

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ШАТКОВСЬКИЙ АНДРІЙ ПЕТРОВИЧ



УДК 631.5:631.674.6:633:635 (477.7)

**НАУКОВІ ОСНОВИ ІНТЕНСИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ
ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ
СТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.02 – сільськогосподарські меліорації
(сільськогосподарські науки)

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Херсон – 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Інституті водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор, академік НААН
РОМАЩЕНКО Михайло Іванович,
Інститут водних проблем і меліорації НААН,
директор

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік НААН
ТАРАРІКО Олександр Григорович,
Інститут агроекології і природокористування НААН,
головний науковий співробітник відділу економіки
природокористування в агросфері


доктор сільськогосподарських наук, професор
МОШИНСЬКИЙ Віктор Степанович,
Національний університет водного господарства
та природокористування, ректор

доктор сільськогосподарських наук, професор
МОРОЗОВ Олексій Володимирович,
Інститут зрошуваного землеробства НААН,
головний науковий співробітник
відділу зрошуваного землеробства

Захист відбудеться «28» жовтня 2016 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 67.830.01 у Державному вищому навчальному закладі «Херсонський державний аграрний університет» (73006, м. Херсон, вул. Стрітенська (Рози Люксембург), 23, аудиторія 104).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» (73006, м. Херсон, вул. Стрітенська (Рози Люксембург), 23, головний корпус).

Автореферат розіслано «27» вересня 2016 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент  А.В. Шепель

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним лімітуючим фактором, який стримує реалізацію агроресурсного потенціалу у зонах недостатнього та нестійкого зволоження (Степу і Лісостепу України), є несприятливий водний режим ґрунту. Відчутно загострюють цю проблему зміни клімату, зокрема зростання середньорічної температури повітря на 1,6-2,1⁰С, що, у свою чергу, зумовило розширення території з дефіцитом природного вологозабезпечення і, в підсумку, – зростання посушливості клімату (Ромашенко М.І., Тараріко Ю.О., Сайдак Р.В., 2015).

Стратегічними цілями реалізації десятирічної Стратегії виконання Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням є генерація науково-технічних знань, розроблення технологій, які спрямовані на пом'якшення наслідків посух, у т. ч. стійких іригаційних програм (Тараріко О.Г., 2011). Існує багато заходів, які спрямовані на мінімізацію негативного впливу посух, проте найефективнішим та кардинальним вирішенням проблеми є зрошувальні меліорації.

Найпрогресивнішим на сьогодні способом поливу є краплинне зрошення, ефективність якого становить 90-98 %. У цьому аспекті ефективність обумовлюється отриманням високих рівнів урожайності нормативної якості за рахунок підтримання оптимальних водного, поживного і повітряного режимів ґрунту за одночасної економії питомих витрат води на формування одиниці врожаю та мінімізації непродуктивних втрат вологи. Завдяки цим перевагам, краплинний спосіб поливу набув широкого застосування у технологіях вирощування овочевих, плодкових культур і виноградних насаджень, площі краплинного зрошення яких в Україні щорічно складають 65-75 тис. га. В останні ж роки зросла зацікавленість сільгосптоваровиробників до застосування краплинного зрошення на таких культурах як кукурудза, соя, буряк цукровий, соняшник, рис, ріпак, лікарські та ефіроолійні рослини та ін.

Поряд з цим, застосування на практиці інтенсивних технологій вирощування просапних культур на краплинному зрошенні не завжди забезпечує позитивний результат. Адже краплинне зрошення передбачає певні зміни «класичної» агротехнології: режимів зрошення, систем удобрення і захисту рослин, схем сівби тощо. На разі ці елементи є ще не до кінця відпрацьованими та науково обґрунтованими для умов Степу України, що і обумовило актуальність проведення досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за дисертаційною роботою виконано у складі програм наукових досліджень Національної академії аграрних наук України 03 «Розвиток меліорованих територій», 16 «Овочівництво», 17 «Баштанні культури», 04 «Стале водокористування та меліорація земель»: завдання 03.01.04-040 «Дослідити процеси споживання води рослинами при локальному зволоженні ґрунтів, розробити методологію застосування мікрозрошування при вирощуванні сільськогосподарських культур в різних ґрунтово-кліматичних умовах» (2006-2010 рр., № ДР 0107U005380) (дисертант – науковий керівник); завдання 16.03/075 «Дослідити процеси водоспоживання, розробити новітні технології краплинного зрошення овочевих культур у різних ґрунтово-кліматичних умовах України» (2006-2010 рр., № ДР 0106U006573) (дисертант – науковий керівник);

завдання 17.03/027 «Дослідити процеси водоспоживання, розробити новітні технології краплинного зрошення баштанних культур» (2006-2010 рр., № ДР 0106U006574) (дисертант – науковий керівник); завдання 04.02.03.02 П «Дослідити вплив краплинного зрошення на продукційні процеси, удосконалити технології і режими краплинного зрошення сільськогосподарських культур, розробити методологію техніко-економічного обґрунтування ефективності краплинного зрошення» (2011-2013 рр., № ДР 0111U006037) (дисертант – науковий керівник); завдання 04.02.03.04 П «Удосконалити технології вирощування просапних і багаторічних культур за краплинного зрошення» (2014-2016 рр., № ДР 0113U006462) (дисертант – науковий керівник); завдання 04.02.01.04 П «Розробити рекомендації щодо умов застосування сучасних способів та засобів зрошення сільськогосподарських культур, що забезпечують ощадливе використання водних та енергетичних ресурсів» 2014-2015 рр., № ДР 0113U007804) (дисертант – виконавець).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є наукове обґрунтування, розробка та удосконалення інтенсивних технологій краплинного зрошення просапних культур в умовах Степу України.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі основні задачі:

- удосконалити існуючі методики проведення польових досліджень з урахуванням особливостей краплинного зрошення, розробити методичні підходи до побудови типових схем польових дослідів з вивчення режимів краплинного зрошення та процесів водоспоживання;

- встановити і дослідити закономірності формування режимів краплинного зрошення та процесів водоспоживання просапних культур залежно від рівня передполивної вологості ґрунту (РПВГ), схеми сівби (густоти рослин), гібридного складу, строку збирання, доз добрив (далі – комплексу факторів);

- встановити залежності «Водоспоживання-Урожайність»;

- визначити особливості впливу режимів краплинного зрошення на продукційні процеси, врожайність та якість продуктивних органів просапних сільськогосподарських культур;

- розробити статистичні моделі продукційних процесів просапних сільськогосподарських культур залежно від комплексу факторів;

- дати оцінку та удосконалити методи діагностування строків вегетаційних поливів для умов краплинного зрошення;

- встановити і дослідити закономірності формування зон зволоження залежно від типу ґрунту та тривалості (норми) поливу;

- розробити математичну модель профільного вологоперенесення в ґрунті за краплинного зрошення;

- дослідити та оцінити вплив локального зволоження на властивості ґрунтів і мікроклімат зрошуваного поля;

- розробити інформаційно-дорадчу систему (ІДС) з планування та управління режимами краплинного зрошення;

- виконати економічне та біоенергетичне обґрунтування вирощування просапних культур за краплинного зрошення;

Об'єкт дослідження: технологічний процес краплинного зрошення, продукційні процеси рослин залежно від комплексу факторів.

Предмет дослідження: водний режим ґрунту та особливості його формування, показники росту і розвитку, продуктивність просапних культур залежно від параметрів технологій краплинного зрошення.

Методи дослідження. У процесі дослідження використано такі методи: загальнонаукові: гіпотеза, експеримент, спостереження, аналіз, синтез, індукція; спеціальні: польові короткотермінові досліди, загальноприйняті лабораторні та аналітичні методи дослідження; використано дисперсійний, кореляційний, регресійний та варіаційний аналізи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розвитку теорії та методів оперативного управління краплинним зрошенням на основі інструментально-вимірювальних комплексів, теорії програмування врожайності сільськогосподарських культур на зрошуваних землях у частині оптимального вологозабезпечення рослин, а також методології закладання і проведення польових досліджень.

Вперше для умов краплинного зрошення Степу України:

- встановлено закономірності формування режимів краплинного зрошення та процесів водоспоживання просапних культур залежно від передполивної вологості ґрунту;

- побудовано математичні залежності (статистичні моделі) «Водоспоживання – Врожайність»;

- встановлено закономірності формування продукційних процесів та врожайності сільськогосподарських культур залежно від рівня вологозабезпечення.

Удосконалено:

- методику проведення польових досліджень та методичні підходи до побудови типових схем дослідів з вивчення режимів краплинного зрошення та процесів водоспоживання;

- класифікацію систем мікрозрошення сільськогосподарських культур;

- методи діагностування строків вегетаційних поливів.

Отримало подальший розвиток:

- дослідження параметрів формування зон зволоження ґрунту;

- моделювання процесів вологоперенесення у ґрунті за локального їх зволоження;

- дослідження впливу локального зволоження на властивості ґрунтів та мікроклімат зрошуваного поля.

Обґрунтовано економічну та біоенергетичну ефективність інтенсивних технологій вирощування просапних культур за краплинного зрошення.

Наукову новизну результатів досліджень підтверджено авторськими правами одержаних деклараційних патентів на корисну модель та свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні та вдосконаленні технологій краплинного зрошення просапних культур у зоні Степу України, які забезпечують формування оптимальної продуктивності рослин за умови збереження екологічної стійкості меліорованих агроландшафтів.

Результати наукових досліджень використано при розробленні 6 ДСТУ, 3 концепцій, 8 науково-практичних рекомендацій виробництву, посібника до

ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди», програми вибіркової навчальної дисципліни для підготовки ОКР «бакалавр» напряму 6.090101 «Агрономія», навчального посібника з грифом Міністерства освіти і науки України «Краплинне зрошення» та програми Міжнародного тренінгу «Проектування і експлуатація систем краплинного зрошення сільськогосподарських культур», проведеного дисертантом 24.05.-08.06.2009 р. у рамках проекту "Durandesh" P-6265, «Oxfam Novib» (Нідерланди).

Наукові розробки, отримані в рамках дисертаційного дослідження, впроваджено у виробництво через механізм виконання договірних робіт у господарствах Херсонської, Миколаївської, Запорізької та Донецької областей.

Науково обґрунтовані інтенсивні технології краплинного зрошення просапних сільськогосподарських культур впроваджено у 2010-2015 рр. у 10 агрогосподарствах зони Степу на загальній площі понад 1500 га, що підтверджено відповідними актами та довідками. Розроблені на основі експериментальних даних та за безпосередньої участі дисертанта «Тимчасові норми водопотреби для краплинного зрошення сільськогосподарських культур в умовах Степу України» використовуються в Управлінні Північно-Кримського каналу при укладанні договорів на послуги з подачі води з ПКК за умови відсутності приладів з водообліку (довідка – № 04/231 від 13.04.2016 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом наукової діяльності здобувача. Усі наукові положення, які винесено на захист, одержані особисто дисертантом. Безпосередньо автором проаналізовано стан досліджень за обраною тематикою, визначено мету та завдання досліджень, розроблено програму і методику досліджень, виконано частину польових та лабораторних експериментів, самостійно опрацьовано, узагальнено і проаналізовано одержані дані, здійснено аналіз і статистичну обробку одержаних результатів, сформульовано висновки та рекомендації виробництву, підготовлено матеріали до друку. Друковані праці за темою дисертації підготовлено самостійно та у співавторстві. У роботах, опублікованих у співавторстві, частка авторства здобувача полягає у плануванні, виконанні експериментальних досліджень, узагальненні та опрацюванні результатів, а також підготовці рукописів до друку.

Ступінь використання в дисертаційній роботі матеріалів і висновків кандидатської дисертації здобувача. Докторська дисертація Шатковського Андрія Петровича є продовженням його кандидатської дисертації, матеріали якої у представленій роботі не використовуються.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень оприлюднені та обговорені на 44 міжнародних і Всеукраїнських конференціях, з'їздах, семінарах та ін. Зокрема, на Всеукраїнській науковій конференції «Наукові основи землеробства у контексті змін клімату» (смт. Чабани, 21-23 жовтня 2008 р.); 23-й Європейській регіональній конференції «Прогресивні методи управління водними ресурсами для сільськогосподарського виробництва та розвитку сільських територій» (м. Львів, 17-24 травня 2009 р.); VIII і IX з'їздах ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Житомир, 6 липня 2010 р.; м. Миколаїв, 2 липня 2014 р.); міжнародної наукової конференції «Достижения науки и передовые технологии по восстановлению засоленных земель и улучшению эксплуатации ирригационных сооружений» (м. Ашгабад, Туркменистан, 3 квітня

2011 р.); міжнародній науково–практичній конференції «Стан та перспективи застосування краплинного зрошення для інтенсифікації садівництва, виноградарства і овочівництва» (м. Київ, 30 березня 2012 р.); міжнародній конференції «Корми і кормовий білок» (м. Вінниця, 26 червня 2012 р.); «Агропромышленном семинаре от производителей систем капельного орошения» (м. Каховка, 30 серпня 2012 р.); международной конференции «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации» (ФДБНУ ВНДІ «Радуга», м. Коломна, РФ, 18 жовтня 2012 р.); науково–практичному семінарі–навчання з питань використання мікрозрошення (сел. Наддніпрянське, 5 березня 2013 р.); Міжнародному семінарі «Полив цукрового буряку» (Німецький аграрний центр, «KWS», 8 жовтня 2013 р.); науково-практичному семінарі «Проблемні питання овочівництва України в умовах зміни клімату та шляхи їх подолання» (м. Мерефа, 27 лютого 2014 р.); II-й міжнародній науково-практичній конференції «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій XXI ст.» (м. Київ, 4 грудня 2014 р.); 22nd International congress on irrigation and drainage (from 14th September to the 20th September 2014 in Gwangju, Korea); семінарі «Особливості вирощування кукурудзи на зрошенні в умовах Херсонської області» (м. Нова Каховка; ТОВ «Монсанто-Україна», 5 лютого 2015 р.); нараді–семінарі «Особливості організації та проведення досліджень з краплинного зрошення» (ДП «ДГ «Брилівське», 9 липня 2015 р.), міжнародному семінарі «Новітні наукові розробки в галузі рисівництва та краплинного зрошення» (с. Антонівка, 21 серпня 2015 р.); International Conference «ICID 26th ERC and 66th IEC Meeting /Irrigation/» (11-16 oct. 2015, Montpellier, France).

Крім цього, основні науково–теоретичні та практичні положення дисертаційної роботи висвітлено у наукових працях автора, доповідались на засіданнях вченої та координаційно-методичної рад при Інституті водних проблем і меліорації НААН, Інституті овочівництва і баштанництва НААН та Південної державної сільськогосподарської дослідної станції ІВПіМ НААН).

Публікації. Основні результати дисертаційних досліджень опубліковано в 112 наукових працях, у тому числі 7 – монографій, наукових видань і навчальних посібників, 22 – статті у фахових виданнях України, 6 – у закордонних періодичних виданнях, 5 – патентів, 6 – ДСТУ та відомчих нормативних документів, 14 – науково-методичних і практичних рекомендацій, 26 – статті у періодичних виданнях, 26 – тези (матеріали) конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 496 сторінках загального тексту комп'ютерного набору, у тому числі – основного тексту – 288 сторінок. Рукопис дисертації містить вступ, перелік умовних позначень, символів, одиниць і термінів, дев'ять розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки. У роботі наведено 72 таблиці, 80 рисунків, 15 додатків. Список використаних літературних джерел налічує 762 найменування, із них 26 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано доцільність та актуальність виконання дисертаційної роботи, визначено її наукову новизну, практичну значимість, наведено кількість публікацій, у яких відображено результати досліджень.

СТАН ВИВЧЕНОСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПРЯМОВАНОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)

Наведено історію, сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку краплинного зрошення просапних культур в Україні та світі. Обґрунтовано народногосподарське значення досліджуваних культур у продовольчій безпеці держави та наведено шляхи збільшення їх валового виробництва.

На основі аналізу вітчизняних і закордонних літературних джерел наведено результати досліджень технологічних аспектів краплинного зрошення просапних культур в Україні та світі. Це стало підставою для визначення недостатньо вивчених для умов Степу України елементів технології краплинного зрошення просапних сільськогосподарських культур.

Розробленню та науковому обґрунтуванню технологій краплинного зрошення просапних культур присвячено роботи багатьох учених. Найбільш відомими є праці Бородичова В.В., Васюти В.В., Вітанова О.Д., Григорова М.С., Дубенка М.М., Ізюмова В.В., Коковихіна С.В., Лимаря А.О., Лимаря В.А., Мороза П.А., Писаренка В.А., Писаренка П.В., Ромащенко М.І., Ушкаренко В.О., Шейнкіна Ю.Г., Goyal M.R., Ramazan Toprak, Reinders F.B. та ін.

УМОВИ, СХЕМИ І МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

У розділі наведено характеристику ґрунтових та погодних умов, схеми та методики досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено протягом 2006-2015 рр. у межах трьох стаціонарних польових дослідів на землях Кам'янсько-Дніпровської дослідної станції ІВПіМ НААН (КДДС, підзона Степова південно-центральна посушлива, 47°46' пн.ш. 34°42' сх.д.), ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН (підзона Степу Сухого, 46°40' пн.ш. 33°12' сх.д.) та ДП «ДГ «Великі Клини» Південної державної сільськогосподарської дослідної станції ІВПіМ НААН (підзона Степу Сухого, 46°33' пн.ш. 33°59' сх.д.).

Польові дослідження проводили на типових для конкретної зони ґрунтах. Для визначення та уточнення властивостей і характеристик ґрунтів на дослідних ділянках щороку двічі (восени та навесні) закладали ґрунтові розрізи згідно ДСТУ 4287 (табл. 1).

