

застосування мінеральних, перш за все азотних, добрив. При цьому суттєвий приріст урожаю встановлено лише при вирощуванні культури у вологі (5%), середньовологі (25%), середні (50%) і середньосухі (75%) за забезпеченістю опадами роки. У сухі (95%) роки, коли за вегетаційний період костриці східної випало лише 143,5 мм опадів при дефіциті водоспоживання 791,0 мм, та вкрай низькому коефіцієнті зволоження (0,15), урожай насіння костриці східної формується лише за широкорядного способу сівби і застосування низьких ($N_{30}P_{60}$) і середніх ($N_{60}P_{60}$) доз мінеральних добрив.

Рецензент: Люта Ю.О., провідний науковий співробітник лабораторії овочівництва, кандидат сільськогосподарських наук

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Internet resources: http://www.dlf.ru/R_D/Forage_breeding/Tall_Fescue.aspx.
2. Internet resources: <http://skazka.nsk.ru/atlas/id.3923>.
3. Internet resources: <http://rutrav.ru/travi.php>.
4. Internetresources:http://www.agroatlas.ru/ru/content/related/Festuca_regeliana.
5. Internet resources: http://www.dlf.ru/R_D/Forage_breeding/Tall_Fescue.aspx.
6. Internet resources: <http://ecology.sci-lib.com/article/000590.html>.
7. Internet resources: <http://diaspora.ukrinform.ua/11.shtml>.

УДК: 631.1:631.6(477.72)

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ З РОЗРОБКИ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

КОКОВІХІН С.В. – докторант, к.с.-г.н, с.н.с.,
Інститут землеробства південного регіону НААНУ

Постановка проблеми. Зрошення є одним із основних факторів інтенсифікації землеробства в районах з недостатнім та нестійким природним зволоженням. Ось чому штучне зволоження набуло широкого розповсюдження в аридних регіонах, особливо у ХХ столітті. В теперішній час у світі зрошуються понад 270 млн. га, причому поливні землі забезпечують 40% світового виробництва продовольства, займаючи лише 18% площі сільгоспугідь.

Формування продуктивності зрошуваних агроценозів є дуже складним поліфакторним процесом, оскільки залежить від багатьох природних (температура і вологість повітря, кількість атмосферних опадів та ін.) й агротехнологічних (зрошення, добрива, густина стояння рослин, сорти, терміни сівби, норми висіву насіння тощо) чинників. Вивчення впливу кожного окремого елементу на рівень урожаю ще більше ускладнюється в зв'язку з діяльністю великої кількості живих організмів штучної екосистеми та їх різною пристосованістю до покращення, або, навпаки, до погіршення умов існування. Вирішення продовольчої проблеми, яка загострюється внаслідок економічної, енергетичної та екологічної кризи при зростанні чисельності населення нашої планети та змінах клімату, потребує розробки нових і вдосконалення існуючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, обумовлює необхідність підвищення продуктивності рослин, зокрема, за рахунок збільшення віддачі від зрошення й оптимізації витрат агресурсів.

Підвищити продуктивність зрошуваних земель можна за допомогою впровадження науково обґрунтованих технологій вирощування, підвищення продукційних процесів рослин на засадах встановлення дії і взаємодії природних та агротехнологічних факторів, наприклад, встановлення оптимальних строків і норм вегетаційних поливів, оптимізації витрати добрив, пестицидів та інших агресурсів.

Стан вивчення проблеми. Одним з основних напрямів землеробства третього тисячоліття є одержання стабільних і прогнозованих врожаїв сільськогосподарських культур шляхом наукового, економічного й екологічного обґрунтування та впровадження сучасних технологій вирощування. Особливістю ґрунтово-кліматичної підзони південного Степу України є недостатня кількість атмосферних опадів при значному потенціалі сонячної енергії. Внаслідок таких природних особливостей практично кожен рік спостерігається гострий дефіцит ґрунтової вологи, який перешкоджає отриманню запланованого рівня врожайності. За останні 10-15 років площа зрошуваних земель в Україні зменшилася в 3,6-4,1 рази, істотно знизилась окупність поливної води, зросли непродуктивні її втрати при транспортуванні та проведенні поливів, що вказує на недостатню ефективність використання гідроресурсів. У переважній більшості господарств зони зрошення південної підзони Степу України урожайність основних сільськогосподарських культур та рентабельність виробництва рослинницької продукції істотно коливається залежно від метеорологічних та господарсько-

економічних умов, що вказує на нестабільність агросфери південного регіону країни.

Відомо, що виробництво необхідної для забезпечення населення кількості рослинницької продукції досягається в промислово розвинених країнах за рахунок великого вкладення у цей процес невідновлювальної енергії, матеріалізованої у сільськогосподарській техніці, добривах, пестицидах тощо. Проте, як вказує А. А. Жученко для масштабного розповсюдження американської моделі сільськогосподарського виробництва необхідно було б щорічно витратити майже 80% світових запасів енергії. Напевно, що абсолютна більшість країн світу не тільки у теперішній час, але й на найближчу перспективу не зможуть досягти рівня енергоємності сільського господарства промислово розвинених країн. У США та країнах Європейського Союзу зростання сільськогосподарського виробництва може відбуватися до тих пір, поки підтримується надходження значних обсягів енергії з зовні (головним чином, нафти з країн Персидської затоки). За аналізом даних показників стійкого зростання врожайності в промислово розвинених країнах впродовж останніх 50 років встановлено, що висока наукоємність агропромислового комплексу, застосування добрив, пестицидів, зрошення і технічних засобів, забезпечує не менше 60% приросту.

