5. Вартість виробничих фондів:		
- основних	грн.	56000,0
- оборотних	грн.	178244,7
Строк окупності проекту	років	0,20
Економічний ефект від реалізації проекту	грн.	1162700,0

#### 4.4. Висновки за розділом 4

1. Вирощування кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування в умовах ПП «Ісіда-Д» Диканського району Полтавської області забезпечить зменшення шкідливих викидів в атмосферу дасть можливість зберегти навколишнє середовище, зменшивши вплив шкідливих факторів на організм людини, так й на оточуюче його навколишнє середовище.

2. Щоб працювати з системою ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно необхідно дотримуватися правил охорони праці.

3. Найбільший чистий прибуток і найвища рентабельність отримані при вирощуванні кукурудзи на зерно при застосуванні ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування з розташуванням трубопроводів на поверхні поля через ряд, з використанням краплинних стрічок з відстанню між крапельницями в межах  $L = 0,475...0,525\text{м}$ , а водо вилив однієї крапельниці -  $q = 1,45...1,70\text{л/год}$ . В середньому за 2021 рік економічний ефект від реалізації проекту становив 1162700,0 грн. і був вищим, ніж без поливів в 2,5 рази. Капіталовкладення в монтування системи краплинного зрошування окупаються в перший рік.

4. Капіталовкладення в розмірі 234244,7 грн. у вирощування кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування в умовах досліджуваного господарства дали змогу виручити кошти від реалізації урожаю в сумі 1162700,0 грн. Термін окупності капіталовкладень склав 0,20 рік.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу існуючих технологій та технічних засобів для вирощування сільськогосподарських культур, повинні забезпечувати відповідний водно повітряний режим кореневмісного шару ґрунту. Одним із перспективних напрямків рішення поставленої задачі зменшення норми поливу є обґрунтування відстані між крапельницями та визначення водо виліву однієї крапельниці для обраної культури в польових умовах вирощування.

2. Пріоритетним в ресурсозаощадливій технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно є використання поліетиленової трубки багаторічного терміну з товщиною стінки не нижче за 0,5 мм, витратою крапельниць 0,8... 1,6 л/год, відстанню між крапельницями – від 0,2м (для піщаних ґрунтів), до 0,5м (для середньо і важко суглинних ґрунтів)

3. У дослідах використано поверхневе укладання поліетиленових трубок через одне міжряддя. Проте досить перспективним є також укладання краплинної стрічки (глибина 2...5 см.).

4. Встановлення поливної норми проводили з урахуванням локального характеру зволоження. Її оптимальна величина становила близько  $N = 63,60...64,36 \text{ м}^3 / \text{га}$  ( $\pm 10\%$ ) за один полив, за умови підтримування рівня поверхневої вологості ґрунту 80...85 від НВ

5. Найбільший чистий прибуток і найвища рентабельність отримані при вирощуванні кукурудзи на зерно з використанням ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування з використанням крапельних стрічок з відстанню між крапельницями  $L = 0,475...0,525 \text{ м}$ , та водо виливом однієї крапельниці -  $q = 1,45...1,70 \text{ л/год}$ . В середньому за 2021 рік цей показник становив 1162700,0 грн. і був вищим, ніж без поливів в 2,5 рази. Капіталовкладення в будівництво системи крапельного зрошення окупаються в перший рік.