Таблиця 1

Водно-фізичні та агрохімічні властивості ґрунтів дослідних ділянок (0-50 см)

| Дослідні ділянки | Ґрунтові відміни | Щільність складення г/см ³ | НВ від маси | гумус, % | мг/100 г ґрунту | | |
|-----------------------|--|---------------------------------------|-------------|----------|-----------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | | N л. г. | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| КДДС | чорнозем звичайний середньосуглинковий | 1,37 | 18,8 | 1,70 | 7,2 | 51,5 | 15,8 |
| ДП «ДГ «Брилівське» | темно-каштановий легкосуглинковий | 1,47 | 16,5 | 1,44 | 7,0 | 32,3 | 9,3 |
| ДП «ДГ «Великі Клини» | чорнозем осолоділий супіщаний | 1,41 | 13,7 | 1,25 | 7,3 | 19,2 | 7,6 |

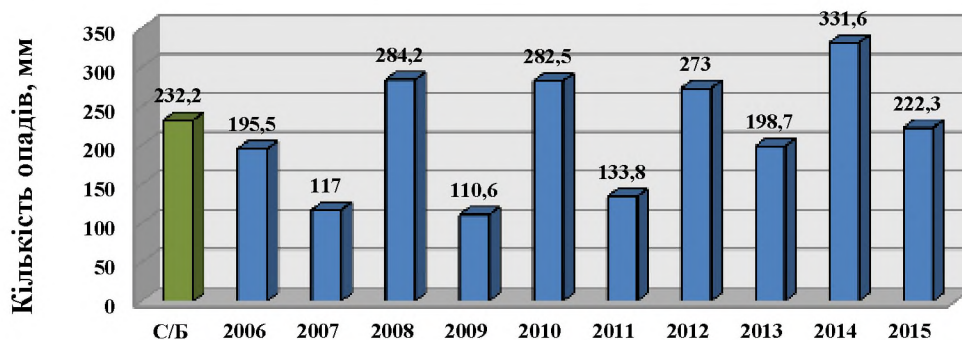
З урахуванням генетичних горизонтів пошарово відбирали зразки ґрунту згідно ДСТУ 4287, у яких визначали: щільність складення (ДСТУ ISO 11272), гранулометричний (ДСТУ 4730) і структурно-агрегатний склад (ДСТУ 4744), рН (ДСТУ ISO 10390), гідролітичну кислотність (ДСТУ 7537), вміст поглинених катіонів (ДСТУ ISO 11260), вміст гумусу (ДСТУ 4289), вміст нітратного,

амонійного і загального азоту, рухомих сполук фосфору і калію (ДСТУ ISO 14255, ДСТУ 4405, ДСТУ 4114, ДСТУ 4115, ДСТУ 7863, ДСТУ 4726).

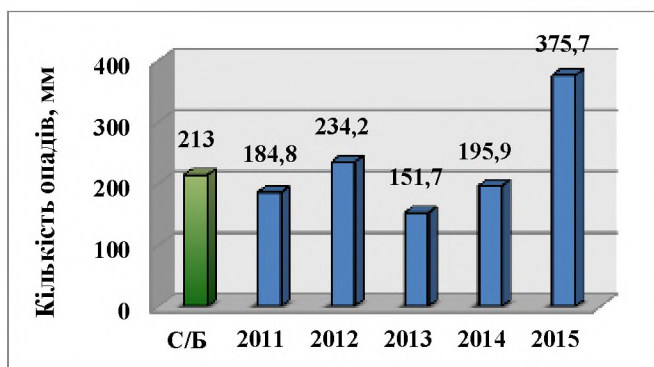
Ґрунти автоморфні – рівень ґрунтових вод 10-25 м. Джерелами зрошення були: КДДС – свердловина (1,33 г/дм³, слабомінералізована), ДП «ДГ «Брилівське» – ПКК (0,33-0,54 г/дм³, прісна) та ДП «ДГ «Великі Клини» – свердловина (0,32 г/дм³, прісна). За основними іригаційними показниками, відповідно до ДСТУ 2730, 7286 та 7591, поливна вода стаціонару КДДС – обмежено придатна для зрошення (II класу якості), ДП «ДГ «Брилівське» – обмежено придатна (II класу) та ДП «ДГ «Великі Клини» – придатна (I класу).

Клімат Степу – помірно континентальний, вирізняється найбільшими тепловими ресурсами і найменшою зволоженістю порівняно з іншими зонами. Середньобогаторічний коефіцієнт природного зволоження становить 0,35-0,41 для ДП «ДГ «Брилівське» та ДП «ДГ «Великі Клини» і 0,45-0,52 – для КДДС.

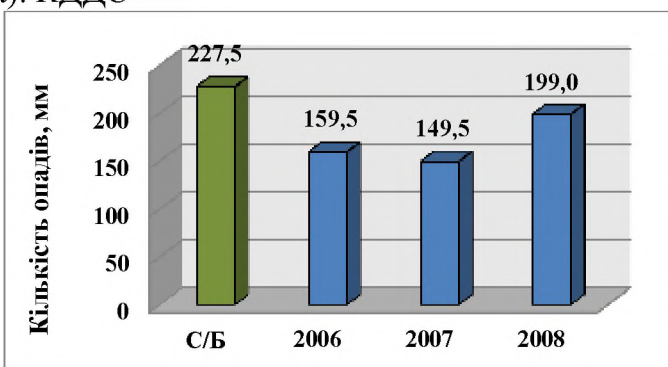
Для характеристики погодних умов у роки проведення досліджень було використано дані автоматичної метеостанції iMetos®, а також мережу метеопостів, які знаходяться безпосередньо на дослідних ділянках. Роки досліджень відрізнялись за умовами природного зволоження (рис. 1, а – в):



а). КДДС



б). ДП «ДГ «Брилівське»



в). ДП «ДГ «Великі Клини»

Рис. 1. Кількість продуктивних опадів за квітень-вересень у період досліджень

У дисертаційній роботі наведено результати польових досліджень з такими культурами: картопля весняного строку садіння, кукурудза цукрова, перець солодкий і баклажан розсадні, соя, буряк цукровий, кукурудза на зерно, цибуля ріпчаста, кавун та ланка овочевої сівозміни: томат посівний, часник озимий, кабачок посівний.

Інформацію щодо польових дослідів, видів культур, місця, років проведення та досліджуваних факторів наведено у таблиці 2.

Польові досліді закладали методом систематичного розміщення елементарних ділянок у чотириразовій повторності (Ушкаренко В.О., 2014).

**Польові дослідження, сільськогосподарська культура, місце розташування,
роки проведення та досліджувані фактори (назви дослідів)**

| № | С.-г. культура / назва дослідження | Місце розташування | Роки | Фактори або назва дослідження |
|---------|--|--|------------------------------|--|
| 1 | Картопля весняного строку садіння | Кам'янсько – Дніпровська дослідна станція Інституту водних проблем і меліорації НААН (К Д Д С) | 2006-2008 | РПВГ* |
| 2 | Кукурудза цукрова | | 2007-2009 | РПВГ |
| 3 | Перець солодкий розсадний | | 2010-2014 | РПВГ |
| 4 | Баклажан розсадний | | | РПВГ |
| 5 | Соя (насіннева) | | | РПВГ, схеми сівби (густота) |
| 6 | Буряк цукровий | | | РПВГ, схеми сівби (густота) |
| 7- 8 | Картопля весняного строку садіння Буряк цукровий | | 2010-2012 | Удосконалення методу діагностування строків поливу за ККС** листків |
| 9 | Кукурудза на зерно | | 2013-2015 | РПВГ |
| 10 | Дослідження впливу краплинного зрошення у ланці овочевої сівозміни на властивості ґрунту (томат посівний – часник озимий – кабачок) | | (поч. 2002) / дослід 2008 | Валовий N, NO ₃ , рухомі сполуки P ₂ O ₅ , K ₂ O, валовий гумус, щільність складення |
| 11 | Цибуля ріпчаста (ранньостигла) | ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН | 2011-2013 | РПВГ |
| 12 | Буряк цукровий | | 2013-2015 | Гібриди, густота, строк збирання |
| 13 | Кукурудза на зерно | | 2013-2015 | Адаптація розрахункового методу визначення сумарного водоспоживання «Penman – Monteith» |
| 14 | Кавун | ДП «ДГ «Великі Клини» | 2006-2008 | РПВГ, густота, дози добрив |
| 15 | Дослідження параметрів зон зволоження ґрунтів | КДДС, ДП «ДГ «Брилівське», ДП «ДГ «Великі Клини» | 2015 | Тип ґрунту за гранулометричним складом, тривалість (норма) поливу |

*РПВГ – рівень передполивної вологості ґрунту;

**ККС – концентрація клітинного соку.

Аналіз зразків ґрунту та поливної води виконували на базі атестованого ДП «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів» ІВПіМ. Сумарне водоспоживання обраховували балансовим методом – шляхом обліку надходжень та витрати вологи в кореневмісному та метровому шарах ґрунту. Для дослідження зон зволоження ґрунтів і призначення строків поливу використовували тензіометричний метод, який базується на теорії потенціалу ґрунтової вологи (Ромащенко М.І., Корюненко В.М., 1984, 2012). За цього було апробовано та використано два типи датчиків: тензіометри ВВТ-II та Watermark 200SS. Також використовували датчики вологості ґрунту Echo Probe (10 HS, EC 5).

Величину норми поливу розраховували як різницю вологозапасів, які відповідають найменшій і передполивної вологомісткості з урахуванням локального характеру зволоження ґрунту за формулою Костякова О.М. (1951).

Норми внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність розраховували балансовим методом з урахуванням виносу елементів живлення (ЕЖ) з урожаєм, вмісту ЕЖ у ґрунті, коефіцієнтів використання ЕЖ із ґрунту та добрив (Гамаюнова В.В., 1997).

Фотосинтетичний потенціал (ФП, млн. м² х діб/га) посівів (насаджень) розраховували, виходячи із суми величини площі листкової поверхні на 1 га посіву за добу впродовж вегетаційного періоду графоаналітичним методом за Ничипоровичем А.О. (1961).

Облік забур'яненості проводили згідно методики Інституту захисту рослин НААН (2001). Вивчення розвитку та розміщення кореневої системи рослин здійснювали методом відмивання моноліту. Біометричні вимірювання проводили згідно із загальноприйнятими методиками дослідної справи. Вони стосувались визначення висоти рослин у динаміці, розрахунках ФП та ЧПФ.

Облік урожаю здійснювали методом суцільного збирання (крім плодів перцю, баклажану та кавуна) з їх наступним зважуванням та сортуванням відповідно до ДСТУ 3805, ДСТУ 2659, ДСТУ 2660, ДСТУ 3234, ГОСТ 7176, ДСТУ 4525, РСТ УРСР 297, ДСТУ 4327, ДСТУ 4964. Для оцінки якості продуктивних органів виконували біохімічні аналізи з визначення вмісту сухої речовини рефрактометричним методом (ДСТУ 8402), цукрів – за Бертраном ціанідним методом (ДСТУ 4954), вітаміну С – за Муррі (ДСТУ 7803), каротину – за Муррі з використанням спектрофотометрії (ДСТУ 4305), нітратів – потенціометрично іонселективним електродом (ДСТУ 4948). Визначення вмісту сахарози у коренеплодах буряків проводили методом гарячої дигестії. Біохімічні аналізи виконували на базі атестованої Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП, а також на базі спеціалізованих аналітичних лабораторій КДДС та ПДСГДС.

Біоенергетичну ефективність вирощування визначали за «Методикою біоенергетичної оцінки технологій в овочівництві» (Болотських О.С., Довгаль М.М., 1999) та «Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва» (Тараріко Ю.О. та ін., 2005).

Статистичний аналіз результатів експериментальних досліджень проводили за дисперсійним, кореляційним і регресійним методами з використанням прикладної комп'ютерної програми «Statistica».

Економічну оцінку ефективності розроблених елементів технологій виконували згідно фактичних витрат матеріальних коштів на вирощування продукції.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПРОСАПНИМИ КУЛЬТУРАМИ ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

При проведенні польових технологічних дослідів в умовах краплинного зрошення нами виділено особливості, які визначаються специфікою цього способу поливу:

1. Незрошувані варіанти досліду розміщувати від зрошуваних на відстані не менше 5 м, що пов'язано із впливом краплинного зрошення на температуру і вологість приземних шарів повітря.

Шляхом вимірювання температури та відносної вологості повітря у вертикальному та горизонтальному напрямках від поливного трубопроводу (ПТ) встановлено, що вплив зрошення нівелюється на відстані 5 м (рис. 2).

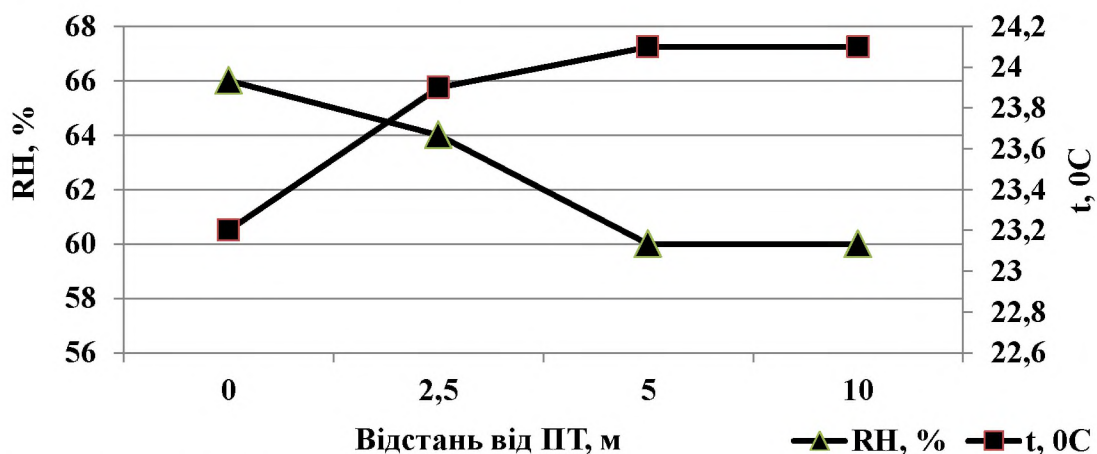


Рис. 2. Зміни температури (t , $^{\circ}\text{C}$) та відносної вологості повітря (RH , %) на висоті 0,1 м після поливу ($m=150 \text{ м}^3/\text{га}$) залежно від відстані від ПТ

2. Метод діагностування строків поливів обирають за такими критеріями: оперативність, точність, достовірність. Термостатно-ваговий метод не в повній мірі відповідає критерію «оперативність», тому його слід застосовувати тільки як контрольний метод визначення вологості ґрунту.

3. Польові дослідження закладають на рівнинній та ретельно спланованій ділянці. У першу чергу, це стосується досліджень, у яких використовують ПТ з крапельницями без компенсації тиску.

4. Дотримання принципу єдиної логічної відміни не має призводити до обмеження умов, за яких той чи інший фактор може проявити свій максимальний ефект. Насамперед це стосується густоти рослин, кількості міжрядних обробітків та фертигації.

5. Для проведення спостережень за рівнем підґрунтових вод закладають мережу свердловин.

6. Для обліку об'ємів зрошувальної води у розрізі варіантів досліду використовують лічильники холодної води, які перед початком проведення досліджень мають бути опломбовані та повірені.

У методичному плані нами також розроблено підхід до визначення (набору) типових варіантів однофакторного досліду, реалізація якого спрямована на отримання залежностей «Водоспоживання–Урожайність» та визначення оптимального РПВГ з точки зору витрат ресурсів на одиницю продукції. Набір варіантів досліду складається з трьох блоків, які послідовно відображають три області кривої реакції на однофакторний дослід: лімітуючу, стаціонарну та інгібуючу. Дослідженнями встановлено, що для більшості просапних культур лімітуюча область кривої відповідає варіантам досліду з РПВГ від 60 до 70 % НВ і варіанту без зрошення (контролю), стаціонарна область (зона оптимуму) – від 75 до 90 % НВ та інгібуюча область (надлишкова зона) – від 95 % НВ до повної вологомісткості ґрунту. Разом з тим, до схеми досліду необхідно включати від 2 до 4 варіантів з диференційованими РПВГ за фазами розвитку рослин, які, у більшості випадків, є потенційно оптимальними варіантами досліду.

РЕЖИМИ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ТА ПРОЦЕСИ ВОДОСПОЖИВАННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Фактичний режим краплинного зрошення просапних культур формувався залежно від РПВГ і метеорологічних умов вегетаційного періоду.

Виконавши математичну обробку даних щодо кількості поливів та норм зрошення (для культур із близькою тривалістю вегетаційного періоду), ми отримали залежності «РПВГ – Кількість вегетаційних поливів» та «РПВГ – Зрошувальна норма» (рис. 3, 4).

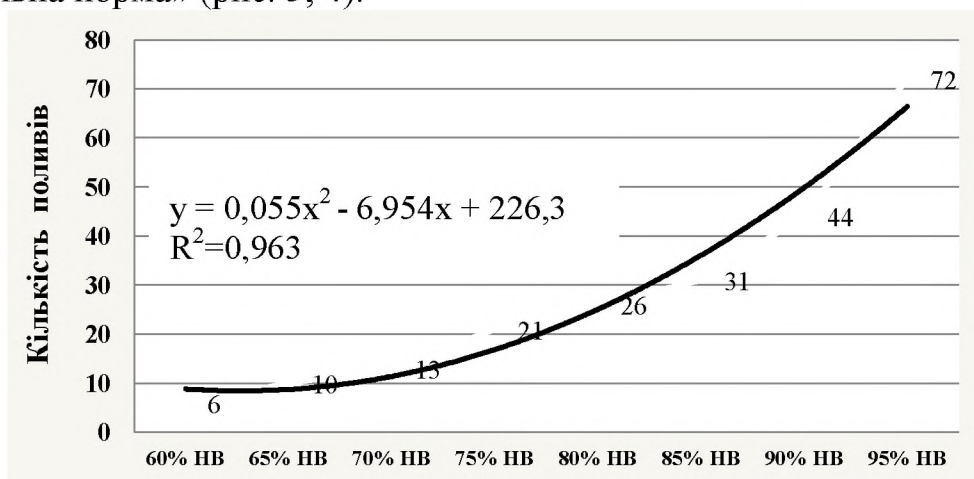


Рис. 3. Залежність «РПВГ – Кількість вегетаційних поливів» за краплинного зрошення просапних культур (2006-2015 рр.)

Функціональна залежність «РПВГ – Кількість вегетаційних поливів» описується поліномом другого ступеня, за цього коефіцієнт кореляції r становить 0,98, що свідчить про сильний взаємозв'язок між цими параметрами.

Слід відмітити закономірності змін кількості вегетаційних поливів зі зростанням передполивного порога. За найбільш помірному режиму зволоження кількість поливів становила 6, зростаючи із кожним наступним підвищенням РПВГ (+5 % НВ) на 4–8 поливів.

Більш різке зростання кількості поливів відмічено між варіантами з 80 та 85 % НВ – з 31 до 44 і особливо різко зросла кількість поливів за підтримання РПВГ 95 % від НВ – до 72. Встановлені взаємозв'язки між n (кількістю поливів) та РПВГ в цілому відповідають фізичній суті процесів водоспоживання рослин та формування поливних режимів: підтримання більш високої вологості ґрунту потребує проведення поливів відносно невеликими нормами за одночасного скорочення міжполивних періодів.