Завдання і методика досліджень. Завданням досліджень було встановити основні напрями науково-дослідних робіт, які спрямовані на розробку й впровадження у виробництво енерго- та водоощадних режимів зрошення.

Дослідження базувались на аналітичному опрацюванні літературних даних вітчизняних і закордонних учених, а також інформації з мережі Інтернет.

Результати досліджень. Важливим фактором отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур є оптимальний рівень забезпечення протягом всього вегетаційного періоду достатньою кількістю вологи в активному шарі ґрунту. В кліматичних і ґрунтових умовах з достатнім природним зволоженням це досягається за рахунок великої кількості атмосферних опадів та шляхом проведення спеціальних агротехнічних заходів щодо накопичення вологи. Проте в аридних регіонах дефіцит доступної для рослин вологи компенсується переважно за рахунок використання штучного зволоження.

У степовому регіоні України, який характеризується високими температурами повітря, сильними вітрами, незначною кількістю опадів, низьким гідротермічним коефіцієнтом та іншими негативними природними явищами, найбільш надійним і дієвим заходом боротьби з посухою є зрошення. Багаторічні наукові дослідження і

виробничий досвід свідчать, що при оптимізації всіх складових системи землеробства зрошення дозволяє щорічно отримувати стабільно високі врожаї сільськогосподарських культур, які у 1,5-3,0 рази перевищують показники на неполивних землях.

Вагомою складовою системи землеробства є режим зрошення, який, поряд з покращенням вологозабезпеченості рослин, підсилює дію інших факторів у напрямку підвищення врожайності та збільшення чистого прибутку.

Відповідно до диференціації кліматичних, господарських і агротехнічних умов режим зрошення кожної культури має значні коливання по роках і окремих періодах року. При проектуванні й використанні зрошувальних систем необхідно встановлювати можливі розміри цих коливань. Тому дуже важливо з технологічної, економічної та екологічної точок зору встановити для кожної культури сівозмін як загальну кількість поливної води, яка потрібна конкретній культурі за весь вегетаційний період при певній агротехніці, так і її розподіл по окремих етапах росту й розвитку.

Формування режиму зрошення базується на визначенні витратної та прихідної частин водного балансу. Прихідна частина складається з накопичення запасів вологи в ґрунті за рахунок опадів осінньо-зимового й вегетаційного періодів, а також надходження води від поливів. Витратна частина – це витрата води на сумарне випаровування рослинами під час вегетації і її необхідно постійно контролювати, щоб не порушити оптимальний водний режим ґрунту. Велике значення в комплексі раціонального диференційованого режиму зрошення сільськогосподарських культур має правильне і своєчасне встановлення строків і норм вегетаційних поливів.

Для визначення оптимальних строків вегетаційних поливів застосовуються такі основні методи:

- 1) За вологістю ґрунту.
- 2) З пристосуванням до фаз розвитку та за зовнішніми морфологічними ознаками.
- 3) За фізіологічними показниками рослини (зміни величин сили і концентрації клітинного соку тощо).
- 4) За допомогою дистанційного зондування.
- 5) Розрахунковими методами.

Найпоширенішим в практиці зрошувального землеробства вважається метод визначення строків поливів за вологістю ґрунту.

Прямі методи визначення вологості ґрунту полягають у виділенні вологи із зразків ґрунту. До них відносять: термовагові, термоконденсаційні, хімічні, гідростатичного зважування, механічного витискування, електричні, ядерно-магнітного резонансу, органолептичний тощо.

Термовагові, в свою чергу, поділяють на термостатно-ваговий, термостатно-вакуумний, ІК-ваговий, високочастотно-ваговий, висушуванням струменем гарячого повітря, спиртовий, парафіновий. Суть цих методів полягає у висушуванні зразків ґрунту до постійної ваги у термостаті, під вакуумом, інфрачервоним випромінюванням, шляхом створення поля електричного струму високої частоти, обезводнення спиртом, внесення зразка в посуд з розплавленим парафіном.

Вказані методи пов'язані зі взяттям зразків ґрунту за допомогою бурів різних конструкцій. Найбільш точними методами є термостатно-ваговий і метод висушування зразків токами високої частоти.

Суть термоконденсаційного полягає у термічному висушуванні зразка і вимірюванні об'єму вологи, що утворилася в результаті конденсації.

При хімічних способах передбачають взаємодію з карбідом чи гідридодом кальцію і кількісне врахування ацетилену чи водню що виділився; введення зразка в спирт відомої концентрації і визначення ступеню його розбавлення.

Спосіб гідростатичного зважування передбачає гідростатичне зважування зразка, наприклад в чашці з поплавком. Механічне витискування із зразка вологи у фільтрувальний папір просочений речовиною та змінює забарвлення пропорційно вмісту вологи в ґрунту.

Електричні способи ґрунтуються на визначенні вологості за будь-якими електричними показниками.

Органолептичний метод заснований на визначенні вологості зразка за його властивостями формуватися у кульку, шнур і таке інше.

Непрямі (посередні) методи ґрунтуються на взаємозв'язку різних параметрів ґрунту з його вологістю. До посередніх методів відносять: нейронний, електричний, тензометричний, радіометричний, термодифузний та інші.

Нейронний спосіб вимірювання, що ґрунтується на випромінюванні швидкими нейронами і реєстрація щільності уповільнених нейронів – знаходження вологості за градуйованою шкалою. Налагоджено серійний випуск нейронного вологоміру ВПГР – 1, він дозволяє виконувати вимірювання за різними схемами. Основними його недоліками є те, що він достатньо важкий, коштовний, а також потребує спеціальної підготовки користувачів.

Серед електричних методів найбільшого поширення набули кондуктометричні і діелькометричні. Принцип дії кондуктометра полягає в тому, що за допомогою спеціального зонду він вимірює

електричну провідність ґрунту на частотах до 100 МГц в залежності від її вологості. На показники кондуктометра впливають: поляризація електродів, прилягання ґрунту до зонду, нестійкість опору між ґрунтом та зондом. Таким чином похибки складають 15-25%.

Принцип дії діелькометричних вологомірів полягає у диференціації діелектричної залежності проникнення ґрунту відносно його вологості на частотах 1,4-1,9 МГц.

Загальним недоліком електричних методів є необхідність ретельного градування датчиків. Крім того, є необхідність заглиблення датчиків в ґрунт за допомогою певних пристроїв.

Тензометричні методи ґрунтуються на вимірюванні за допомогою тензіометрів капілярного натягіння, або енергії, з якою волога утримується ґрунтом. Діапазон капілярного потенціалу від 0 до 75 кПа, що дорівнює приблизно 0,5 НВ.

До вимірювання вологозапасів на площі надається низка вимог. Вони повинні забезпечувати оперативне охоплення вимірюваннями великих площ у шарі ґрунту не менше 0-50 см при вологості близької до передполивної. Вимірювання не повинні залежати від механічного та хімічного складу ґрунтів, щільності верхнього шару, відносна допустима похибка вимірювань не повинна перевищувати 20%.

Безконтактні, або дистанційні методи можна поділити на три групи:

- ▶ методи, які ґрунтуються на випромінюванні за допомогою радіометрів пасивного радіотеплового випромінювання Землі в діапазоні хвиль від 5 до 21 см;
- ▶ методи, засновані на радіометрії активного випромінювання в діапазоні УКХ (ультракоротких хвиль);
- ▶ метод спектральної зйомки з літака або супутників.

Слід зауважити, що дистанційні методи дають можливість визначити вологість ґрунту, яка виражена у відсотках від маси абсолютно сухого ґрунту і це ускладнює використання отриманих даних для оцінки вологозабезпеченості сільськогосподарських культур, розрахунку поливних норм. Крім того, ці методи відображають рівень вологозапасів на невеликій глибині, що значно обмежує використання цих методів у виробництві.

Проте, не дивлячись на важливість і цінність методу визначення строків поливів за вологістю ґрунту, все ж таки не можна не вказати на низку його істотних недоліків. Перш за все, при цьому методі не приділяється належна увага потребі самої рослини. Цей метод не можна застосовувати на засоленних ґрунтах, де навіть при значному вмісті води в ґрунті вона є малодоступною для рослин. Тому рослини на таких ґрунтах

можуть страждати від дефіциту доступної вологи й у тому випадку, коли ґрунт достатньо вологий. Цей метод потребує великих витрат людської праці на відбір багатьох зразків ґрунту, спеціального лабораторного обладнання, значних витрат часу від проведення спостережень до одержання кінцевих результатів.

Похибки при призначенні поливів за вологістю ґрунту будуть навіть через те, що не завжди відомо, де і на якій глибині знаходиться активна частина кореневої системи. На нашу думку, з агробіологічної точки зору найслабкішим місцем цього методу є орієнтація на середню вологість активного шару ґрунту, яка не завжди правильно відображає потребу рослин в поливі на окремих мікро ділянках. Крім того, слід врахувати, що при проведенні поливів необхідно керуватися не тільки ступенем вмісту вологи в ґрунті, але й погодними умовами, напруженістю метеорологічних чинників, а також брати до уваги „критичні” періоди в розвитку рослин.

За наявності великого практичного досвіду потребу в поливі можна встановлювати візуальними методами: за зміною кольору листків і стебел; тургором листків; уповільненням росту вегетативних і з'явленням репродуктивних органів та ін. За цими показниками можна уточнювати час поливу, встановлюваний по фазах вегетації, з якими тісно пов'язані критичні періоди водоспоживання рослин. У такому випадку використовують рекомендації науково-дослідних установ, які визначають для кожного регіону і культури поливні норми і орієнтовну кількість поливів по фазах вегетації.

Фізіологічні методи діагностування поливів, що враховують стан рослин (всисна сила листків, концентрація клітинного соку листків та ін.).

Поливи по вказаних фізіологічних показниках проводяться тоді, коли останні досягають певних величин, диференційованих для різних культур і сортів, фаз та стадій розвитку, специфіки ґрунтово-кліматичних умов.

Найнадійнішими і чутливими ознаками виявилися величина всисної сили клітинного соку листя, яку можна визначати за допомогою рефрактометра. Величина всисної сили листків залежить від вологості ґрунту, з температурою і вологістю повітря вона зв'язана слабше. Для практичного застосування фізіологічних показників повинні бути встановлені їх величини, при яких необхідний черговий полив. Крім того, відомі інші методи:

- ⇒ обліку вмісту вологи за кількістю сахарози і концентрації соку з листя;
- ⇒ діагностика поливів за кількісним обліком пасоки;
- ⇒ за динамікою показників ростових процесів;

- ⇒ даними з особливостей наростання й середньодобового приросту головного стебла;
- ⇒ за ступенем отворів продихів і добової динаміки інтенсивності транспірації;
- ⇒ використання температури листа як показника вологозабезпечення;
- ⇒ застосування зміни електричного опору рослинних тканин як показник реакції рослин на умови водопостачання;
- ⇒ визначення необхідності поливу за зміною швидкості руху води в рослині.