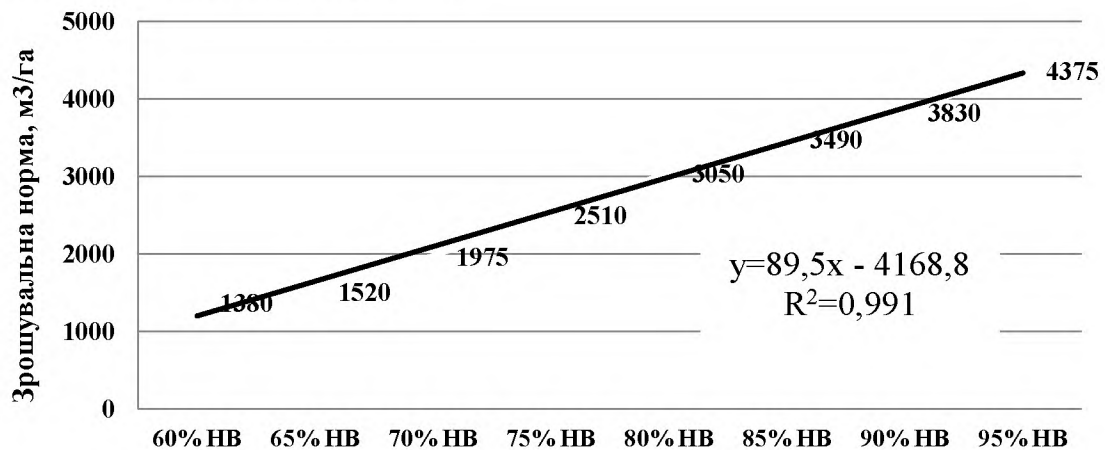


Рис. 4. Залежність «РПВГ – Зрошувальна норма» за краплинного зрошення просапних культур (2006-2015 рр.)

Залежність «РПВГ – Зрошувальна норма» описується лінійним рівнянням, за цього величина коефіцієнта кореляції r становить 0,99, що свідчить про дуже сильний взаємозв'язок між цими параметрами.

Оскільки встановлена залежність носить лінійний характер, відмічаємо поступове зростання величин зрошувальної норми з кожним наступним підвищенням РПВГ на 5 % НВ – від 340 до 545 м³/га. Виключенням із цієї закономірності є лише різниця норми зрошення між 60 та 65 % НВ, яка фактично складає 140 м³/га.

Режим краплинного зрошення знаходився у взаємозв'язку з метеопараметрами, які безпосередньо впливали на фізичне випаровування та інтенсивність транспірації. Поряд з цим, найбільш тісну кореляційну залежність «Режим краплинного зрошення – Метеопараметри» було встановлено тільки за фактором «Кількість опадів». Зокрема відмічено, що вплив кількості опадів тим значиміший, чим нижчий передполивний поріг. Скорочення міжполивних періодів з підвищенням середньодобової температури найбільш чітко проявляється у періоди аномальної спеки. Наприклад, у II декаді липня – I декаді серпня тривалість міжполивного періоду, за умови підтримання РПВГ 80 % НВ, становила від 3,5–5,5 діб, а у періоди із аномально високими середньодобовими температурами повітря +29-31⁰С міжполивний період

скорочувався до 1–2 діб. Фрагмент взаємозв'язку та впливу температури на фактичний режим краплинного зрошення на прикладі перцю солодкого у період 20.07 – 20.08.2010 р. наведено на рис. 5.

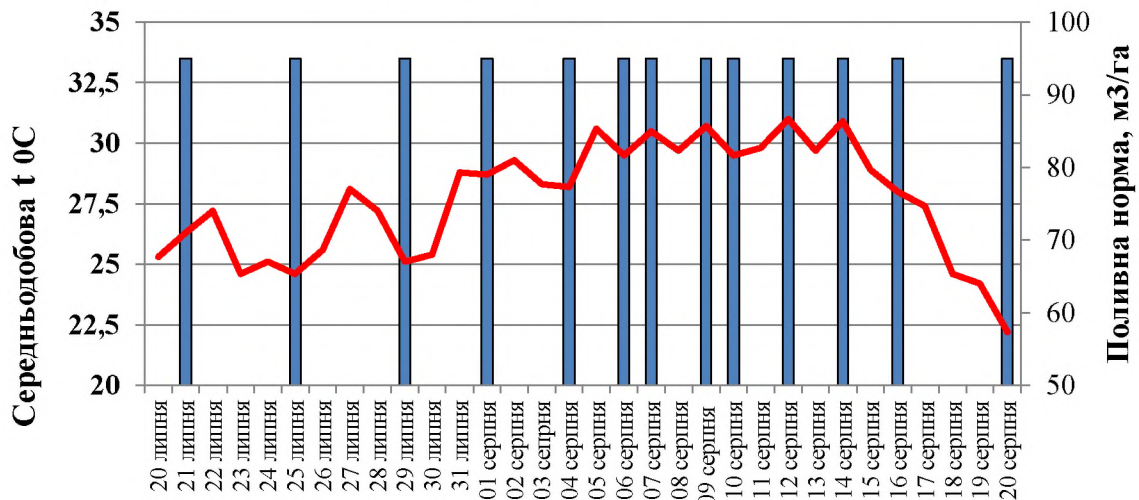


Рис. 5. Вплив середньодобової температури повітря на фактичний режим краплинного зрошення перцю солодкого (КДДС, 2010 р.)

На основі багаторічних експериментальних даних з режимів краплинного зрошення розроблено інформаційно–дорадчу систему (ІДС) з планування та управління режимами краплинного зрошення у вигляді програмного продукту (авторське свідоцтво на твір № 63531).

Усереднені показники сумарного водоспоживання (ET_c) становили від 1,04 до 2,96 тис.м³/га у богарних умовах та від 1,52 до 7,34 тис.м³/га – за краплинного зрошення. Закономірно, що показники ET_c були нижчими за вирощування просапних культур із більш коротким вегетаційним періодом: картоплі ранньої ($ET_c = 1,39-2,55$ тис.м³/га), кукурудзи цукрової ($ET_c = 1,04-3,19$ тис.м³/га) та, зважаючи на широкі міжряддя, які класифікують як «баштанний пар», рослин кавуна ($ET_c = 1,12-1,95$ тис.м³/га). Максимальні показники ET_c були характерними для просапних культур із тривалим періодом вегетації (понад 110 діб), фізіологічно високою транспіраційною здатністю на фоні інтенсивних режимів зрошення із РПВГ 85-95 % НВ: перцю солодкого і баклажана ($ET_c = 5,27-5,87$ тис.м³/га та $5,33-6,33$ тис.м³/га відповідно), сої ($ET_c = 6,76$ тис.м³/га), буряку цукрового ($ET_c = 6,84$ тис.м³/га) та кукурудзи на зерно ($ET_c = 7,06-7,35$ тис.м³/га). Сумарне водоспоживання рослин цибулі ріпчастої ранньостиглої становило від 1,64 тис.м³/га без зрошення до 3,53-4,28 тис.м³/га (70-90 % НВ) на варіантах із краплинним поливом.

Встановлені закономірності змін співвідношення складових за формування ET_c залежно від РПВГ були характерними для всіх культур, тому для описання у якості типових зупинимося на культурі цибулі ріпчастої. Так, у структурі формування сумарного водоспоживання рослин цибулі на варіантах без зрошення, досходовими поливами та у варіанті з РПВГ 70 % від НВ ґрунту переважають продуктивні опади (рис. 6).

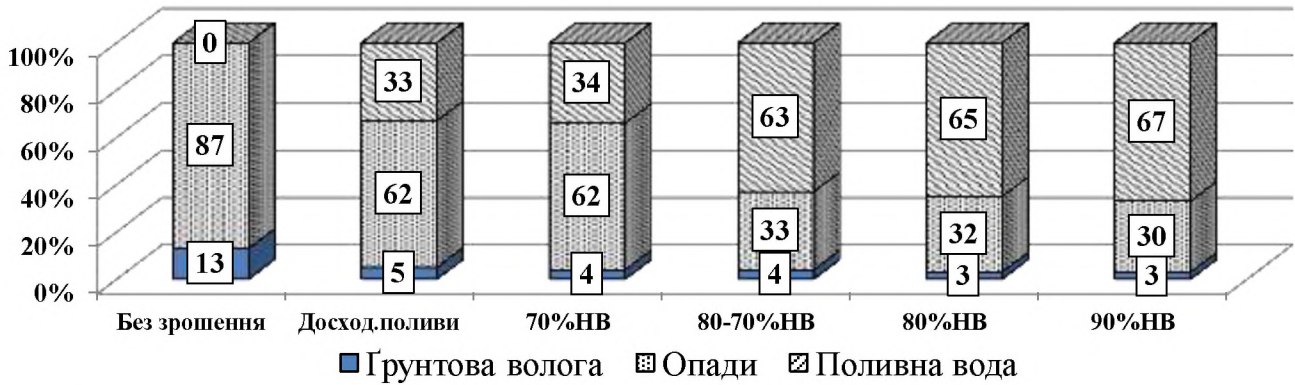
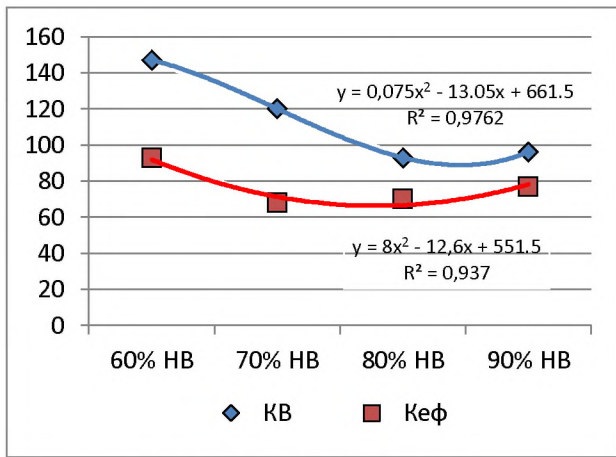


Рис. 6 – Структура сумарного водоспоживання рослин (ET_c) залежно від РПВГ (на прикладі цибулі ріпчастої)

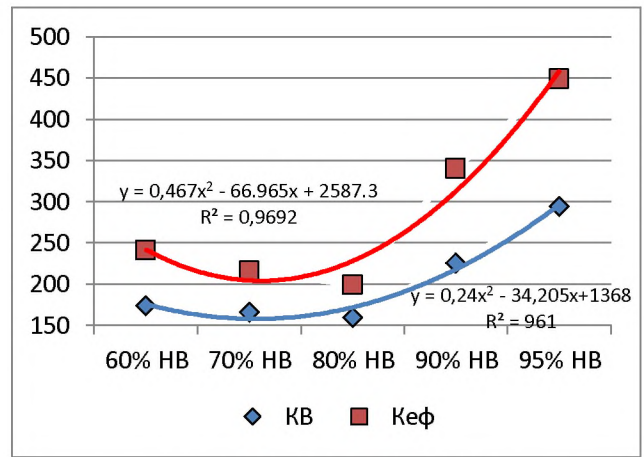
У варіантах із більш інтенсивним поливним режимом (80-90 % НВ) домінує частка поливної води, яка з підвищенням РПВГ у структурі ET_c зростає з одночасним зниженням участі опадів і ґрунтової вологи. Так, за підтримання вологості ґрунту 70 % НВ у структурі ET_c частка зрошення складає 34 %, при 62 % – опадів. Підвищення РПВГ до 90 % НВ призводить до перерозподілу складових ET_c , збільшуючи частку зрошення до 67 %, і зниження до 30 % опадів. Частка ґрунтової вологи в ET_c у варіантах з 70, 80 та 90 % НВ не перевищує 4 %, а для решти варіантів складає 5-13 %.

Інтегральним показником ефективності використання вологи рослинами є коефіцієнт водоспоживання (K_B). У дослідженнях K_B залежав як від метеоумов вегетаційного періоду, так і від досліджуваних факторів – РПВГ, доз мінеральних добрив, строків збирання, схем посіву. У цілому, в розрізі даних щодо культур і років досліджень встановлено, що K_B варіює у досить широких межах – від 40 до 1190 м³/т. Загальна ж закономірність свідчить про мінімізацію витрат вологи на одиницю врожаю за оптимізації режимів краплинного зрошення: з РПВГ від 80 до 90 % НВ, а також застосування диференційованих рівнів зволоження. Так, найнижчий K_B на картоплі становив 93 м³/т (за 80 % НВ), кукурудзі цукровій – 160 м³/т (80 % НВ), на культурі перцю солодкого і баклажану – 88 та 108 м³/т (90-80 % НВ та 75-85 % НВ відповідно), сої – 1190 м³/т (80-70 % НВ), буряку цукровому – 62 м³/т (80-70 % НВ), кукурудзі на зерно – 413 м³/т (85 % НВ), цибулі ріпчастій – 87 м³/т (80-70 % НВ) та кавуні – 40 м³/т (65-75-70 % НВ).

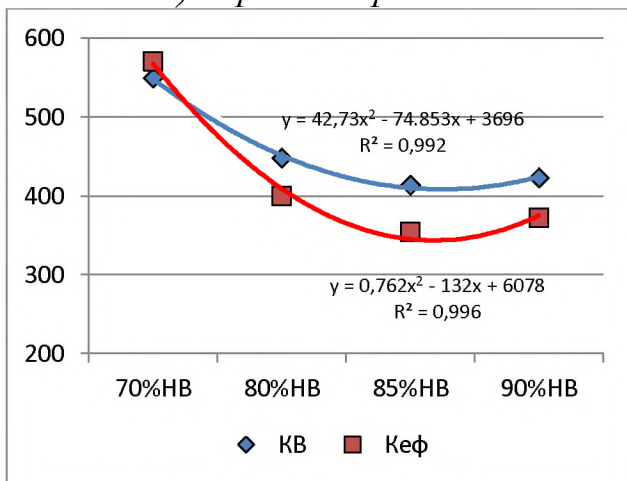
Додатковим інтегральним показником ефективності використання поливної води є коефіцієнт ефективності зрошення $K_{E\Phi}$ – витрата зрошувальної води на одиницю збільшення врожайності від застосування зрошення. Нами встановлено, що характер, динаміка та закономірності змін показника $K_{E\Phi}$ аналогічні змінам параметра K_B . З використанням пакету програм MS Excel побудовано кореляційні залежності K_B та $K_{E\Phi}$ від РПВГ (рис. 7).



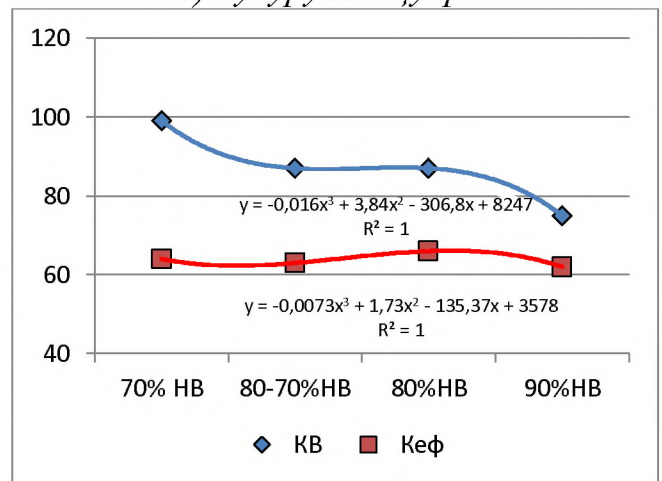
а) картопля рання



б) кукурудза цукрова



в) кукурудза зернова



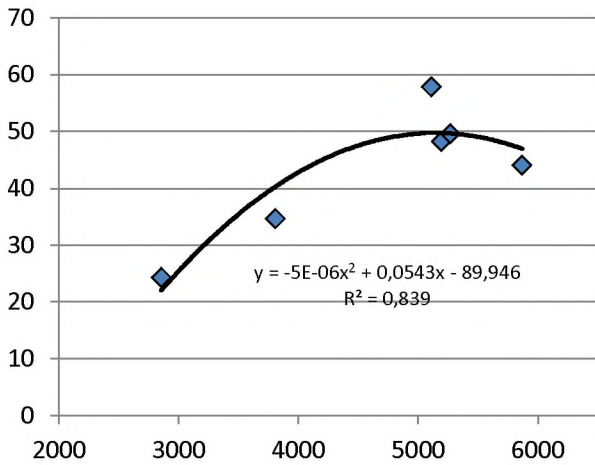
г) цибуля ріпчаста

Рис. 7. Кореляційно-регресійні залежності KB та Кеф від РПВГ за краплинного зрошення просапних культур

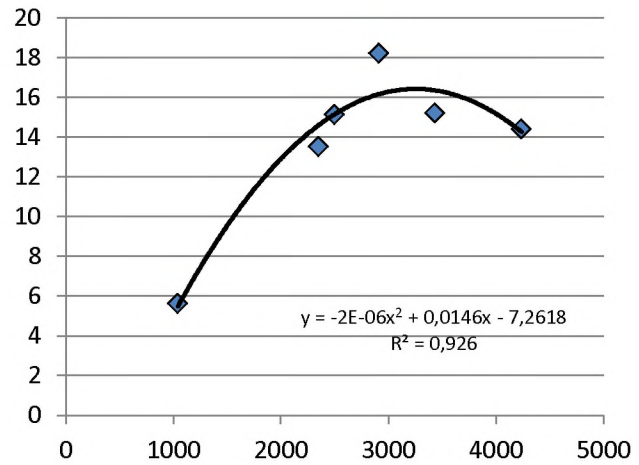
При проектуванні системи краплинного зрошення (СКЗ) важливим параметром є максимальне добове водоспоживання. Пікові його значення зафіксовано у найбільш спекотливі періоди, календарно вони збігаються з III декадою липня – I-II декадами серпня. Так, максимальні показники добового водоспоживання просапних культур зафіксовано на рівні 10-12 мм в умовах Степу Сухого та 9-11 мм для умов Степу південно-центрального.

Одним із результатів роботи є встановлення кореляційних зв'язків між сумарним водоспоживанням культур та їх урожайністю. На основі цього вперше для умов краплинного зрошення Степу побудовано залежності (статистичні моделі) «Водоспоживання – Врожайність» та визначено найбільш оптимальні варіанти використання води з точки зору її витрат на формування продукції (рис. 8).

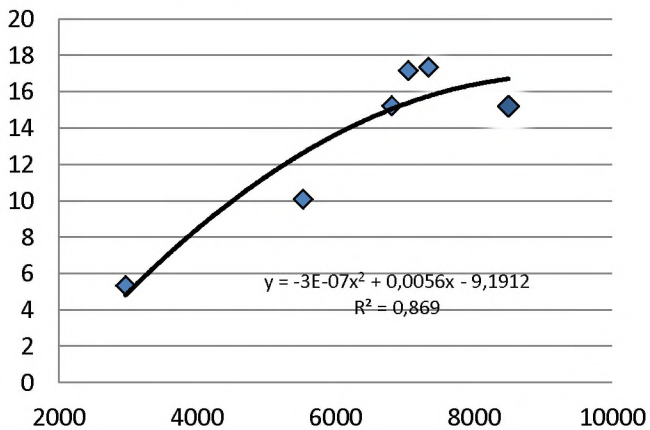
Наведені залежності є кривими реакції на однофакторний дослід, вони складаються із трьох областей: лімітуючої, стаціонарної та інгібуючої. Коефіцієнти кореляції $r = 0,92-0,98$ свідчать про тісний взаємозв'язок між цими величинами. Встановлені залежності «Водоспоживання-Врожайність» з агробіологічної точки зору не є стійкими, тому що існують потенційні можливості підвищення врожайності за однакових норм водоспоживання.



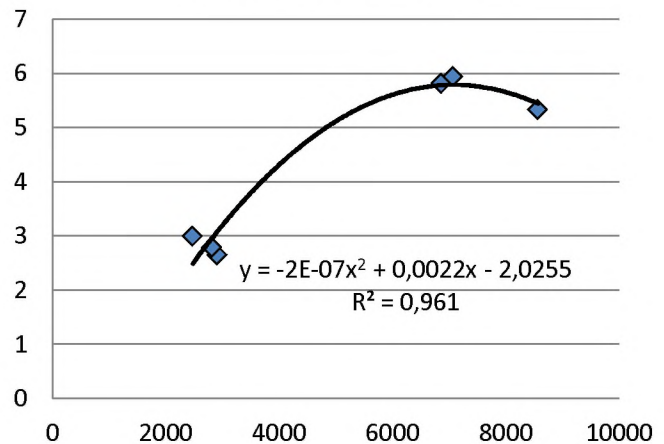
а) перець солодкий



б) кукурудза цукрова



в) кукурудза зернова



г) соя

*за віссю абсцис – сумарне водоспоживання, м³/га; ординат – урожайність, т/га

Рис. 8. Статистичні моделі «Водоспоживання – Врожайність»

за краплинного зрошення просапних сільськогосподарських культур

РІСТ, РОЗВИТОК, УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКТИВНИХ ОРГАНІВ ДОСЛІДЖУВАНИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД ОКРЕМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ТА ЇХ ПОЄДНАННЯ

Закономірно, що мінімальні біометричні параметри та фотосинтетичну продуктивність фіксували у богарних умовах. Навіть помірне зрошення (РПВГ 60 - 75 % НВ) збільшувало висоту рослин у середньому на 74,2 %, ПЛП – на 82,8 %, ФП – на 90,9 % та ЧПФ – у 2,7 рази. Максимальні параметри, які характеризують ростові процеси, було зафіксовано на варіантах із РПВГ 80-90 % НВ, у т.ч. і за диференційованих режимів зрошення. Так (порівняно із контрольним варіантом), висота рослин була більшою у 2,2 рази, ПЛП – 2,5 рази, ФП – 2,3 рази та ЧПФ – 3,4 рази. У той же час, реалізація інтенсивних режимів зрошення (РПВГ понад 90 % НВ) призводила до незначного, проте достовірного зниження біометричних показників на 5–9 % порівняно із біологічно оптимальними режимами, що свідчить про пригнічення розвитку рослин в умовах перезволоження.

Характер розвитку кореневої системи було обумовлено РПВГ та параметрами зон зволоження. У варіантах із природнім зволоженням корені рослин, у «пошуках» вологи, проникали найглибше, а коренева система була найменш розвинутою порівняно із зрошуваними варіантами. З підвищенням РПВГ

прослідковували тенденцію до зменшення глибини розташування кореневої системи, збільшення ширини її розповсюдження, а також загальної кількості та ваги коренів. Причому, таку тенденцію було збережено і на варіантах з високими РПВГ (90-95 % НВ). Разом з цим, кореляційний зв'язок між масою сухих коренів та врожайністю культур встановлено лише між богарними та зрошуваними варіантами. Цими дослідженнями підтверджено, що реалізація біологічно оптимальних режимів краплинного зрошення не призводить до локалізації кореневої системи в межах зон зволоження ґрунту.

Оптимальними варіантами, які забезпечили найвищий рівень врожайності у дослідях, є реалізація режимів краплинного зрошення з РПВГ:

- 80 % від НВ ґрунту для картоплі весняного строку садіння (27,1 т/га);
- 80 % від НВ ґрунту для кукурудзи цукрової (18,2 т/га);
- 90-80 % від НВ ґрунту для перцю солодкого розсадного (57,8 т/га);
- 75-85 % від НВ ґрунту для баклажану розсадного (48,0 т/га);
- 85 % від НВ ґрунту для кукурудзи на зерно (17,15 т/га);
- 90 % від НВ ґрунту для цибулі ріпчастої ранньостиглої (57,3 т/га) (табл. 3).

Кращими варіантами у дослідях, які забезпечили найвищу врожайність за мінімальних питомих витрат ресурсів, є поєднання факторів:

- на сої (5,94 т/га) – режим краплинного зрошення з РПВГ 80-80-70 % НВ на фоні густоти рослин 417,6 тис. шт./га;
- на буряку цукровому для переробки на біогаз (167,6 т/га) – режим краплинного зрошення з РПВГ 80-70 % від НВ з укладанням ПТ у кожне міжряддя;
- на буряку цукровому для переробки на цукор (96,6-99,6 т/га) – густота посіву 111,1 тис. рослин/га і строк збирання – 21 жовтня;
- на кавуні – площа живлення 1,5 м², доза добрив N₆₀P₉₀K₆₀ і РПВГ 65-75-70% НВ.

Таблиця 3

**Урожайність просапних культур за краплинного зрошення
залежно від рівня вологозабезпечення, т/га**

| С.-г. культура | РПВГ, % від НВ | | | | НІР _{0,5} |
|-------------------|----------------|-------------|-------------|-----------|--------------------|
| | без зрошення | 60-75 | 80-85 | 90-95 | |
| Картопля рання | 6,47 | 15,75-20,43 | 27,10 | 26,61 | 1,88 |
| Кукурудза цукрова | 5,6 | 13,5-15,1 | 18,2-15,2 | 14,4 | 1,12 |
| Перець солодкий | 24,3 | 34,6 | 48,2-57,8 | 49,4-44,0 | 1,92 |
| Баклажан | 26,2 | 29,5 | 33,5-48,0 | 42,9-33,3 | 1,36 |
| Соя насіннева | 2,78 | – | 5,94 | – | 0,43 |
| Буряк цукровий | 51,11 | – | 110,7 | – | 3,92 |
| Кукурудза зернова | 5,33 | 10,07 | 15,22-17,15 | 17,34 | 1,41 |
| Цибуля ріпчаста | 3,1 | 35,8 | 43,-45,7 | 57,3 | 3,65 |
| Кавун | 11,05 | 43,5-44,9 | – | – | – |

Якість продуктивних органів є одним із ключових критеріїв оцінки ефективності технологій вирощування с.-г. культур. Дослідженням впливу РПВГ на біохімічний склад продуктивних органів встановлено достовірне зниження вмісту сухих речовин, клітковини та незначне підвищення вмісту нітратів у варіантах із інтенсивним зрошенням (85-95 % НВ) порівняно із богарними умовами. Разом з цим, в усіх дослідях уміст нітратів, завдяки дискретному

(дозованому) внесенню добрив з поливною водою, не перевищував ГДК. Встановлено також достовірне зростання вмісту крохмалю та вітаміну С у бульбах картоплі за оптимізації режиму зрошення. В інших дослідях достовірного впливу на біохімічний склад режим краплинного зрошення не мав.

ОЦІНКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СТРОКІВ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ПОЛИВІВ

Отримання максимального ефекту від зрошення значною мірою залежить від правильності вибору часу початку поливу. У роботі адаптовано та вдосконалено 3 методи визначення строків поливу: за фізіологічним показником – концентрацією клітинного соку (ККС) листків, розрахунковий метод «Penman-Monteith» (FAO) та інструментальний на основі станції вологості ґрунту iMetos®.

Діагностика поливів за ККС. Статистичною обробкою експериментальних даних виявлено існування достовірних обернених кореляційних залежностей між ККС листків і вологістю ґрунту для основних фаз розвитку рослин: ККС листків як буряку цукрового, так і картоплі зростає зі зниженням вологості ґрунту (рис. 9). За об'ємної вологості ґрунту 15,6 % (60% НВ) ККС листків буряку на 4,85 %, а картоплі – на 1,90 % вища, ніж за вологості 23,4 % (90 % НВ). За цими даними розраховано коефіцієнти кореляції r та їх помилку m_r (табл. 4).

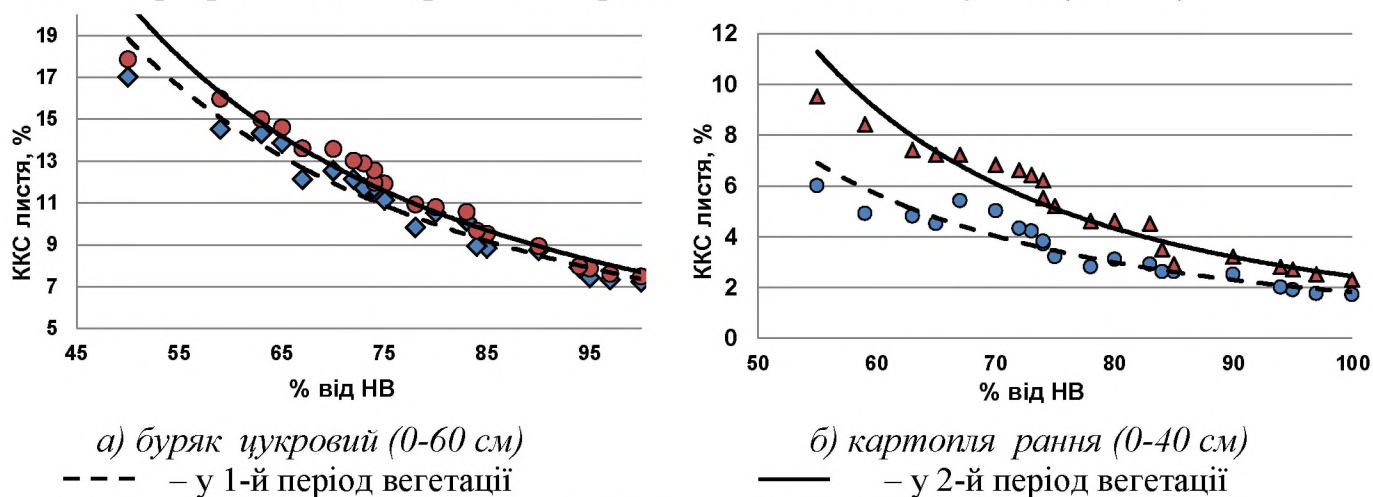


Рис. 9. Залежності «ККС листя – вологість ґрунту»

Таблиця 4

Кореляційні залежності між ККС листків та вологістю ґрунту за краплинного зрошення просапних культур

| Значення r та m_r | Рівень передполивної вологості ґрунту, % НВ | | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| <i>Буряк цукровий (шар 0-60 см)</i> | | | | | | | |
| r | -0,86 | -0,87 | -0,90 | -0,90 | -0,92 | -0,90 | -0,80 |
| m_r | ±0,06 | ±0,05 | ±0,08 | ±0,09 | ±0,05 | ±0,02 | ±0,04 |
| <i>Картопля рання (шар 0-40 см)</i> | | | | | | | |
| r | -0,82 | -0,80 | -0,85 | -0,87 | -0,85 | -0,80 | -0,77 |
| m_r | ±0,07 | ±0,06 | ±0,05 | ±0,01 | ±0,03 | ±0,10 | ±0,11 |

Найбільш високу кореляцію між ККС та вологістю ґрунту встановлено у вранішні години: з 7-ї до 9-ї, далі, протягом дня, вона мала тенденцію до зниження. Зміна величини ККС залежно від ярусу розташування листків не мала чітких закономірностей, тому для більш достовірного визначення ККС листків необхідно відбирати пробу із середньої частини листка одного і того ж ярусу.

Таким чином, призначення поливів буряку цукрового за величини ККС листків у 1-й половині вегетації 10,5 %, у 2-й – 11,3 %, а картоплі за величини у 1-й половині вегетації 3,5 %, у 2-й – 5,0 % забезпечує підтримання оптимального водного режиму ґрунту на рівні 80-90 % від НВ.

Адаптація методу «Penman – Monteith». Кліматичні умови Степу України ($R_{Hmin} \approx 30\%$, $v \approx 3$ м/с) відрізняються від типових FAO, тому для практичного використання методу «Penman-Monteith» необхідне корегування K_c з урахуванням відхилень від стандартних умов. НДР виконано на прикладі зернової кукурудзи. Результати засвідчили, що на початковій та прикінцевій стадіях розвитку рослин кукурудзи K_c (FAO) завищує фактичне значення випаровування від 20 до 225 %, а в середині вегетації, навпаки, – занижує на 10-15 %. Це призводить до переполиву на початку та в кінці вегетації кукурудзи та дефіциту вологозапасів у критичний період розвитку. За роки досліджень K_c -факт. хоч і був дещо різним, проте його відношення до K_c (FAO) чітко корелює у часі, що дало можливість, з метою подальших розрахунків середньодобового випаровування, прийняти середнє значення K_c -прийнятий (K_c (пр.)) (рис. 10).

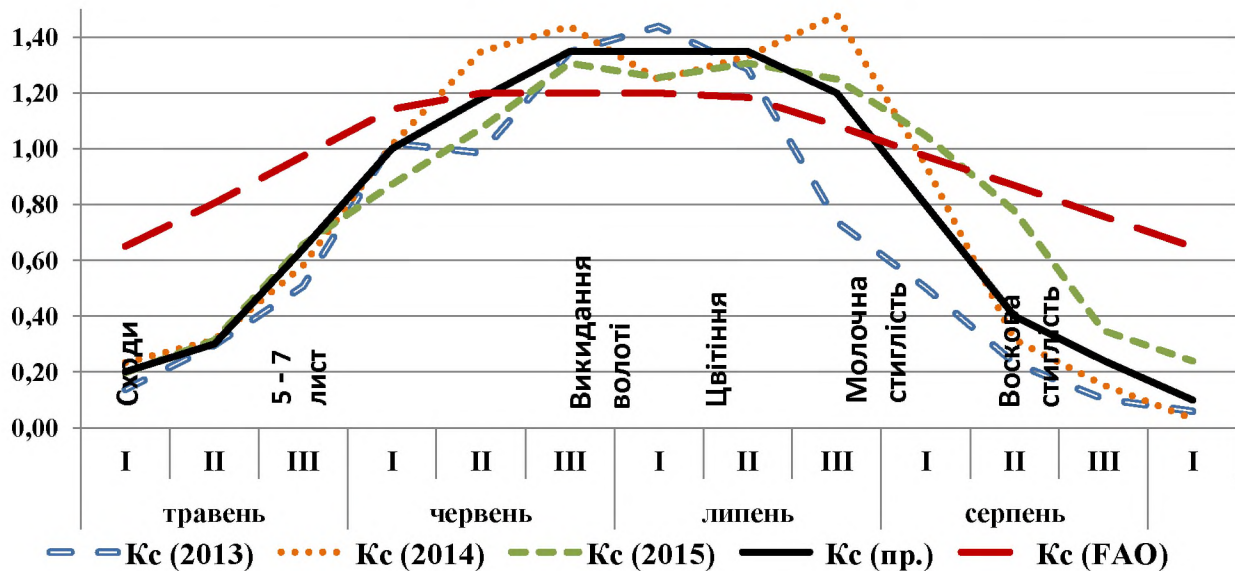


Рис. 10. Динаміка змін K_c протягом вегетації та співвідношення K_c (FAO) і K_c (пр.)

Для визначення ET_c кукурудзи зернової необхідно ET_0 , розраховане за методом «Penman-Monteith» (в програмі « ET_0 Calculator», «IRRIMET» або іншій) за окремий проміжок часу, помножити на відповідне середнє декадне значення коефіцієнта культури K_c (пр.) (табл. 5).

Таблиця 5

Середньодекадні значення коефіцієнта K_c (пр.) для кукурудзи

| травень | | | червень | | | липень | | | серпень | | |
|---------|------|------|---------|------|------|--------|------|-----|---------|-----|------|
| I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| 0,20 | 0,30 | 0,64 | 1,0 | 1,18 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0,24 |

Методика управління краплинним зрошенням на основі використання станцій вологості ґрунту iMetos®. Завданням досліджень було розроблення методики інтерпретації даних використання систем моніторингу вологості

грунту на основі інтернет-станції iMetos® та встановлення особливості роботи датчиків вологості ґрунту Watermark 200SS і Echo Probe (10 HS, EC 5).

Встановлено, що коректне використання описаних сенсорів вимагає попереднього калібрування (побудови функціональних залежностей). З цією метою на відстані 10-15 см від датчиків вологості на глибині їх установки відбирають зразки ґрунту. Термостатно-ваговим методом визначають вологість зразків ґрунту, паралельно фіксуючи показники відповідного датчика. За цими даними будують функціональні залежності. Для датчика Watermark – це логарифмічна залежність вологості легкосуглинкового ґрунту (y % НВ від капілярного потенціалу в абсолютних значеннях кПа) (рис. 11).