Широке застосування в Німеччині знайшов „метод в'янення”, розроблений А. Арландом. Він заснований на оцінці комплексу фізіологічних характеристик в'янення рослин за якими визначається потреба у волозі. Цей метод також можна використовувати для встановлення потреби в добривах, оцінки ступеня родючості ґрунту, визначення ступеня полягання рослин за різних умов живлення, характеристики біологічних особливостей різних сортів тощо.

Також широке поширення в країнах ЄС набув метод визначення термінів поливу за допомогою інфрачервоного термометра. Розроблено пристрій для вимірювання інфрачервоної ремісії листової поверхні з метою визначення забезпеченості сільськогосподарських культур водою. Дослідження, що проводяться за допомогою переносного інфрачервоного термометра в сільськогосподарській лабораторії в Норт-Платте, штат Небраска показали, що найсприятливіші умови для розвитку рослин кукурудзи забезпечував режим зрошення з призначенням поливів по різниці температур поверхні листя рослин на неполивних і зрошуваних ділянках рівної 0,8°C.

У Франції для управління поливом використовують опорну величину, пов'язану з потребами і запасами води в рослині. Цією величиною є біометричні показники рослин, щоденні високоточні вимірювання яких фіксують. Зрошення проводять, якщо відхилення параметрів перевищить задану величину.

Використання для визначення в польових умовах водного потенціалу листя рослин простого в експлуатації, точного і чутливого методу камери тиску привело до бурхливого зростання досліджень цієї найважливішої термодинамічної характеристики водного обміну. Проте, метод камери тиску непридатний для автоматичної реєстрації. Для управління зрошувальною системою за водним потенціалом рослин у ФРН запропонований датчик визначення потенціалу вологи, встановлюваний на поверхні рослин. Поверхневий шар датчика виконаний з гігроскопічного для водяної пари матеріалу. В центрі датчика розташований штучний

адсорбуючий шар, по боках якого встановлені пористі пластини, які створюють разом з адсорбуючим шаром конденсатор або реостат.

Для автоматичної реєстрації водного потенціалу стебла біля молодих сільськогосподарських рослин Макберні та Костіган запропонували використовувати контактний гігрометр точки роси. Була знайдена висока відповідність між водним потенціалом, що визначався цим методом і методом камери тиску. Проте автоматичні системи управління поливом з цих показників не знайшли широкого використання внаслідок низки чинників:

1. Складність виготовлення датчиків.
2. Вплив атмосферних умов на показники датчиків і необхідність введення компенсаційних пристроїв.
3. Ненадійність установки датчика на листках рослин.
4. Нетривалість розміщення датчика на одному місці.
5. Велика варіабельність водного потенціалу листя різних за біологічними ознаками культур за диференціації метеорологічних умов.

Відома ще велика кількість методів діагностики вологозабезпеченості рослин за їх фізіологічними параметрами, але багато з них дуже трудомісткі й непридатні для широкого використання у виробничих умовах.

Проте, в окремих випадках були і залишаються сумніви в достовірності фізіологічних показників встановлення термінів поливів, оскільки вони сильно змінюються залежно від багатьох факторів: сонячної радіації, сили вітру, хмарності, температури і відносної вологості повітря тощо. Також вони залежать від часу відбирання проб протягом доби, від розташування листя (ярусності), віку рослин тощо. Тому в найближчій перспективі необхідно продовжувати дослідження з використання фізіологічних методів, порівнюючи їх ефективність або використовуючи їх в комбінації з іншими методами.

Застосування розрахункових методів базується на визначенні показників втрат вологи на сумарне випаровування.

Випаровування води з ґрунту – дуже складний процес. Він включає переміщення води в ґрунті у відповідь на різницю потенціалів води, температурні градієнти ґрунту, а також умови навколишнього середовища. Відмінності водних потенціалів виникають між атмосферою і ґрунтом, а також у самому ґрунті. Найбільше вода випаровується з вологого ґрунту (високий водний потенціал) при сухому повітрі (низький водний потенціал, тобто низька вологість або тиск пари). За мірою висихання верхнього шару ґрунту вода повинна підійматися до поверхні, щоб компенсувати втрати через випаровування. При тривалому

випаровуванні відстань, яку необхідно подолати воді, збільшується, що приводить до значного зниження швидкості потоку до поверхні у вигляді рідини або пари, а, отже, зниження рівнів випаровування. Нарешті, потік води вже проходить на стадії пари, що призводить до ще меншої швидкості випаровування. Ці постійно змінні умови водного потенціалу призводять до постійних змін у швидкості потоку води на поверхню. Водний потенціал повітря теж постійно змінюється через зміни в навколишньому середовищі. Кожне додавання води в ґрунт, наприклад, після випадання опадів або проведення поливу, наново починає цикл випаровування.

Крім температури, є інші умови, що впливають на випаровування. До них належать: сонячна радіація, вологість і вітер. Сонячна радіація дає енергію для випаровування, тоді як вологість повітря і швидкість вітру впливають на градієнт тиску пари на межі ґрунт-атмосфера. Висока вологість і низька швидкість вітру призводять до низького градієнта тиску пари на межі ґрунт - атмосфера, а отже, низького рівня випаровування. Потенціал випаровування поступово збільшується у міру зменшення відносної вологості повітря і збільшення швидкості вітру.

Випаровування – чисто фізичний процес переходу рідкої речовини в газовий стан. Випаровування відбувається з відкритих вологих поверхонь рослин або інших предметів. Транспірація відбувається, коли вода проходить по організму рослини й випаровується. В природі процеси випаровування та транспірації одночасні й важко відокремлювані. Сумарне випаровування (евапотранспірація) – це сумісний процес випаровування з ґрунту та транспірації рослин.

Після проходження первинних етапів органогенезу рослин і формування великої вегетативної маси найвища частка випаровування проходить за рахунок транспірації сільськогосподарськими культурами. У цьому випадку приблизно 10-20% випаровування відбувається з ґрунту та близько 80-90% – в процесі транспірації рослин.

Процес випаровування досить складний, що пояснює існування великої кількості методів для розрахунків потенційного та фактичного випаровування.

Для визначення сумарного випарування А.М. Костяков (1960) запропонував таку формулу:

$$E = A \times Y,$$

де **Y** – урожайність даної культури;

A – коефіцієнт водоспоживання, що відповідає даній урожайності

Д.А. Штойко та ін. (1977) при розрахунках водоспоживання за основу приймали температуру і відносну вологість повітря (біофізичний метод). Цей метод базується на тому, що за оптимальної вологості ґрунту процес випаровування практично не регулюється рослиною і ґрунтом, оскільки надходження вологи до поверхні випаровування не обмежено. В цих умовах сумарне випаровування визначається, головним чином, зовнішніми гідротермічними факторами випаровування (вологість повітря, температура).

В початковий і кінцевий періоди вегетації пропонується користуватися формулами:

$$E = \Sigma T (0,1 T_c - \frac{r}{100}),$$

а в інші періоди :

$$E = \Sigma T [0,1 T_c + (1 - \frac{r}{100})],$$

де ΣT – сума середньодобових температур повітря за розрахунковий період;

T_c – середньодобова температура повітря за той самий період;

r – середня відносна вологість повітря за цей період.

Для оцінки зменшення сумарного випаровування, коли зменшується розрахунковий шар або вологість знижується нижче критичного значення, вводяться два редуційні коефіцієнти K (табл. 1) і a (табл. 2), а у випадку близького залягання ґрунтових вод вводиться коефіцієнт надходження вологи за рахунок ґрунтових вод.

Таблиця 1 – Значення редуційного коефіцієнта K для врахування зниження сумарного випаровування при зменшенні розрахункового шару ґрунту

Місяць	Декада	Пшениця озима, h=0,5	Ячмінь ярий, h=0,5	Кукурудза на зерно, h=0,5	Буряки кормові та цукрові, h=0,5	Люцерна h=0,7	Картопля, h=0,5
Квітень	1	1	—	—	—	0,7	—
	2	1	1	—	—	0,7	—
	3	1	1	—	1	0,7	—
Травень	1	0,7	1	1	1	0,7	—
	2	0,7	1	1	1	0,7	—
	3	0,5	0,7	1	1	0,7	1
Червень	1	0,5	0,7	1	1	0,7	1
	2	0,5	0,5	1	1	0,7	1
	3	0,5	0,5	1	1	0,7	1

Місяць	Декада	Пшениця озима, h=0,5	Ячмінь ярий, h=0,5	Кукурудза на зерно, h=0,5	Буряки кормові та цукрові, h=0,5	Люцерна h=0,7	Картопля, h=0,5
Липень	1	—	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
	2	—	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
	3	—	—	0,7	0,7	0,7	0,7
Серпень	1	—	—	0,5	0,5	0,7	0,7
	2	—	—	0,5	0,5	0,7	0,7
	3	—	—	—	0,5	0,7	—
Вересень	1	—	—	—	0,5	0,7	—
	2	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—

У випадку, коли величина розрахункового шару h менша 1 м, а величина кореневмісного шару h_k більша розрахункового шару h ($h_k > h$), вводиться редуційний коефіцієнт K на показник зменшення сумарного випаровування, який визначається за формулою:

$$K = \begin{cases} \frac{h}{h_k}, & \text{якщо } h_k > h, h_k \leq 1, \\ 1, & \text{якщо } h_k < h, h < 1. \end{cases}$$

Якщо вся коренева система в дану фазу розвитку рослин знаходиться в розрахунковому шарі, зменшення сумарного випаровування не відбувається, тобто $K = 1$.

Таблиця 2 – Значення редуційного коефіцієнта a для різних типів ґрунтів і величини розрахункового шару залежно від величини дефіциту вологості ґрунту

Дефіцит, м ³ /га	Важкий суглинок, ПВ=3260 м ³ /га				Середній суглинок, ПВ=3040 м ³ /га			
	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м
300	82	1,00	87	1,00	80	1,00	86	1,00
400	76	0,92	83	1,00	74	0,99	82	1,00
500	70	0,80	78	0,97	67	0,82	77	1,00
600	64	0,70	74	0,91	61	0,63	72	0,91
700	58	0,59	70	0,85	55	0,54	67	0,88
800	52	0,52	65	0,78	48	0,36	63	0,81
900	47	0,31	61	0,72	42	0,12	58	0,73
1000	41	0,20	57	0,56	36	0,03	54	0,62
1100	35	0,07	53	0,44	29	0	49	0,51

Дефіцит, м ³ /га	Важкий суглинок, ПВ=3260 м ³ /га				Середній суглинок, ПВ=3040 м ³ /га			
	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м	вологість, % НВ	глибина розрах. шару, h=0,5м
1200	29	0	48	0,28	23	-	45	0,31
1300	23	0	44	0,19	16	-	40	0,20
1400	17	0	40	0,10	10	-	35	0,09
1500	12	0	36	0	4	-	30	0

Редукційний коефіцієнт a показує зниження сумарного випаровування при зниженні вологості ґрунту нижче критичного значення (через відповідний дефіцит вологості ґрунту).