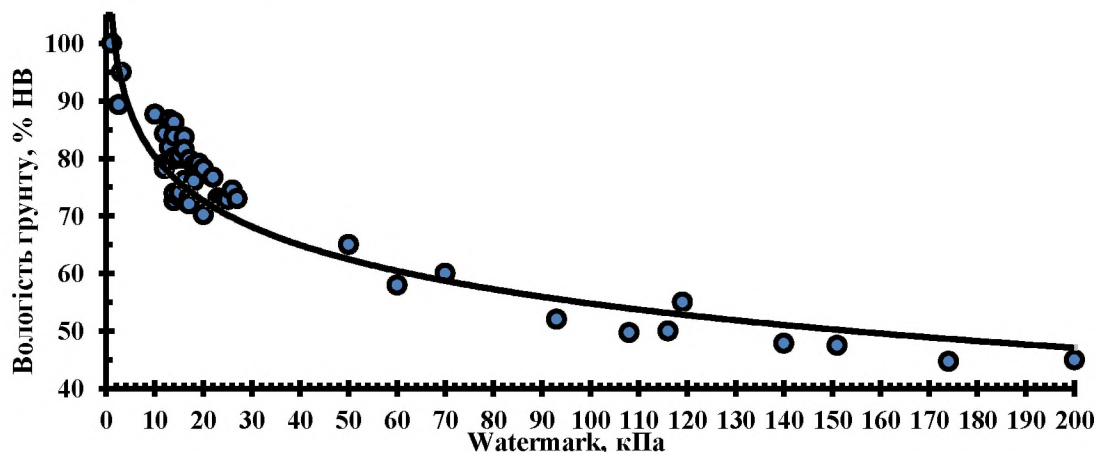


Рис. 11. Залежність капілярного потенціалу від НВ легкосуглинкового ґрунту

$$Y = -11,09 \ln(x) + 105,85, \% \text{ НВ}; R^2 = 0,91,$$

де: Y – вологість ґрунту, % НВ; x – абсолютні показники Watermark, кПа.

Для датчика Echo Probe – це експоненціальна залежність вологості y % від НВ від вмісту води у ґрунті x % (рис. 12).

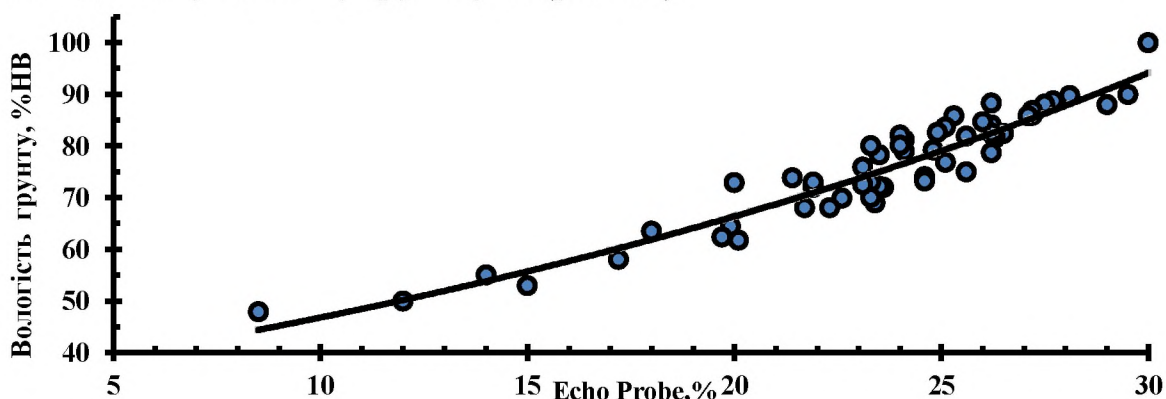


Рис. 12. Залежність об'ємного вмісту води, % від вологості ґрунту, % НВ

$$Y = 32,95 e^{0,035x}, \% \text{ НВ}; R^2 = 0,92,$$

де: Y – вологість ґрунту, % від НВ ґрунту; x – покази датчика Echo Probe, %.

Дані за вибраний проміжок часу можливо експортувати в MS Excel-формат, за допомогою якого значно спрощений перерахунок показників. Оскільки тарування робили y % від НВ ґрунту, то всі розрахунки також необхідно проводити для цього показника.

Після перерахунку отримуємо вологість ґрунту y % від НВ, що дає широкі можливості для аналізу і призначення чергового вегетаційного поливу за зниження вологості до заданого РПВГ (рис. 13).

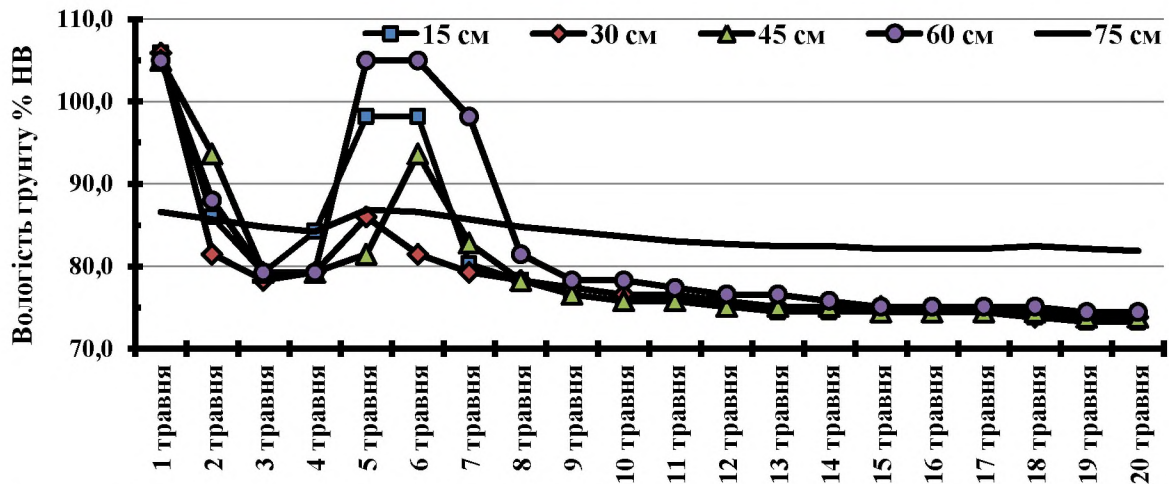


Рис. 13. Динаміка вологості ґрунту за шарами у I створі датчиків (під ПТ)

Також в результаті проведення польового дослідження з діагностики поливів за допомогою інтернет-станції вологості ґрунту iMetos® і тензіометричного методу не було встановлено істотних відмінностей в режимах краплинного зрошення, сумарному водоспоживанні рослин та врожайності зерна кукурудзи.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ЗОН ЗВОЛОЖЕННЯ ҐРУНТІВ

Принциповою технологічною відмінністю краплинного зрошення є, як правило, локальний характер водоподачі у зону інтенсивного водоспоживання рослин. За цього формується зона зволоження відповідної геометричної форми та розмірів. Важливим завданням на етапі проектування та експлуатації СКЗ є встановлення особливостей та геометричних параметрів формування зон зволоження ґрунтів при поливах. У наших дослідженнях експериментальне визначення параметрів зон зволоження проведено залежно від типу ґрунту за гранулометричним складом та нормою (тривалістю) поливу (таблиця 6).

Фактичні контури зон зволоження легкосуглинкового ґрунту (ДП «ДГ «Брилівське») геометрично описуємо як напівеліпс (рис. 14), ДП «ДГ «Великі Клини» – як відсічений на 1/4 еліпс, КДДС – як відсічений на 1/3 еліпс.



Рис. 14. Фактичний контур зони зволоження легкосуглинкового ґрунту, варіант $3,6 \text{ м}^3/100 \text{ м}$ ряду (ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ)

Виконавши аналітичну обробку експериментальних даних отримано, лінійні залежності параметрів зони зволоження ґрунту від часу поливу:

$$S = 603,67 \times t + 1072,3, \text{ см}^2; \quad h = 5,381 \times t + 33,786, \text{ см};$$

$$d = 6,869 \times t + 52,589, \text{ см}; \quad t - \text{ час поливу, год.}$$

Таблиця 6

Геометричні параметри і фактично розраховані площі зон зволоження різних за гранулометричним складом ґрунтів залежно від тривалості (норми) поливу за краплинного зрошення

| Тривалість / норма поливу, год. / м ³ /100 м | Геометричні параметри та фактичні площі зон зволоження, см / см ² | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|--------------|------|-----------------------|-------------------------------|----|-------|--------------|-----------------------|--------------------------|------|-------|------|-----------------------|--|
| | легкий суглинок («Брилівське») | | | | | супіщаний ґрунт («Вел.Клини») | | | | | середній суглинок (КДДС) | | | | | |
| | h | d | h/d | l | S, см ² | h | d | h/d | l | S, см ² | h | d | h/d | l | S, см ² | |
| 1 / 0,6 | 41 | 56,5 | 0,726 | 48,5 | 1790 | 28 | 32 | 0,875 | 40 | 879 | —* | —* | —* | —* | —* | |
| 2 / 1,2 | 43 | 70,0 | 0,614 | 58,1 | 2249 | 35 | 40 | 0,875 | 50 | 1380 | —* | —* | —* | —* | —* | |
| 3 / 1,8 | 47 | 78,0 | 0,603 | 63,3 | 2984 | 67 | 60 | 1,117 | 70 | 3963 | 45,0 | 38,0 | 1,184 | 58,5 | 2324 | |
| 4 / 2,4 | 55 | 75,5 | 0,728 | 66,0 | 3153 | 70 | 65 | 1,060 | 65 | 4165 | 52,0 | 50,0 | 1,040 | 62,0 | 2866 | |
| 5 / 3,0 | 63 | 82,0 | 0,768 | 69,4 | 3811 | 74 | 70 | 1,057 | 80 | 4880 | 65,0 | 55,0 | 1,182 | 78,0 | 4413 | |
| 6 / 3,6 | 67 | 98,0 | 0,684 | 82,2 | 5087 | 73 | 70 | 1,043 | 82 | 4993 | 67,5 | 59,5 | 1,134 | 84,5 | 4814 | |
| 7 / 4,0 | 75 | 100,0 | 0,750 | 86,3 | 5568 | 90 | 80 | 1,125 | 90 | 6907 | 72,0 | 64,0 | 1,125 | 89,5 | 5593 | |
| 8 / 4,6 | 73 | 108,0 | 0,676 | 90,0 | 5668 | 92 | 83 | 1,257 | 92 | 6992 | 75,0 | 69,0 | 1,087 | 94,0 | 6220 | |
| <i>Середнє h/d</i> | | | 0,694 | | | | | | 1,051 | | | | | | 1,125 | |

*Примітка – варіант не досліджено.

Лінійні залежності h і d від часу поливу, рівняння, які описують ці залежності та коефіцієнти достовірності апроксимації R^2 , наведено на рис. 15.

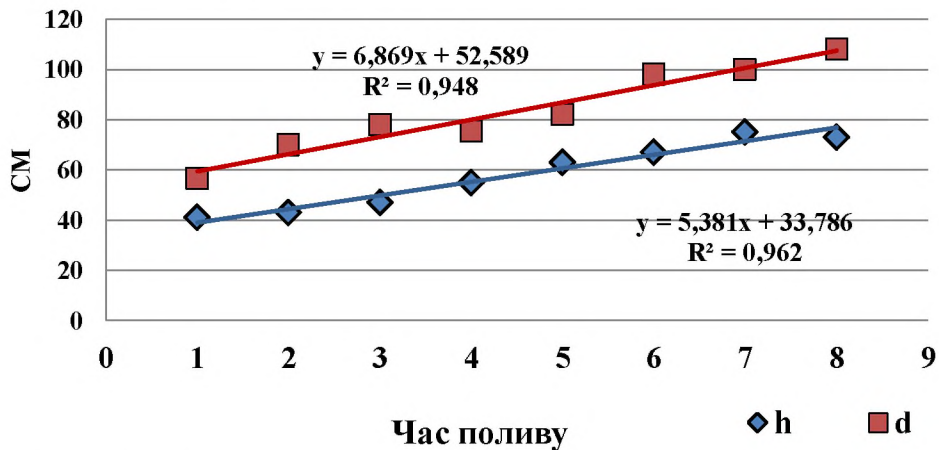


Рис. 15. Залежності глибини та ширини зон зволоження (h/d) легкосуглинкового ґрунту залежно від тривалості (часу) поливу

Таким чином, форма та розміри зон зволоження ґрунтів за краплинного зрошення просапних культур залежать гранулометричного складу ґрунту, його передполивної вологості та об'єму водоподачі. Експериментально для легкого, середнього суглинків та супіщаного ґрунту встановлено співвідношення глибини до ширини та обраховано площі зон зволоження залежно від норми поливу.

З метою розробки математичної моделі профільного вологоперенесення в ґрунті за краплинного зрошення, спільно з Ромащенко М.І. та Оноцьким В.В., виконано чисельне моделювання процесу вологоперенесення, де в якості математичної моделі використано систему диференціальних рівнянь в частинних похідних Клюта – Річардса. Для її розв'язку запропоновано чисельний метод, який дозволяє ефективно розв'язувати нелінійне рівняння Річардса в умовах кількох заглиблених точкових джерел, який поширюється на тривимірний випадок. Результатом є чисельний метод розв'язання початково-крайової задачі для рівняння Річардса у просторі R^2 , що описує рух вологи у ґрунті за краплинного зрошення з точковими джерелами. Алгоритм може бути розповсюджено на нормальний випадок R^3 . Метод реалізовано та успішно використано для чисельного моделювання процесу вологоперенесення у випадку трьох заглиблених точкових джерел (рис. 16).

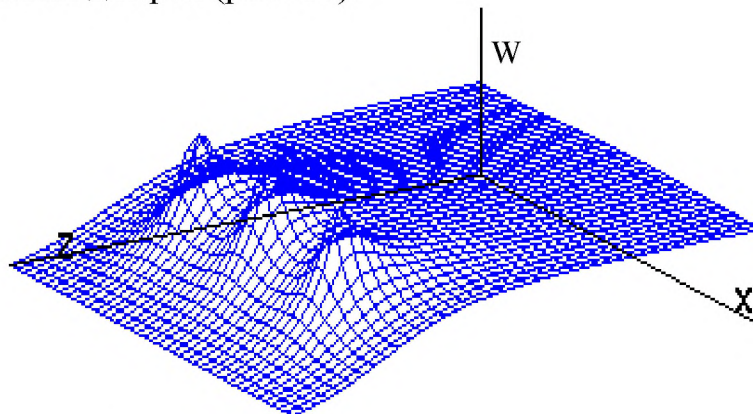


Рис. 16. Обчислені значення вологості W в момент часу $t = 0.066$ у випадку трьох заглиблених джерел (крапельниць)

ВПЛИВ ЛОКАЛЬНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ТА МІКРОКЛІМАТ ЗРОШУВАНОВОГО ПОЛЯ

Метою першої частини досліджень було визначення впливу краплинного зрошення на вміст у ґрунті елементів живлення, гумусу, нітратів та щільності будови ґрунту після семи років його застосування у ланці овочевої сівозміни та встановлення динаміки цих показників протягом вегетації овочевих рослин.

Як показали результати досліджень, в умовах зрошення вміст валового азоту підвищився у верхньому 0–40 см шарі ґрунту, особливо значне підвищення (81 %) спостерігали у шарі ґрунту 0–20 см (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив краплинного зрошення овочевої сівозміни на вміст елементів живлення та гумусу у ґрунті

| Глибина відбору зразка, см | Вміст валового N, % | Вміст рухомих сполук P ₂ O ₅ , мг/100 г | Вміст рухомих сполук K ₂ O, мг/100 г | Гумус валовий, % | Вміст NO ₃ , мг/100 г |
|----------------------------|---------------------|---|---|------------------|----------------------------------|
| 0–20 | <u>0,20*</u> | <u>3,32</u> | <u>20,8</u> | <u>1,98</u> | <u>4,20</u> |
| | 0,11* | 2,52 | 48,0 | 2,05 | 5,30 |
| 21–40 | <u>0,09</u> | <u>2,85</u> | <u>17,0</u> | <u>1,81</u> | <u>4,54</u> |
| | 0,08 | 2,03 | 33,6 | 1,88 | 7,20 |
| 41–60 | <u>0,08</u> | <u>1,92</u> | <u>11,2</u> | <u>1,74</u> | <u>3,50</u> |
| | 0,10 | 1,81 | 20,8 | 1,80 | 11,90 |
| 61–80 | <u>0,06</u> | <u>0,90</u> | <u>8,0</u> | <u>1,19</u> | <u>3,06</u> |
| | 0,09 | 1,43 | 11,8 | 1,54 | 15,20 |
| 81–100 | <u>0,05</u> | <u>0,55</u> | <u>5,2</u> | <u>0,96</u> | <u>2,50</u> |
| | 0,09 | 1,64 | 14,0 | 1,54 | 8,30 |
| 101–140 | <u>0,05</u> | <u>0,53</u> | <u>5,5</u> | — | <u>1,40</u> |
| | 0,07 | 1,79 | 11,5 | — | 6,90 |
| 141–180 | <u>0,04</u> | <u>0,96</u> | <u>7,1</u> | — | <u>1,95</u> |
| | 0,04 | 0,70 | 8,7 | — | 10,20 |
| 181–220 | <u>0,03</u> | <u>1,20</u> | <u>7,4</u> | — | <u>2,50</u> |
| | 0,03 | 0,90 | 11,2 | — | 11,75 |
| 221–260 | <u>0,02</u> | <u>1,70</u> | <u>8,0</u> | — | <u>2,60</u> |
| | 0,03 | 1,03 | 10,3 | — | 7,95 |
| 261–300 | <u>0,02</u> | <u>1,40</u> | <u>8,0</u> | — | <u>2,21</u> |
| | 0,03 | 1,15 | 13,6 | — | 6,80 |

*Примітка. Дані в чисельнику відповідають тривалості краплинного зрошення 7 років, у знаменнику – богарні умови на тому ж масиві (контроль).

З глибини 41 см визначено прямо обернену залежність: за краплинного зрошення вміст валового азоту знижується на величину від 3 до 48 %. Процес накопичення сполук азоту у верхніх шарах ґрунту за краплинного зрошення обумовлюється щорічним внесенням підвищених доз азотних добрив, а також міграцією сполук до поверхні ґрунту з висхідними потоками вологи.

Таку ж закономірність спостерігали і з рухомими сполуками фосфору. Вміст рухомих сполук калію у шарі ґрунту 0–100 см на зрошенні становить 1679,4 кг/га, у той час у контролі – 3461,4 кг/га або в 2,06 разів більше. Цей факт пояснюємо застосуванням у богарних умовах системи землеробства з мінімальним обробітком ґрунту. Впливу краплинного зрошення на вміст валового гумусу у верхніх шарах ґрунту (0–60 см) не спостерігали: перевищення у контролі знаходиться у незначних межах 3,5–4,0 %.

Як показують результати, краплинне зрошення не сприяє накопиченню нітратів у нижніх шарах ґрунту: вміст їх за глибиною ґрунтового профілю рівномірний і коливається у незначних межах. Щільність складення ґрунту в зоні зволоження практично не зазнала змін порівняно із зоною міжряддя (табл. 8).