О. Р. Константінов (1979) запропонував визначати сумарне випарування за біологічними кривими за формулою:

$$E = \frac{E_{oi}}{E} \cdot E_{won},$$

де E – сумарне випарування за розрахунковий період при оптимальних вологозапасах;

E_{oi} – випаровуваність за розрахунковий інтервал часу, яка визначається температурою і абсолютною вологістю повітря (за графіками Константінова);

\bar{E}_o – середнє сезонне значення умовної випаровуваності;

E_{won} – ординати біологічних кривих

Серед іноземних розробок найбільшою популярністю користуються методи Блейні і Кридла, Торнтвейна, Пенмана
Формула Блейні і Кридла у метричній системі має вигляд:

$$E = 0,458 K_b \Sigma p (t + 17,8), \text{ мм,}$$

де K_b – коефіцієнт, який залежить від виду культури;

P – частка тривалості денних годин в даному місяці від річної суми, %;

t – середньомісячна температура повітря, °С

В Англії, США та Канаді для розрахунків водоспоживання застосовують метод Торнтвейна. За цим методом місячні величини випарування визначаються за формулою:

$$E_t = 16 \left(\frac{10 t}{J} \right)^\alpha,$$

де E_t – потенційна транспірація за 30 днів;

t – середня місячна температура повітря, °С;

j – теплобалансовий індекс;

α – емпіричний показник, який залежить від j

Метод Пенмана застосовується для територій, де доступні вимірювання температури й вологості повітря, швидкості вітру, а також сонячного сяйва або випромінювання. Точність цього методу перевищує точність інших простих кліматологічних методів досліджень випаровування. Причина популярності цього методу в тому, що він вимагає метеорологічних вимірювань, здійснюваних тільки на одному рівні поверхні. Формула Пенмана має енергетичну частину (температура, випромінювання) та аеродинамічну частину (вітер і вологість). Важливість і достовірність цих частин залежать від метеорологічних умов.

Дуренброс і Пруїтс (Doorenbros and Pruitts, 1977), для підвищення точності розрахунків випаровування здійснили модифікацію рівняння Пенмана шляхом використання добових даних. Загальна формула, що рекомендується для обчислення евапотранспірації цим методом, така:

$$ET_0 = c[\beta \cdot R_n + (1 - \beta) \cdot f(u) \cdot (e_d - e_a)],$$

де ET_0 – потенційна евапотранспірація рослин (мм/день);

β – коефіцієнт, пов'язаний з температурним фактором зміни досліджуваних показників;

R_n – сумарне випромінювання, що виражене в еквівалентному випаровуванні в мм/день;

$f(u)$ – функція швидкості вітру;

$(e_d - e_a)$ – нестача насиченості повітря в мбар;

c – регулюючий фактор для компенсації ефекту денної і нічної евапотранспірації.

Отже, враховуючи велику кількість методів встановлення випаровування існує необхідність перевірки їх точності і порівняння з новими розрахунковими методами й, у першу чергу, з методом формування режиму зрошення за показниками середньодобового випаровування ІЗПР НААН України (Писаренко В.А. та ін., 2005).

Крім того, важливе значення мають дослідження з розробки технологій і технічних засобів комбінованого дощувально-краплинного зрошення сільськогосподарських культур. Можна також вивчати й інші поєднання способів поливів. Цей напрям є цікавим з точки зору диференціації підходу до вологозабезпечення рослин – подачу води в зону розміщення кореневої системи одним способом (краплинне, по борознах, субіригація тощо) та регулювання фітотемператури в приземному шарі повітря посівів і насаджень іншими (мікродощування, аерозольне зрошення і т.д.), що сприятиме економії поливної води та інших

ресурсів, підвищенню врожайності культур, зниженню техногенного навантаження на довкілля.

Важливе значення мають дослідження, спрямовані на проведення порівняльної оцінки різних способів зрошення – поверхневого, дощуванням, внутрішньоґрунтового, краплинного тощо для різних культур і сівозмін залежно від спеціалізації господарств, їх технологічного та економічного рівня.

Визначення ефективності вегетаційних поливів невеликими нормами (200-250 м³/га) порівняно з традиційними для зниження екологічного навантаження на агроценози (запобігання підтоплення, ерозії, осолонцювання тощо).

Дослідження з диференційованих режимів зрошення за методом пошарового визначення і підтримки передполивної вологості шляхом чергуванням поливних норм. При такому підході зволожують 0-30-см шар ґрунту частіше, ніж нижній – 30-70-см, тобто чергування малих (250-350 м³/га) поливних норм і підвищених (500-600 м³/га).

Польові досліди з циклічним зрошенням – поєднання в сівозміні неполивних і зрошуваних умов вирощування. Це підвищує сумарну ефективність використання води, добрив, покращує ґрунтово-меліоративні умови тощо). Відповідними культурами для цього є цукровий і кормовий буряк, соняшник, картопля, кормові травосуміші та ін. Без поливів вирощують якнайменше вологолюбні або посухостійкі культури, які, разом з достатньо хорошими урожаями, здатні додатково біологічно дрениувати ґрунт, ефективно використовувати воду з глибоких шарів, виносити з надземною масою водорозчинні солі. Періодичність поливних і неполивних сезонів можна змінювати, наприклад від 1:1 до 1:3. Найефективніше застосовувати циклічне зрошення на масивах з прогнозованою небезпекою підняття ґрунтових вод.