Таблиця 8

**Щільність складення ґрунту в зоні зволоження (під водовипуском)
та у зоні міжряддя за краплинного зрошення овочів**

| Глибина відбору зразка, см | Щільність складення ґрунту, г/см ³ | | | | | |
|----------------------------|---|------|------|-----------------|------|------|
| | під краплинним водовипуском | | | в зоні міжряддя | | |
| | I | II | III | I | II | III |
| 0–10 | 1,18 | 1,40 | 1,42 | 1,20 | 1,32 | 1,30 |
| 11–20 | 1,53 | 1,54 | 1,54 | 1,54 | 1,55 | 1,54 |
| 21–30 | 1,52 | 1,53 | 1,54 | 1,49 | 1,50 | 1,48 |
| 31–40 | 1,55 | 1,58 | 1,56 | 1,48 | 1,46 | 1,50 |
| 41–50 | 1,34 | 1,36 | 1,37 | 1,36 | 1,36 | 1,36 |
| 51–60 | 1,26 | 1,28 | 1,27 | 1,35 | 1,34 | 1,30 |
| 61–70 | 1,32 | 1,34 | 1,32 | 1,29 | 1,27 | 1,26 |

Примітка. I – відбір зразків ґрунту після сівби, II – у середині вегетації, III – у кінці вегетації.

Метою іншої частини дослідження було встановлення впливу краплинного зрошення на мікроклімат приземних шарів повітря – температуру та відносну вологість повітря.

На рис. 17 наведено фрагмент погодинної динаміки змін параметрів температури і відносної вологості повітря у богарних та зрошуваних умовах перед вегетаційним поливом та протягом наступних двох діб.

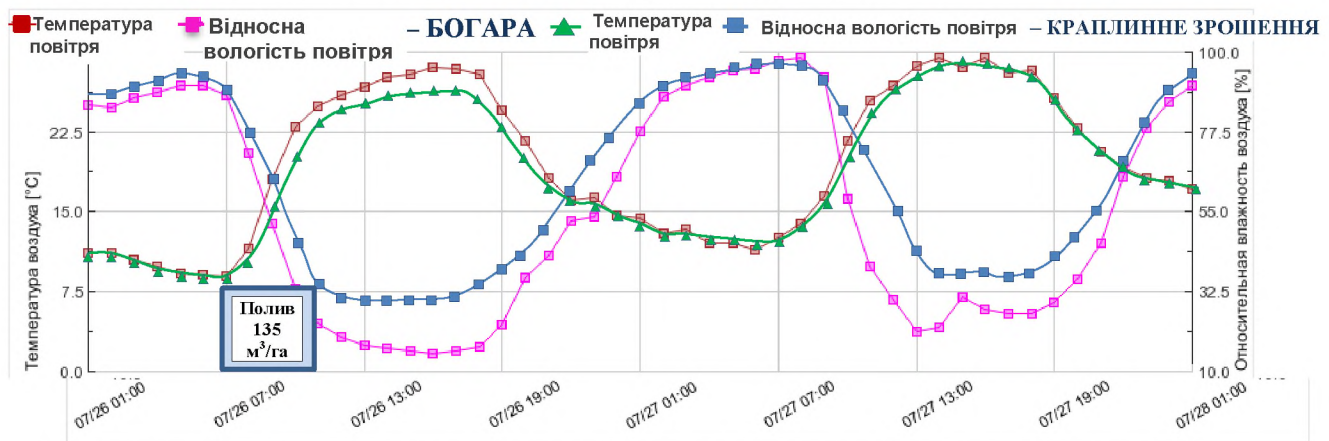


Рис 17. Динаміка температури та відносної вологості повітря в богарних умовах та за краплинного зрошення у посівах зернової кукурудзи (ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ, 26.07.2015 р. – 28.07.2015 р.)

Закономірно, що найбільш суттєво впливає на досліджувані показники період доби. Так, у незрошуваних умовах середня температура та відносна вологість повітря у нічні години становили +13,32⁰С і 84,92 %, а у денні години – +25,25⁰С і 31,76 % відповідно. Ці ж параметри за краплинного зрошення дорівнювали: у нічні години +12,96⁰С і 86,77 % та +23,91⁰С і 39,05 % відповідно. У цілому, результати цього експерименту свідчать про те, що підтримання рівня вологості ґрунту на оптимальному рівні (85 – 95 % НВ) на посівах зернової кукурудзи за допомогою СКЗ забезпечує відносно незначне зниження температурного режиму в першу добу після поливу та підвищення відносної вологості повітря (на 7,5-15,2 %) в першу та другу

добу після поливу на висоті до 2 м. Підвищення відносної вологості повітря у зрошуваному варіанті відбувалось у т.ч. і через механізм інтенсивних процесів фізичного випаровування і транспірації: у цей період сумарні витрати вологи з 1 га кукурудзяного поля складала 45-68 м³/га.

ЕКОНОМІЧНА І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

Ключовим мотиваційним механізмом впровадження інтенсивних технологій краплинного зрошення є отримання економічного прибутку на засадах збереження екологічної стійкості меліорованих агроландшафтів.

Реалізація інтенсивних технологій вирощування просапних культур потребує порівняно значних фінансових інвестицій. Зокрема, витрати на вирощування овочевих культур становили від 53,6 до 145,5 тис.грн/га, кавуна – 40,1 тис.грн/га, картоплі ранньої – 54,9 тис.грн/га, кукурудзи зернової – 42,9 тис.грн/га, сої – 37,7 тис.грн/га, буряку цукрового – 57,8 тис.грн/га. У структурі витрат найбільшу частку займають: посівний матеріал, послуги з вирощування та садіння розсади (для овочів) – від 11 до 33 %, мінеральні добрива і засоби захисту рослин – 14-37 %, СКЗ та поливна вода – від 12 % (на овочах) до 36 % (на кукурудзі і сої), ручне збирання плодів (для овочів) – до 10 %. Решта складових витрат не перевищує 5 % від загальної суми витрат на технологію.

Застосування краплинного зрошення у рослинництві є високоефективним інструментом його інтенсифікації та забезпечує високі економічні показники. У досліджах за вирощування овочів чистий прибуток становив від 70,3 до 282,2 тис.грн/га, а рівень рентабельності – 79,8-147,4 %, кавуна – 19,6 тис.грн/га та 48,8 %, картоплі ранньої – 39,9 тис.грн/га та 72,7 %, кукурудзи зернової – 28,7 тис.грн/га та 66,9 %, сої насінневої – 58,5 тис.грн/га та 155,2 %, буряку цукрового – 17,5 тис.грн/га та 30,2 %.

Термін окупності інвестицій в проект СКЗ багаторічного терміну експлуатації за вирощування сої насінневої, цибулі ріпчастої, перцю солодкого, баклажана складає 1 рік, кукурудзи зернової та цукрової – 1-2 роки та буряку цукрового, картоплі і кавуна – від 2 до 3 років.

Поряд із загальновизнаними методами оцінки ефективності виробництва продукції рослинництва через вартісні показники останнім часом набуває все більшого поширення універсальний енергетичний показник – коефіцієнти енергетичної та біоенергетичної ефективності.

Краплинне зрошення є досить енерговитратною технологією: енергомісткість СКЗ та сукупні енерговитрати на водоподачу збільшують витрати енергії на виробництво продукції овочівництва у 1,8-3,1 рази, просапних польових культур – у 1,6-4,3 рази порівняно із богарними умовами вирощування. Закономірно, що витрати енергії на зрошенні зростають прямо пропорційно збільшенню зрошувальної норми.

У зрошуваних умовах максимальні енерговитрати були характерними для варіантів із реалізацією інтенсивних режимів краплинного зрошення – з РПВГ 90–95 % НВ. На цих варіантах вони становили: для кукурудзи цукрової – 62,0-69,26 ГДж/га, перцю солодкого – 67,6-77,54 ГДж/га, баклажана – 65,97-76,39 ГДж/га, цибулі ріпчастої – 57,81 ГДж/га, сої – 79,56 ГДж/га, кукурудзи зернової – 75,78 ГДж/га, картоплі – 42,62 ГДж/га та буряку цукрового –

71,93 ГДж/га. В умовах краплинного зрошення, з урахуванням споживчої цінності овочів, рівень енерговиробництва перцю солодкого, цибулі ріпчастої та кавуна оцінюється як високоефективний ($K_{бе} > 3,5$), баклажана – як середній ($K_{бе} = 2,0-3,0$). Аналіз за величиною K_e свідчить про низький рівень енергоефективності вирощування сої насінневої ($K_e = 1-2$), середній рівень енергоефективності вирощування коренеплодів буряку цукрового ($K_e = 2-3$), рівень вище середнього для зернової кукурудзи (РПВГ 90 % НВ) ($K_e = 3,0-3,5$) та середній рівень за вирощування картоплі ранньої (РПВГ 80 % НВ) ($K_e = 2-3$).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та результати експериментальних досліджень, які розв'язують важливу науково-прикладну проблему щодо підвищення продуктивності просапних культур у зоні Степу України шляхом застосування інтенсивних технологій краплинного зрошення. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень можливо зробити такі основні висновки:

1. Визначено методичні особливості проведення польових технологічних дослідів в умовах краплинного зрошення, які, насамперед, визначаються специфікою цього способу поливу. Зокрема, за даними досліду з визначення впливу краплинного зрошення на мікроклімат (температуру t , $^{\circ}\text{C}$ та відносну вологість повітря RH , %), встановлено, що незрошувані варіанти досліду необхідно розміщувати на відстані не менше 5 м від зрошуваних варіантів.

Обґрунтовано методичний підхід до розробки схем польових однофакторних дослідів, реалізація яких спрямована на отримання залежностей «Водоспоживання – Врожайність» та визначення оптимального РПВГ з точки зору витрат ресурсів на одиницю продукції. Встановлено, що лімітуюча частина кривої відповідає варіантам досліду з РПВГ від 60 до 75 % НВ та варіанту без зрошення, стаціонарна частина (зона оптимуму) – від 75 до 90 % НВ та інгібуюча частина – від 95 % НВ до повної вологомісткості ґрунту.

2. На основі експериментальних даних уперше для умов краплинного зрошення Степу отримано залежності «РПВГ – Кількість вегетаційних поливів» ($y = 0,0555x^2 - 6,9536x + 226,29$, $R^2 = 0,96$) та «РПВГ – Зрошувальна норма» ($y = 89,5x - 4168,8$, $R^2 = 0,99$), а також залежність норми краплинного зрошення від забезпеченості опадами вегетаційного періоду.

3. Встановлено закономірності та параметри процесів сумарного водоспоживання просапних культур залежно від рівня їх вологозабезпеченості:

- закономірності змін співвідношення опадів, об'ємів поливної води і ґрунтової вологи у формуванні сумарного водоспоживання рослин (ET_c);
- коефіцієнти водоспоживання K_B та ефективності зрошення $K_{ЕФ}$;
- закономірності змін показника $K_{ЕФ}$ залежно від величини коефіцієнта водоспоживання K_B , побудовано кореляційні залежності K_B та $K_{ЕФ}$ від РПВГ;
- динаміку добового водоспоживання протягом вегетаційного періоду та його максимальні значення, які становлять: для умов Степу Сухого 10-12 мм, для умов Степу Південно-центрального посушливого – 9-11 мм;
- розроблено проектні норми водопотреби для краплинного зрошення.

4. Встановлено кореляційні зв'язки між сумарним водоспоживанням культур та їх урожайністю. На основі цього, вперше для умов краплинного зрошення Степу України, побудовано статистичні моделі «Водоспоживання – Урожайність» та визначено найбільш ефективні (оптимальні) варіанти використання води рослинами з точки зору її витрат на формування одиниці продукції.

5. Оптимальним діапазоном зволоження за краплинного зрошення більшості просапних культур є вузький інтервал від 85 до 95 % від НВ, що передбачає проведення поливів відносно невеликими нормами за одночасного скорочення міжполивних періодів. За таких умов співвідношення фактичної транспірації (T_c) до потенційно можливої (T_0) наближається до 1 ($\approx 0,83-0,87$), що характеризує вологозабезпечення рослин як близьке до оптимального.

6. Встановлено закономірності формування ростових процесів сільськогосподарських культур залежно від рівня вологозабезпечення. Так, максимальні параметри, які характеризують ростові процеси, було зафіксовано на варіантах із РПВГ 80-90 % НВ, у т.ч. і за диференційованих режимів краплинного зрошення. Висота рослин, порівняно із варіантом без зрошення, була більшою в середньому у 2,2 рази, площа листової поверхні – 2,5 рази, фотосинтетичний потенціал – 2,3 рази та чиста продуктивність фотосинтезу – 3,4 рази. У той же час, реалізація інтенсивних режимів краплинного зрошення із РПВГ понад 90 % НВ призводила до незначного, проте достовірного зниження всіх біометричних показників на 5–9 % порівняно із біологічно оптимальними режимами зрошення, що свідчить про пригнічення розвитку рослин в умовах перезволоження.

Комплексом досліджень з вивчення розвитку кореневої системи підтверджено, що реалізація біологічно оптимальних режимів краплинного зрошення не призводить до локалізації кореневої системи в межах зон зволоження ґрунту.

7. Дослідженнями впливу режимів краплинного зрошення на біохімічний склад продуктивних органів просапних культур встановлено достовірне зниження вмісту сухих речовин, клітковини та незначне підвищення вмісту нітратів у варіантах з інтенсивним зволоженням (90-95 % від НВ) порівняно із незрошуваними умовами. Разом з цим, у всіх дослідах вміст нітратів, завдяки збалансованій системі мінерального живлення рослин, яка базувалась на дозованому та дискретному внесенні мінеральних добрив з поливною водою, не перевищував ГДК. Встановлено також достовірне зростання вмісту крохмалю та вітаміну С у бульбах картоплі за оптимізації режиму зрошення.

8. Встановлено залежності концентрації клітинного соку (ККС) листків від вологості ґрунту, обґрунтовано можливість використання цього фізіологічного показника стану рослин для призначення строків поливів. Удосконалено методику відбирання проб для визначення ККС листків.

Підтримання водного режиму ґрунту на рівні 80-90 % НВ досягається за умови призначення поливів буряку цукрового за величини ККС листків у 1-й половині вегетації 10,5 %, у 2-й – 11,3 %, а картоплі за величини ККС листків у 1-й половині вегетації 3,5 %, у 2-й – 5,0 %.

9. Результати досліджень засвідчили, що для практичного використання розрахункового методу призначення строків поливу за «Penman-Monteith» необхідно виконувати експериментальне корегування коефіцієнта культури K_c з урахуванням

відхилень від стандартних умов. Встановлено, що в умовах підзони Степу Сухого на початковій та прикінцевій стадіях розвитку рослин кукурудзи зернової Кс (FAO) завищує фактичне значення випаровування від 20 до 225 %, а в середині вегетації, навпаки, – занижує на 10-15 %.

10. Дослідженнями підтверджено, що сучасні системи моніторингу вологості ґрунту на основі інтернет-станцій типу iMetos® забезпечують високу оперативність, точність і достовірність при управлінні режимом краплинного зрошення. Для коректної інтерпретації показників датчиків вологості встановлено функціональні залежності $P_s = f(W)$:

- для датчика Watermark 200SS:

$Y = -11,09 \ln(x) + 105,85$, % НВ; $R^2 = 0,91$, (де Y – вологість ґрунту, % від НВ, x – показники датчика Watermark 200SS, кПа);

- для датчика Echo Probe (10 HS, EC 5):

$Y = 32,95 e^{0,035x}$, % НВ; $R^2 = 0,92$, (де Y – вологість ґрунту, % від НВ, x – показники датчика Echo Probe (10 HS, EC 5), %).

11. Встановлено, що форма та розміри зон зволоження ґрунтів за краплинного зрошення просапних культур залежать від гранулометричного складу ґрунту та норми поливу. Експериментально для легкого, середнього суглинків та супіщаного ґрунтів встановлено співвідношення глибини до ширини (h/d) зон зволоження, лінійні залежності h і d від тривалості поливу, обраховано фактичні площі зон зволоження ґрунтів залежно від норми поливу.

Розроблено математичну модель плоско-вертикального профільного вологоперенесення за краплинного зрошення просапних культур в умовах неповного насичення. Модель використано для чисельного моделювання процесу вологоперенесення у випадку трьох заглиблених точкових джерел.

12. Доведено, що застосування краплинного зрошення у ланці овочевої сівозміни впродовж семи років не сприяє вимиванню гумусу з ґрунту та накопиченню нітратів у нижніх його шарах. Останнє свідчить про непромивний водний режим та правильність розрахунків величин норм поливу. Встановлено, що на поживний режим ґрунту більшою мірою впливає система удобрення, зокрема фертигація, а не саме зрошення загалом. Краплинне зрошення не впливає на щільність складення ґрунту, про що свідчать результати визначення цього показника у зоні зволоження та у зоні міжрядь.

13. Встановлено, що підтримання оптимального рівня зволоження ґрунту за допомогою системи краплинного зрошення позитивно впливає на мікроклімат поля: підвищується відносна вологість повітря на 7,5-15,2 % у перші дві доби після поливу, зменшуються її добові коливання, знижується температурний режим на 1,4-1,8⁰С (протягом 5-8 годин після поливу). Це, в свою чергу, інтенсифікує протікання всіх життєво важливих функцій рослинного організму.

14. Підтверджено, що застосування краплинного зрошення у рослинництві є високоефективним інструментом його інтенсифікації та забезпечує високі економічні показники. Так, за вирощування овочів чистий прибуток становив від 70,3 до 282,2 тис.грн/га, а рівень рентабельності – 79,8-147,4 %, кавуна – 19,6 тис.грн/га і 48,8 %, картоплі ранньої – 39,9 тис.грн/га і 72,7 %, кукурудзи зернової – 28,7 тис.грн/га і 66,9 %, сої насінневої – 58,5 тис.грн/га і 155,2 % та буряку цукрового

– 17,5 тис.грн/га і 30,2 %. Термін окупності інвестицій у проект системи краплинного зрошення багаторічного терміну експлуатації (не менше 10 років) за вирощування сої насінневої, цибулі ріпчастої, перцю солодкого і баклажана складає 1 рік, кукурудзи зернової та цукрової – 2 роки, а буряку цукрового, картоплі і кавуна – від 2 до 3 років.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою отримання високих рівнів урожайності просапних культур за мінімальних питомих витрат ресурсів та збереження екологічної стійкості меліорованих агроландшафтів у зоні Степу України рекомендуємо:

1. Застосовувати системи краплинного зрошення, підтримуючи рівень передполивної вологості ґрунту не нижче:

- 90-80 % від НВ для перцю солодкого розсадного;
- 75-85 % від НВ для баклажана розсадного;
- 85 % від НВ для кукурудзи на зерно;
- 90 % від НВ для цибулі ріпчастої.
- 80 % від НВ для картоплі ранньої та кукурудзи цукрової.