Ефективність аерозольного зрошення. Такий вид штучного зволоження підвищує в спекотливій дні відносну вологість повітря на 10-15% і знижує його температуру на 2-4°C і більше. При цьому зменшується сумарне водоспоживання рослин, витрата поливної води, покращується екологічна ситуація тощо.

Розробка технологій видалення солей з профілю засолених ґрунтів: механічне видалення солей; ярусна оранка, промивні зрошувальні норми, фітомеліорація і т.д.

Вплив спеціальних заходів технологій вирощування (щільювання, лункування, кротування, нульовий обробіток тощо) на економіко-екологічні показники зрошуваного землеробства. В області вдосконалення й виробництва нової сільськогосподарської техніки пріоритетним будуть: виготовлення техніки високої якості,

її довговічності і надійності в роботі, легкій в управлінні, продуктивної і економічної, оснащеної бортовими комп'ютерами.

Важливим перспективним напрямом у сільському господарстві, в тому числі й у зрошуваному землеробстві, на найближчу перспективу є застосування біотехнологічних методів. Біотехнологія рослин – це, по суті біотехнологія методів зі збільшення здатності рослин до протидії стресам (високі температури повітря, нестача вологи, наявність токсичних речовин в ґрунті тощо), толерантності до шкідників і вірусних хвороб, підвищення врожайності, покращенню якісних показників та ін. Сільськогосподарська індустрія в 90-х роках минулого століття характеризувалась переходом від біотехнологічних розробок до отримання нових продуктів і виходом їх на ринок. Наприклад, потужні транснаціональні компанії швидкими темпами впроваджують нові гібриди кукурудзи, стійкі до сільськогосподарських шкідників, а також бавовнику, кукурудза, сої, томатів, стійких до гербіцидів суцільної дії. Внаслідок істотних економічних переваг попит на ці продукти зростає набагато швидше, ніж пропозиція.

В генетичних маніпуляціях закладений великий потенціал зі зміни харчової цінності багатьох продуктів. Кукурудза і соя є предметом досліджень з покращення якості їх шляхом введення генів, які підвищують рівень незамінних амінокислот.

Перспективним вважається використання біотехнології для виробництва етанолу, дизельного палива з сільськогосподарських культур, які мають підвищений вміст рослинних олій, крохмалю тощо.

Разом з тим, не заперечуючи величезний потенціал сільськогосподарської біотехнології виробництва рослинницьких продуктів цей напрям має негативні риси. Існують побоювання, що ГМО-продукти можуть негативно вплинути на геном людини, тварин і рослин. Низка вчених вважає, що використання насіння, одержаного методами біотехнології може привести до втрати генетичної різноманітності серед сільськогосподарських культур, оскільки місцеві види можуть бути замінені таким же шляхом, як сучасні гібриди замінили традиційні сорти. Вирощування ГМО-культур обумовлює необхідність збільшення витрат пестицидів, синтетичних добрив, істотного підвищення кількості поливів і зрошувальних норм, що негативно відображається на екологічному стані агроценозів та погіршує економічну ефективність.

Існують і етичні проблеми, пов'язані з трансформацією і внесенням генів одного виду рослин або тварин в генетичний апарат іншої рослини або тварини. Ці проблеми вже у ряді

випадків пов'язані з судовими позовами до виробників ГМО у зв'язку з компаніями протесту. Крім того, величезні кошти, які витрачаються на біотехнологічні дослідження вилучають ресурси від необхідних досліджень з традиційних методів селекції сільськогосподарських культур, захисту рослин від хвороб і шкідників, оптимізації агротехнічних заходів тощо.

Існує необхідність з розробки новітніх технологій з використання супутників, польових карт, систем географічної інформації, аналізу ґрунтів за електронними моделями полів і мікроділянок, диференціюванням норм висіву насіння, доз добрив, зрошувальних норм тощо. Нові технології дозволяють агровиробникам зібрати детальну інформацію про ґрунтові умови та стан рослин на полі, аналізувати ці дані, розробляти заходи оптимізації продуктивності для специфічних місць полів тощо. Перспективи розвитку зрошувального землеробства нерозривно пов'язані з комп'ютеризованими інформаційними системами, які широко будуть використовуватись в усіх галузях сільськогосподарського виробництва. Отже, в найближчому майбутньому землеробство ґрунтуватиметься на поєднанні інформаційних систем з керованою комп'ютерами механізацією процесів для скорочення виробничих витрат і максимального використання наявних природних і технологічних ресурсів.

Висновки. Вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях повинно здійснюватись з врахуванням зональної специфічності, адаптивності й необхідності оптимізації у нових умовах господарювання, а також комплексу абіотичних, біологічних, технологічних, економічних, енергетичних та екологічних факторів.

Отримання максимально високої продуктивності рослин в зрошуваних агроценозах можливо при: нормованій подачі поливної води; застосуванні науково обґрунтованої системи удобрення й обробітку ґрунту; використання на зрошуваних землях високопродуктивних сортів і гібридів; інтегрованому захисті рослин тощо.

Формування систем землеробства на зрошуваних землях можна проводити за допомогою побудови оптимізаційних моделей складних біологічних систем, робота з якими потребує створення й систематизації баз даних, застосування нових методик спостережень й експериментів з метою встановлення різнонаправлених зв'язків та взаємозв'язків, планування й впровадження інтенсивних технологій зрошення за допомогою як традиційних методів, так і новітніх інформаційних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лысогоров С.Д., Ушкаренко В.А. Орошаемое земледелие [5-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Колос, 1995. – 447 с.: ил.
2. Лымарь А.О. Экологические основы систем орошаемого земледелия. – К. : Аграрна наука, 1997. – 397 с.
3. Григоров М.С. Научные основы ресурсосбережения при дождевании. – М. : МСХА, 2001. – 135 с., ил., табл.
4. Гимбатов А.Ш. Научное обоснование оптимизации условий получения запланированных урожаев кукурузы на мелиорированных землях Западного Прикаспия : автореф. дис... д-ра с.-х. наук. – Нальчик : ДСХА, 2003. – 53 с.
5. Головатый В.Г. Оптимизация комплекса технологических факторов выращивания сельскохозяйственных культур при орошении: автореф. дис. докт. с.-х. наук. – М. : ВНИИГиМ, 2003. – 48 с.
6. Галямин Е.П., Рыбкин В.Н. Методы расчета поливного режима с.-х. культур с учетом вероятностного характера погодных условий // Орошение с.-х. культур. – 1991. – № 3. – С. 4-7.
7. Дмитриенко В.П. Об агрометеорологических факторах урожая // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1983. – Вып. 191. – С. 3-21.
8. Макрушин Н.М., Вабагин В.В., Бурейко Л.И. Методические указания по организационно-экономическому обоснованию зонального семеноводства зерновых культур. – М.: Издание МСХ СССР, 1981. – 48 с.
9. Балюк С.А., Ромащенко М.І. Наукові аспекти сталого розвитку зрошення земель в Україні . – К. : ДІА, 2006. – 32 с.
10. Жученко А.А., Казанцев Э.Ф., Афанасьев В.Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. – Кишинев : Штиинца, 1983. – 82 с.
11. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство. – Кишинев : Штиинца, 1990.– 432 с.
12. Одум Г., Одум Э. Энергетический баланс человека и природы. – М. : Мысль, 1978. – 365 с.
13. Методичні вказівки по застосуванню розрахункового методу визначення строків поливу сільськогосподарських культур за показниками середньодобового випаровування / В. А. Писаренко, С. В. Коковіхін, Л. С. Мішукова та ін. – Херсон: Колос, 2005. – 16 с.
14. Сніговий В.С., Гусєв М.Г., Коковіхін С.В. Землеробство в умовах зрошення // Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Степу України та АР Крим : колективна монографія. – К.: Альфа, 2005. – Т. 1. – С. 476-502.
15. Gary W. Frasier - Runoff farming - Irrigation technology of the future. Future irrigation strategies // Visions of the Future.

- Proceedings of the 3-rd National Irrigation Symposium. Phoenix, Arizona. – 1990. – P. 172-175.
16. Hearings before Subcommittee on the Forestry, Resource conservation, and Research of the Committee on Agriculture House of Representatives, 105th Congress, First Session, , June 17, 18 and July 9, 22, 1994. – Serial No. 20. – P. 105-107.
 17. Keith Fuglie, Nicole Ballenger and oth. Agricultural Research and Development. An Economic Research Service Report, # 735, USDA, May 1996. – P. 3-5.
 18. Klotz, C. A., K. O. Fuglie, and C. E. Pray. Private - Sector Agricultural Research Expenditures in the United States, 1962-1992, AGES9525. Econ. Res. Serv., U.S. Dept. of Agr.– 1995. – P. 30.
 19. McClelland, J. F. Kuchler, and J. Reilly. Effect of Animal Growth Hormones on U. S. Hog and Dairy Farms, AIB-626, Econ. Res. Serv. USDA, Sept. 1991. – P. 72-74.
 20. National Science Foundation. Science and Engineering Indicators. Wash., 1993. – P. 182.
 21. Ollinger, Michael, and Leslie Pope. Plant Biotechnology: Out of the Laboratory and into the Field. AER-6977. Econ. Res. Serv., USDA, Apr. 1995. – 32 p.
 22. USDA. Agricultural Statistics. Washington, D. C. Government Printing Office, 1997. – 324 p.
 23. Ensminger's World Book - State of the World's People, Animals, and Food by M. E. Ensminger, Clovis, CA, 1996. – P. 41-57.
 24. Fuglie K., Ballenger N., Day K., Klotz C., Ollinger M., Reilly J., Vasavada U., Yee J. Agricultural Research and Development: Public and Private Investments Under Alternative Markets and Institutions. ERS AER No.735, USDA, May 1996, – P. 3-9.
 25. <http://www.vesti.dp.ua/articles/vipusk/number/915/category/region.htm> [Электронний ресурс].
 26. <http://europeandcis.undp.org/files/uploads/Juerg/IWRM-CACENA-REPORT-2004Last.doc> [Электронний ресурс].
 27. <http://faostat.fao.org/faostat>. Статистичний бюлетень FAO [Электронний ресурс].
 28. <http://raduga.ener.ru/rus/devel/10.html> [Электронний ресурс].
 29. http://vodgosp.public.kherson.ua/new/ur_port.htm [Электронний ресурс].
 30. http://www.agric.wa.gov.au/pls/portal30/docs/FOLDER/IKMP/LWE/WATER/IRR/FN027_1990.PDF [Электронний ресурс].
 31. http://www.fao.org/ag/agl/swl/wpnr/reports/y_ea/z_cn/en/tables_e/K501.htm [Электронний ресурс].
 32. <http://www.schas.com.ua/nomera/67/67.htm#Art1> [Электронний ресурс].