За цього глибина зволоження ґрунту обумовлюється не розвитком кореневої системи рослин, а схемою садіння (сівби) рослин та розміщенням поливних трубопроводів системи краплинного зрошення.

2. За вирощування:

- сої насінневої формувати режим краплинного зрошення з РПВГ 80-80-70 % від НВ ґрунту на фоні густоти рослин 417,6 тис. шт./га;

- буряку цукрового для переробки на біогаз – формувати режим краплинного зрошення з РПВГ 80-70 % від НВ та укладати поливні трубопроводи у кожне міжряддя;

- буряку цукрового для переробки на цукор – формувати режим краплинного зрошення із РПВГ 80-70 % НВ на фоні густоти рослин 111,1 тис./га, за цього строк збирання коренеплодів – III декада жовтня;

- кавуна – формувати режим краплинного зрошення з РПВГ 65-75-70 % НВ, площу живлення $1,5 \text{ м}^2$ за рекомендованої дози мінеральних добрив $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$.

3. Розраховувати проектні режими краплинного зрошення та здійснювати управління поливами за допомогою інформаційно – дорадчої системи (ІДС) з планування та управління режимами краплинного зрошення.

4. Використовувати для призначення строків поливу показник концентрації клітинного соку (ККС) листків. Визначення ККС проводити за удосконаленою методикою: відбирати проб із середньої частини листка одного і того ж ярусу вранці (7^{00}), повторність визначення – не менше п'яти проб.

5. Призначати строки поливу кукурудзи за розрахунковим методом «Penman-Monteith». Визначення фактичної евапотранспірації (ЕТс) рослин в умовах краплинного зрошення Степу України проводити з використанням експериментально встановлених значень коефіцієнта культури K_c .

6. Проводити моніторинг вологості ґрунту за допомогою інтернет-станцій типу iMetos®. Для коректної інтерпретації показників датчиків вологості ґрунту Watermark і Echo Probe використовувати встановлені залежності $P_s = f(W)$.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України: колективна монографія / за наук. ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А. Сташука. – К.: Аграрна наука, 2009. – С. 40-56, 313-350. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено підрозділи 2.4 і 6.5.4).*
2. Ромащенко М.І. Краплинне зрошення овочевих культур і картоплі в умовах Степу України: наукове видання / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, С.В. Рябков – К.: видавництво «ДІА», 2012. – 248 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено книгу до друку).*
3. Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України: науково-виробниче видання / за ред. М.І. Ромащенко, С.А. Балюка, В.А. Сташука. – К.: Аграрна наука, 2013. – С. 49-96. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено підрозділи 3.4 і 3.5).*
4. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації): колективна монографія [за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, Р.С. Трускавецького]. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – С. 194-298. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено підрозділ 5.2.1).*

Посібники

5. Краплинне зрошення / Навчальний посібник // за редакцією М.І. Ромащенко, А.М. Рокочинського – Херсон, ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 300 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено розділи 1, 3, 4.4, 5.1, 6, 8, 10).*
6. Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів: Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». – К.: ТОВ «ДІА», 2015. – 200 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено розділ 3, додатки В і Д).*
7. Організація системи режимних спостережень для оцінки стану земель в умовах мікрозрошення / Методичний посібник // за редакцією М.І. Ромащенко – К.: ТОВ «ДІА», 2014. – 42 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено розділи 4, 5, 6, додаток Б).*

Статті у наукових фахових виданнях України

8. **Шатковський А.П.** Агроекологічна оцінка систем мікрозрошення при вирощуванні овочевих культур / А.П. Шатковський // Агроекологічний журнал. – 2007. – № 4. – С. 72-74.
9. **Шатковський А.П.** Мікрозрошення овочевих культур. Історія, сучасний стан та перспективи розвитку в Україні / А.П. Шатковський // Водне господарство України. – 2008. – № 6. – С. 22-27.

10. Актуальні питання розвитку зрошення у контексті змін клімату / М.І. Ромащенко, Д.П. Савчук, А.М. Шевченко, **А.П. Шатковський**, С.В. Рябков // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН» – К.: ВД «ЕКМО», 2008. – Спецвипуск. – С. 21-27. (Здобувачем проведено аналітичні дослідження, узагальнено матеріали, підготовлено до друку).
11. **Шатковський А.П.** Вплив краплинного зрошення овочевої сівозміни на вміст елементів живлення, нітратів та щільність будови ґрунту / А.П. Шатковський, С.В. Рябков // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Меліорація і водне господарство»: Вип. 96. – К.: Аграрна наука, 2008. – С. 61-66. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено до друку).
12. Ромащенко М.І. Водоспоживання та продуктивність картоплі весняного садіння за краплинного зрошення / М.І. Ромащенко, З.Ф. Яцюк, **А.П. Шатковський** // Науковий журнал «Таврійський науковий вісник»: Вип. 62. – Херсон: Айлант, 2009. – С. 156-160. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).
13. Ромащенко М.І. Водоспоживання та продуктивність кавуна за краплинного зрошення / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, О.В. Дячок // Науковий журнал «Таврійський науковий вісник»: Вип. 70. – Херсон: Айлант, 2010. – С. 127-132. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).
14. **Шатковський А.П.** Закономірності формування режимів краплинного зрошення просапних культур / А.П. Шатковський, Ю.О. Черевичний, А.С. Чабанов // Меліорація і водне господарство: Міжвід. темат. наук. зб. – Вип. 99. – К.: Аграрна наука, 2011. – С. 25-32. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).
15. Ромащенко М.І. Концептуальні засади розвитку краплинного зрошення в Україні / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, С.В. Рябков // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 2. – С. 5-8. (Здобувачем проведено аналітичні дослідження, узагальнено матеріали, підготовлено до друку).
16. **Шатковський А.П.** Методи призначення строків вегетаційних поливів / А.П. Шатковський, А.С. Чабанов // Водне господарство України. – 2012. – № 4. – С. 18-24. (Здобувачем проведено аналітичні та експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).
17. **Шатковський А.П.** Водоспоживання та врожайність пасльонових культур за краплинного зрошення в умовах Степу України / А.П. Шатковський, Ю.О. Черевичний // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Меліорація і водне господарство»: Вип. 100., том I – К.: Аграрна наука, 2013. – С. 27-33. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).
18. **Шатковський А.П.** Удосконалення технології вирощування сої на насіння в умовах краплинного зрошення / А.П. Шатковський // Меліорація і водне

господарство: Міжвід. темат. наук. зб. – Вип. 101. – К.: Аграрна наука, 2014. – С. 205-212.

19. **Шатковський А.П.** Основні вимоги, особливості та напрями проведення досліджень в умовах краплинного зрошення / А.П. Шатковський, Ю.О. Черевичний, О.В. Журавльов // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: Зб. наук. праць / Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграрних наук України. – К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. – Вип. 22. – С. 50-54. *(Здобувачем проведено аналітичні та експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

20. Усата Л.Г. Динаміка хімічного складу поливної води та сольового складу локально зволжених ґрунтів протягом поливного періоду / Л.Г. Усата, С.В. Усатий, **А.П. Шатковський** // Агрохімія і ґрунтознавство. Кн. 2. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів: Міжвід. темат. наук. зб., спец. випуск до ІХ з'їзду УТГА. – Харків, ТОВ «Смуґаста типографія», – 2014. – С. 354-356. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено до друку).*

21. Особливості режимів краплинного зрошення просапних культур / М.І. Ромашенко, **А.П. Шатковський**, О.В. Журавльов, Ю.О. Черевичний // Вісник аграрної науки. – 2015. – № 2. – С. 51-56. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

22. **Шатковський А.П.** Діагностика строків поливів просапних культур за концентрацією клітинного соку листків / А.П. Шатковський // Меліорація і водне господарство: Міжвід. темат. наук. зб. – Вип. 102. – К.: Вид-во ВП «Едельвейс», 2015. – С. 45-48.

23. Наукові засади розвитку землеробства у зоні Степу України / М.І. Ромашенко, Ю.О. Тараріко, **А.П. Шатковський** [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2015. – № 10. – С. 5-9. *(Здобувачем проведено аналітичні дослідження, узагальнено матеріали, підготовлено матеріали до друку).*

24. **Шатковський А.П.** Продуктивність цибулі ріпчастої залежно від режимів краплинного зрошення в умовах Степу Сухого / А.П. Шатковський, О.В. Журавльов, Ю.О. Черевичний // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – Вип. 64. – С. 46-49. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

25. Особливості застосування методу «Penman-Monteith» в умовах краплинного зрошення Степу України (на прикладі зернової кукурудзи) / М.І. Ромашенко, **А.П. Шатковський**, О.В. Журавльов, Ю.О. Черевичний // Вісник аграрної науки. – 2016. – № 5. – С. 55-59. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

26. **Шатковський А.П.** Режими краплинного зрошення, водоспоживання та врожайність кукурудзи в зоні Степу України / А.П. Шатковський // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон, 2016. – Вип. 95. – С. 100-105.

27. **Шатковський А.П.** Параметри режимів краплинного зрошення та продуктивність буряків цукрових в зоні Степу України / А.П. Шатковський // Цукрові буряки. – 2016. – № 3. – С. 15-17.

28. **Шатковський А.П.** Особливості формування та параметри зон зволоження ґрунтів за краплинного зрошення / А.П. Шатковський, О.В. Журавльов, Ю.О. Черевичний // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – Вип. 65. – С. 15-19. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

29. Дощування і краплинне зрошення: особливості застосування в сучасних умовах / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, Б.І. Конаков [та ін.] // Меліорація і водне господарство: Міжвід. темат. наук. зб. – Вип. 103. – К.: Вид-во ВП «Едельвейс», 2016. – С. 77-83. *(Здобувачем проведено аналітичні та експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

30. Режимы капельного орошения, водопотребление и урожайность раннего лука в зоне Степи Украины / **А.П. Шатковский**, В.В. Васюта, А.В. Журавлев, Ю.А. Черевичный // Овощи России. – 2015. – № 2 (27). – С. 16-21. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

31. **Шатковский А.П.** Управление капельным поливом на основе использования интернет-метеостанций iMetos® / А.П. Шатковский, А.В. Журавлев, Ю.А. Черевичный // Сборник научных трудов SWord. – Выпуск 1 (138). Том 24. – Иваново: Маркова А.Д., 2015. – с. 42-49. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

32. Картофель весенней посадки на капельном орошении / М.И. Ромащенко, **А.П. Шатковский**, Т.А. Капелюха, З.Ф. Яцюк // Главный агроном. – М.: 2011. – № 3 – С. 44-47. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

33. **Шатковский А.П.** Основные аспекты внесения фунгицидов с поливной водой на системах капельного орошения / А.П. Шатковский, Ф.С. Мельничук, Л.А. Семенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия – сборник научных трудов ФГБНУ «РосНИИПМ», Вып. 50, Новочеркасск – 2013. – С. 171-175. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, опрацьовано їх результати, підготовлено рукопис до друку).*

34. **Шатковский А.П.** Технологические аспекты выращивания кабачка на капельном орошении / А.П. Шатковский // Овощеводство и тепличное хозяйство. – М.: 2011. – № 3 – С. 55-58.

35. **Шатковский А.П.** Некоторые аспекты выращивания чеснока озимого на капельном орошении / А.П. Шатковский // Овощеводство и тепличное хозяйство. – М.: 2011. – № 5 – С. 61-63.

Патенти і свідоцтва

36. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63531. Комп'ютерна програма «Інформаційно – дорадча система з планування та управління режимами краплинного зрошення сільськогосподарських культур» / Ромашенко М.І., **Шатковський А.П.**, Рябков С.В., Оноцький В.В. Дата реєстрації 15.01.2016 р.
37. Деклараційний патент на корисну модель № 88997 «Спосіб вирощування перцю солодкого при краплинному зрошенні» / Лимар В.А., **Шатковський А.П.**, Наумов А.О. (Україна). – Заявл. 21.10.2013. Опубл. 10.04.2014 р., Бюл. № 7.
38. Деклараційний патент на корисну модель № 89002 «Спосіб вирощування баклажанів при краплинному зрошенні» / Лимар В.А., **Шатковський А.П.**, Наумов А.О. (Україна). – Заявл. 21.10.2013. Опубл. 10.04.2014 р., Бюл. № 7.
39. Деклараційний патент на корисну модель № 78549 «Спосіб вирощування томатів для переробки» / Ромашенко М.І., **Шатковський А.П.**, Черевичний Ю.О. (Україна). – Заявл. 22.08.2012. Опубл. 25.03.2013 р., Бюл. № 6.
40. Деклараційний патент на корисну модель № 98192 «Спосіб вирощування валеріани лікарської за краплинного зрошення» / **Шатковський А.П.**, Губаньов О.Г., Приведенюк Н.В. (Україна). – Заявл. 21.06.2015. Опубл. 10.04.2016 р., Бюл. № 2.

Державні стандарти

41. Зрошення. Мікрозрошення. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 7704:2015 – [Чинний від 2016-05-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2015. – 18 с. – (Національні стандарти України).
42. Мікрозрошення. Краплинне зрошення овочевих культур. Загальні вимоги та методи контролювання: ДСТУ 7596:2015 – [Чинний від 2015-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2015. – 25 с. – (Національні стандарти України).
43. Зрошення. Системи мікрозрошення. Класифікація: ДСТУ 7934:2015. – [Чинний від 2016-05-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 9 с. – (Національні стандарти України).
44. Зрошення. Строки та норми поливу сільськогосподарських культур за краплинного зрошення. Методи визначення: ДСТУ 7887:2015. – [Чинний від 2016-05-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 34 с. – (Національні стандарти України).
45. Зрошення. Внесення добрив з поливною водою в системах мікрозрошення. Загальні вимоги: ДСТУ 7937:2015. – [Чинний від 2016-05-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 12 с. – (Національні стандарти України).
46. Овочеві та баштанні культури. Вирощування в умовах краплинного зрошення. Загальні вимоги: ДСТУ 8519:2015 – [Чинний від 2016-05-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 24 с. – (Національні стандарти України).

Науково – методичні та практичні рекомендації (брошури)

47. Тимчасові норми водопотреби для краплинного зрошення сільськогосподарських культур в умовах Степу України (рекомендації) /

- Ромашенко М.І., **Шатковський А.П.** [та ін.] // ІВПіМ – К.: ТОВ «ЦК «Компринт», 2015. – 20 с.
48. Методичні рекомендації з проведення досліджень за краплинного зрошення / За наук. ред. М.І. Ромашенка. – К.: ТОВ «ДІА». – ІВПіМ НААН, 2014. – 46 с.
49. Концепція розвитку мікрозрошення в Україні до 2020 року / М.І. Ромашенко, **А.П. Шатковський**, С.В. Рябков та ін. – К., ІВПіМ.: ТОВ «ДІА», 2012. – 20 с.
50. Концепція виробництва овоче-баштанної продукції в Україні на період до 2020 р. / За ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, М.П. Лісового, О.Д. Вітанова – Харків, ННЦ «ІА імені О.Н.Соколовського», 2012. – вид. «Міськдрук». – 28 с.
51. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України / за наук. ред. М.І. Ромашенка – К., ІВПіМ. – вид. ЦП «Компринт», 2014. – 28 с.
52. Технологія вирощування томата посевного для переробки в умовах Кіровського району РСО – Аланія (РФ) (рекомендації) / Под редакцией канд. с.-х. наук **А.П. Шатковского** – Киев: ИВПиМ НААН, 2012 – 65 с.
53. Технології вирощування сільськогосподарських культур за краплинного зрошення (рекомендації – наукове видання) // За ред. М.І. Ромашенка. – ІВПіМ НААН України, 2015. – 379 с.
54. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях: науково-методичне видання / за редакцією Р.А. Вожегової – ІЗЗ НААН, Херсон: Грінв Д.С., 2014. – 286 с.
55. Рекомендації з підвищення роботоздатності краплинних водовипусків (наукове видання) / Ромашенко М.І., Купедінова Р.А., Каленіков А.Т., Мельничук Ф.С., **Шатковський А.П.**, Марченко О.А., Капелюха Т.А. // ІВПіМ НААН. – К.: «ЦП «Компринт», 2015. – 72 с.
56. Технології вирощування томата, цибулі ріпчастої в сівозміні: томат – цибуля ріпчаста – ячмінь озимий (науково-практичні рекомендації) / Вожегова Р.А., Люта Ю.О., **Шатковський А.П.** [та ін.] // Херсон: ІЗЗ – ІВПіМ, 2013. – 64 с.
57. Інтенсивні технології вирощування томатів за краплинного зрошення в умовах Півдня України (рекомендації) / Лимар В.А., Кащеєв О.Я, **Шатковський А.П.** [та ін.] // ІПОБ НААН, Київ – Гола Пристань, 2012. – 118 с.
58. Методичні рекомендації з підготовки техніко-економічного обґрунтування залучення інвестицій в проекти краплинного зрошення / Ромашенко М.І., **Шатковський А.П.**, Стасюк С.Р. [та ін.] // ІВПіМ, К.: 2015. – 51 с.
59. Методичні положення та норми продуктивності та витрати електроенергії і палива на зрошенні сільськогосподарських культур (наукове видання) / І.М. Демчак, О.О. Митченко, М.Ф. Кисляченко, **А.П. Шатковський** та ін. – К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2015. – 176 с.
60. Рекомендации по оптимизации водного режима орошаемых земель в ПАО «Племзавод «Степной» / Под ред. к.т.н. В.В. Удовенко и к.с.-х.н. **А.П. Шатковского**. – г. Каменка-Днепровская, КДОС ИВПиМ, 2013. – 54 с.

Статті в інших періодичних виданнях

61. **Шатковский А.П.** Полив для кукурузы / А.П. Шатковский // Агробизнес. – Краснодар: 2016. – № 3 (37). – С. 50-54.

62. Васюта В.В. Влияние предполивных уровней влажности почвы и густоты растений на ростовые процессы лука (*Allium cepa L.*) при капельном орошении в южной Степи Украины / В.В. Васюта, **А.П. Шатковский**, А.В. Журавлев // Problems of modern science and education, № 9 (39), Москва: 2015. – С. 71-77.
63. Ромащенко М.И. Использование тензиометров для диагностики полива овощных культур на капельном орошении / М.И. Ромащенко, В.Н. Корюненко, **А.П. Шатковский** // Овощеводство. – 2007. – № 1 (25). – С. 70-73.
64. **Шатковский А.П.** Технология выращивания сахарной кукурузы на капельном орошении / А.П. Шатковский, Ю.А. Черевичный, В.Т. Павловский // Овощеводство. – 2010. – № 2-3 (62-63). – С. 53-55 – 74-76.
65. Науково-дослідна робота: в пошуках оптимального режиму поливу / **А.П. Шатковський**, Ю.О. Черевичный, О.В. Журавльов, О.А. Марінков // «Золоті гектари» – щомісячний дайджест компанії «Monsanto». – липень 2014. – С. 15-19.
66. **Шатковский А.П.** «Почва-растение-окружающая среда». Экологические аспекты применения технологий капельного орошения и вопросы качества продукции / А.П. Шатковский, Е.Б. Шатковская // Овощеводство. – 2011. – № 5 (77). – С. 62-65.
67. **Шатковский А.П.** Требования овощных культур и картофеля к водному режиму почв / А.П. Шатковский // Овощеводство. – 2011. – № 3 (75). – С. 56-59.
68. **Шатковский А.П.** Способы и виды поливов овощных культур / А.П. Шатковский, Ю.А. Черевичный // Овощеводство. – 2011. – № 4. – С. 68-71.
69. Ромащенко М.И. Краплинне зрошення в Україні: проблеми і перспективи / М.И. Ромащенко **А.П. Шатковський**, С.В. Рябков // Аграрний тиждень. Україна. – К.: 2011. – № 41 (210) 05.12-11.12.2011– С. 15-16.
70. Экономические аспекты применения капельного орошения в овощеводстве открытого грунта / **А.П. Шатковский**, С.Р. Стасюк, В.В. Кныш, Ю.А. Черевичный // Овощеводство. – 2012. – № 9 (93). – С. 59-61.
71. **Шатковський А.П.** Удобрення при краплинному зрошенні / А.П. Шатковський // Аграрний тиждень. Україна. – К.: 2012. – № 42 (254) 17.12-23.12.2012 – С. 13.
72. **Шатковский А.П.** Перец на капле. Режим капельного орошения, водопотребление и продуктивность перца сладкого / А.П. Шатковский, Ю.А. Черевичный, А.С. Чабанов // Овощеводство. – 2013. – № 4(100). – С.72-75.
73. Опыты с орошением. Капельное орошение кукурузы и сои: особенности технологии / М.И. Ромащенко, **А.П. Шатковский**, Ю.А. Черевичный [и др.] // Зерно. – 2013. – № 5. – С. 27-30.
74. Смысл орошения в дополнительных 80 центнерах / **А.П. Шатковский**, Ю.А. Черевичный, А.В. Журавлев [и др.] // Зерно. – 2013. – № 10. – С. 72-77.
75. **Шатковский А.П.** Режим капельного орошения, водопотребление и продуктивность баклажана в зоне Степи Украины / А.П. Шатковский, Ю.А. Черевичный, А.С. Чабанов // Овощеводство. – 2013. – №6(102). – С. 74-77.
76. Рябков С.В. Зрошення без деградації / С.В. Рябков, **А.П. Шатковський**, Л.Г. Усата // Farmer. – 2013. – № 11 (48). – С. 39-40.

77. Ромащенко М.І. Технології краплинного зрошення просапних культур польової сівозміни / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, В.В. Удовенко [та ін.] // Аграрна наука виробництву // Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок: К.: 2014 – № 4. – С. 7.
78. Гідробіота крапельниці / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, С.В. Усатий [та ін.] // Farmer. – 2014. – № 3. – С. 106-108.
79. Развитие капельного орошения овощных культур в Украине. Тенденции и перспективы / М.И. Ромащенко, **А.П. Шатковский**, Ю.А. Черевичный, А.В. Журавлев // Овощеводство. – 2014. – № 3. – С. 56-58.
80. **Шатковський А.П.** Буряк цукровий на зрошенні / А.П. Шатковський, І.М. Свидинок // Farmer. – 2014. – № 5 (52). – С. 68-71.
81. Вплив краплинного зрошення на ґрунтові процеси / М.І. Ромащенко, С.В. Рябков, **А.П. Шатковський**, Л.Г. Усата // Пропозиція.–2014.–№ 6.–С.58-62.
82. Ромащенко М.І. Соя в овочевих сівозмінах / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, В.В. Удовенко // Farmer. – 2014. – № 9 (57). – С. 88-90.
83. Совершенствование технологии капельного орошения кукурузы гибридов ДЕКАЛЬ® / **А.П. Шатковский**, Ю.А. Черевичный, А.В. Журавлев, О.А. Маринков // Зерно. – 2015. – № 6 (111). – С. 150-151.
84. Усатая Л.Г. Химическая мелиорация почв и воды при выращивании овощных культур на капельном орошении / Л.Г. Усатая, **А.П. Шатковский**, С.В. Рябков // Овощеводство. – 2015. – № 12 (130). – С. 66-69.
85. **Шатковский А.П.** Состояние и перспективы орошения свеклы сахарной в Украине / А.П. Шатковский, И.Н. Свидинок // Зерно. – 2016. – № 2. – С. 54-56.

Матеріали наукових конференцій, конгресів, семінарів

86. **A. Shatkovsky.** Ecological aspects of drip irrigation systems use for cultivation of vegetable cultures / A. Shatkovsky // Abstracts of papers 23rd European Regional Conference «Progress in Managing Water for Food and Rural Development. May 17-24, 2009, Lviv, Ukraine, p. 29.
87. Ромащенко М.І. Общие подходы к проектированию систем капельного орошения овощных культур / М.И. Ромащенко, **А.П. Шатковский**, С.В. Рябков // Материалы Международной конференции «Достижения науки и передовые технологии по восстановлению засоленных земель и улучшению эксплуатации ирригационных сооружений» 2-3 апреля 2011 г. – Ашгабад: 2011. – С. 307-308.
88. **A. Shatkovsky.** Formation pattern of drip irrigation for crops subject to soil moisture / A. Shatkovsky // 22nd International congress on irrigation and drainage. Gwangju, Republic of Korea, 2014 – Q 59.2.27 – p. 336.
89. **A. Shatkovsky.** State, perspectives and scientific support of irrigation development in Ukraine – Poster / A. Shatkovsky // International conference "ICID 26th ERC and 66th IEC Meeting / Irrigation / 11-16 oct. 2015, Montpellier, France.
90. **Шатковский А.П.** Закономерности формирования режимов капельного орошения и водопотребления пропашных культур в зависимости от предполивной влажности почвы / А.П. Шатковский // Сборник научных докладов V-й Международной конференции молодых ученых и специалистов

- «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации» 17-19 октября 2012 года. – ФГБНУ ВНИИ «Радуга», Коломна: 2012. – С. 161-165.
91. **Павловський В.Т.** Продуктивність кукурудзи цукрової за краплинного зрошення в умовах півдня України / В.Т. Павловський, **А.П. Шатковський** // Матеріали наук. – практ. конф. молодих учених «Роль меліорації в забезпеченні сталого розвитку землеробства». – К.: 2007. – С. 26-27.
92. **Шатковський А.П.** До питання краплинного зрошення сої в інтенсивній овочевій сівоzmіні / А.П. Шатковський // Матеріали IV Міжнародної наукової конф. «Корми і кормовий білок» 26-27 червня 2012 р. – Вінниця: 2012.–С.26-27.
93. **Шатковський А.П.** Водоспоживання і врожайність пасльонових культур за краплинного зрошення в умовах Степу України / А.П. Шатковський, Ю.О. Черевичний // Матеріали доповідей Міжнародної наук. – практ. конф. «Сучасний стан і проблеми розвитку с.-г. меліорацій» 29-30 листопада 2010 р. – Дніпропетровськ: 2010. – С. 83-84.
94. **Шатковський А.П.** Перспективи застосування краплинного зрошення для вирощування просапних культур польової сівоzmіні / А.П. Шатковський, Л.О. Семенко // Матеріали Міжнародної наук. – практ. конф. «Стан та перспективи застосування краплинного зрошення для інтенсифікації садівництва, виноградарства і овочівництва» 30.03.2012 р. – Київ: 2012.–С. 8-9.
95. **Шатковський А.П.** Роль краплинного зрошення в інтенсифікації галузі рослинництва / А.П. Шатковський, Ю.О. Черевичний // Матеріали Всеукраїнської наук. конф. «Стан та перспективи виробництва с.-г. продукції на зрошуваних землях» 14-16 червня 2012 р. – Херсон: 2012. – С. 11-12.
96. Ромащенко М.І. Стан та перспективи досліджень з краплинного зрошення овочевих культур в Україні / М.І. Ромащенко, **А.П. Шатковський**, В.М. Корюненко // Матеріали наук. – практ. конф. «Сучасне овочівництво: освіта, наука та інновації» 13-14 грудня 2012 р. – Київ: 2012. – С. 19-21.
97. **Шатковський А.П.** Метод призначення строків поливу – основа режиму краплинного зрошення / А.П. Шатковський // Матеріали Міжнар. наук. – практ. конф. «Ефективність використання зрошуваних земель» 24-25 червня 2013 р. – Херсон: 2013. – С. 37-38.
98. Капелюха Т.А. Продуктивность картофеля на капельном орошении в условиях Юга Украины / Т.А. Капелюха, **А.П. Шатковский** // Материалы Международной научно-практической конференции «Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля» 19 февраля 2015 года. – ФГБОУ ВПО РГАТУ, Рязань: 2015. – С. 119-124.
99. **Шатковський А.П.** Краплинне зрошення кукурудзи: особливості технології та перспективи застосування / А.П. Шатковський // Матеріали Міжнар. наук. – практ. інтернет – конф. «Напрями розвитку сучасних систем землеробства» 11 грудня 2013 р. – м. Херсон: 2013. – С. 319-324.
100. **Шатковський А.П.** Шляхи удосконалення методів розрахунку визначення водоспоживання рослин / А.П. Шатковський, О.В. Журавльов // Матеріали II наук. – практ. конф. «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій XXI ст.», 06.12.2014 р. – Київ: 2014. – С. 8-10.

АНОТАЦІЯ

Шатковський А.П. Наукові основи інтенсивних технологій краплинного зрошення просапних культур в умовах Степу України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.02 – сільськогосподарські меліорації – Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2016.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та результати експериментальних досліджень, які розв'язують важливу науково-прикладну проблему щодо підвищення продуктивності просапних культур у зоні Степу України шляхом впровадження інтенсивних технологій краплинного зрошення.

За результатами досліджень водного режиму ґрунту встановлено закономірності формування режимів краплинного зрошення та процесів водоспоживання. На основі цього розроблено «Інформаційно-дорадчу систему з планування та управління режимами краплинного зрошення», побудовано статистичні моделі «Водоспоживання–Урожайність». Досліджено та встановлено особливості росту і розвитку, показники продуктивності та якості просапних сільськогосподарських культур залежно від комплексу факторів, визначено найбільш ефективні їх поєднання. Удосконалено ряд методів та методик діагностування строків вегетаційних поливів, адаптовано їх до умов краплинного зрошення Степу України: за концентрацією клітинного соку листя, розрахунковий «Penman-Monteith», інструментальний з використанням станції вологості ґрунту іMetos. Досліджено особливості формування зон зволоження ґрунтів за краплинного зрошення, встановлено їх геометричні параметри залежно від типу ґрунту та тривалості поливу, розроблено динамічну модель вологоперенесення у ґрунті за краплинного зрошення просапних культур.

Вивчено вплив локального зрошення на властивості ґрунтів за вирощування овочевих культур, а також на мікроклімат приземних шарів повітря. Встановлено, що підтримання оптимального рівня зволоження ґрунту за допомогою СКЗ позитивно впливає на мікроклімат: підвищується відносна вологість повітря на 7,5-15,2 % у перші дві доби після поливу, зменшуються її добові коливання, знижується температурний режим на 1,4-1,8⁰С.

Розрахунками обґрунтовано економічну та біоенергетичну ефективність впровадження інтенсивних технологій краплинного зрошення просапних сільськогосподарських культур в умовах Степу України.

Ключові слова: краплинне зрошення, просапні культури, режими зрошення, водоспоживання, урожайність, методи призначення строків поливу, зони зволоження.

АННОТАЦИЯ

Шатковский А.П. Научные основы интенсивных технологий капельного орошения пропашных культур в условиях Юга Украины. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.02 – сельскохозяйственные мелиорации – Государственное высшее учебное заведение «Херсонский государственный аграрный университет», Херсон, 2016.

В диссертационной работе приведено теоретическое обобщение и результаты экспериментальных исследований, которые решают важную научно-прикладную

проблему относительно повышения продуктивности пропашных сельскохозяйственных культур в зоне Степи Украины путем внедрения интенсивных технологий капельного орошения.

Определены методические особенности проведения полевых технологических опытов в условиях капельного орошения, которые, в первую очередь, определяются спецификой этого способа полива. В частности, исследованиями влияния капельного орошения на микроклимат (температуру $t, ^\circ\text{C}$ и относительную влажность воздуха $RH, \%$), установлено, что неорошаемые варианты опыта необходимо размещать на расстоянии не менее 5 м от орошаемых участков. Также, в методическом плане обоснован подход к разработке схем полевых однофакторных опытов, реализация которых направлена на получение зависимостей «Водопотребление – Урожайность» и определение оптимального предполивного порога влажности с точки зрения затрат ресурсов на единицу продукции.

По результатам исследований водного режима почвы установлены закономерности формирования режимов капельного орошения: математические зависимости «Предполивная влажность почвы – Количество поливов» и «Предполивная влажность – Величина оросительной нормы», а также влияние осадков на величину оросительной нормы. Исследованы и установлены основные параметры и закономерности процессов водопотребления пропашных сельскохозяйственных культур в условиях капельного орошения Степи Украины, разработаны проектные нормы водопотребности культур при капельном орошении и программный продукт «Информационно-советующая система планирования и управления режимами капельного орошения». Установлены корреляционные связи между суммарным водопотреблением культур и их урожайностью, построены статистические модели «Водопотребление – Урожайность».

Исследованы и установлены особенности роста и развития, формирования продуктивности и качества пропашных сельскохозяйственных культур в зависимости от комплекса факторов, определены наиболее эффективные их сочетания. Оптимальным диапазоном увлажнения при капельном орошении для большинства пропашных культур является узкий интервал от 85 до 95 % НВ, что предусматривает проведение вегетационных поливов относительно небольшими нормами при одновременном сокращении межполивных периодов.

Усовершенствован ряд методов и методик диагностирования сроков вегетационных поливов: по концентрации клеточного сока листьев, расчетный «Penman-Monteith» (FAO), а также инструментальный с использованием интернет-станции влажности почвы iMetos. Разработаны научно-практические рекомендации по адаптации и применению указанных методов в условиях капельного орошения.

Исследованы особенности, установлены закономерности формирования зон увлажнения различных типов почв при капельном орошении, основные геометрические параметры в зависимости от предполивной влажности и продолжительности полива, разработана динамическая модель влагопереноса в почве при капельном орошении пропашных культур. Модель использована для численного моделирования процесса влагопереноса в случае трех углубленных точечных источников (капельниц).

Обоснован факт минимального влияния нормированного локального орошения на свойства почв при выращивании овощных культур, а также положительное его

влияние на микроклимат приземных слоев воздуха. Установлено, что поддержание оптимального уровня увлажнения почвы при помощи системы капельного орошения повышает относительную влажность воздуха на 7,5-15,2 % в первые двое суток после полива, уменьшает ее суточные колебания, снижает температуру воздуха на 1,4-1,8⁰С.

Расчетами обоснована экономическая и биоэнергетическая эффективность внедрения интенсивных технологий капельного орошения пропашных сельскохозяйственных культур в условиях Степи Украины.

Ключевые слова: капельное орошение, пропашные культуры, режимы орошения, водопотребление, урожайность, методы назначения сроков полива, зоны увлажнения.

SUMMARY

Shatkovsky A.P. Scientific basis of intensive drip irrigation technology for tilled crops under the conditions of the Steppe of Ukraine. – Manuscript.

Thesis of the Doctor of agricultural science academic degree by specialty 06.01.02 – agricultural melioration (agricultural sciences) – Kherson State Agricultural University, Kherson, 2016.

In the thesis it is given theoretical generalization and results of experimental researches which solve an important scientific and applied problem of productivity increase of basic tilled crops in the steppe zone of Ukraine through applying the intensive technology of drip irrigation.

Based on the research results on water regime of soil it was specified the mechanism of formation of drip irrigation regimes and processes of evapotranspiration. All these were a basis for developing «Information and advisory system on planning and control of drip irrigation regimes» and making the statistical models «Evapotranspiration – Yield». It was also investigated and determined the features of growth and development, productivity and quality indices of tilled crops subject to the complex of factors, as well as it was determined the most effective their combinations. It was also improved a range of techniques and methods of irrigation scheduling and adapted them to the conditions of drip irrigation of the Steppe of Ukraine, namely: by the concentration of cell sap of leaves, calculated «Penman-Monteith», instrumental when using the soil humidity unit iMetos.

It was also analyzed the mechanism of formation of soil moistening zones when using drip irrigation, determined their geometrical parameters subject to a soil type and watering duration; it was developed a dynamic model of moisture transfer in soil when using drip irrigation for tilled crops.

It was studied the effect of local irrigation on the soil properties when cultivating vegetables growing, as well as on the microclimate of surface air. It was proved that keeping an optimal moistening level of soil using DIS positively affects the microclimate, that is the degree of air saturation increases by 7,5-15,2 % in the first two days after watering, its daily fluctuations reduce and the temperature regime decreases by 1,4-1,8⁰С.

Based on some calculations it was substantiated economic and bioenergetical efficiency of the implementation of intensive drip irrigation technology for tilled crops under the conditions of the Steppe of Ukraine.

Key words: drip irrigation, tilled crops, irrigation regimes, evapotranspiration, yield, methods of irrigation scheduling, moistening zones.

Підписано до друку 26.09.2016 р. Зам. № 928.
Формат 60x90 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Наклад 100 прим. Ум. друк. арк.. 1,9.
Друк «ЦП «КОМПРИНТ», Свідоцтво ДК № 4131 від 04.08.2011 р.
м. Київ, вул. Предславинська, 28
528-5-42, 067-209-54-30
e-mail: komprint@ukr.net