

Установлено, що застосування аміачної селітри і КАС у підживлення хоча й збільшувало витрати, але за рахунок отримання вищого врожаю значно покращувало економічні показники. Так, за підживлення аміачною селітрою умовно чистий прибуток становив 5163-6081 грн/га, собівартість зерна – 1255,28-1440,99 грн/т і рентабельність – 87-112%, а за КАСом відповідно 5373-5787 грн/га, 1258,90-1391,69 грн/т і 94-112%. Це говорить про те, що застосування аміачної селітри або КАСу забезпечує отримання практично однакових показників економічної ефективності.

Підживлення рано навесні азотними добривами: аміачною селітрою або КАСом збільшувало відповідно умовно чистий прибуток на 566-1304 і 665-1096 грн/га та рентабельність – на 1-14 і 5-14%. При цьому собівартість 1 тонни продукції знижувалась на 7,52-34,3 і 19,07-30,68 гривень.

Найкраще поєднання всіх показників економічної ефективності відмічено при проведенні рано навесні підживлення аміачною селітрою N<sub>30</sub> на фоні передпосівного внесення сумішки біологічного препарату Триходермін (5 л/га) з карбамідом 20 кг/га, де отримано найвищий умовно чистий прибуток 6081 грн/га з рентабельністю 112% при найменшій собівартості зерна 1255,28 грн/т. Застосування на такому ж фоні КАС також забезпечило кращі економічні показники: умовно чистий прибуток 5787 грн/га, собівартість зерна 1258,90 грн/т і рентабельність 112%.

#### **Висновки:**

1. За вирощування пшениці озимої (сорт Марія) після стерньового попередника (стерні пшениці по пару) підживлення рано навесні аміачною селітрою або карбамідно-аміачною сумішшю (КАС) у дозах 30 кг/га д.р. підвищує врожайність відповідно на 0,74-1,13 і 0,44-0,54 т/га та сприяє одержанню продовольчого зерна другого і третього класу за ДСТУ 3868 – 2010.

2. Найкращі показники економічної ефективності забезпечує підживлення посівів рано навесні аміачною селітрою N<sub>30</sub> на фоні передпосівного внесення сумішки біологічного препарату Триходермін (5 л/га) з карбамідом 20 кг/га, де зібрано 4,38 т/га зерна та отримано умовно чистого прибутку 6081 грн/га при собівартості зерна 1255,28 грн/т і рентабельності 112%. Застосування на такому ж фоні КАС забезпечує врожайність 4,03 т/га та також високі економічні

показники: умовно чистий прибуток 5787 грн/га, собівартість зерна 1258,90 грн/т і рентабельність 112%.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Коваленко А.М. Адаптація земледілля степної зони України к умовам изменения климата / А.М. Коваленко // Матер. междунар. науч.-практ. интернет-конф. «Борьба с засухой и урожай. – Волгоград: ВПО ВГАУ, 2015. – С. 117-121.
2. Нетіс І.Т. Пшениця озима на півдні України / І.Т. Нетіс. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 460 с.
3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: М.В. Зубець (голова) та ін. – К.: Аграрна наука, 2010. – 986 с.
4. Агротехнологічні особливості вирощування озимих та ярих культур у посушливих умовах Південного Степу: Науково-методичні рекомендації / [Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, М.П. Малайчук та ін.]. - Херсон: Айлант, 2013. – 39 с.
5. Доля М. Високоєфективне застосування КАС і засобів захисту озимої пшениці / М. Доля, Л. Бондарева // Інтенсивні технології вирощування зернових культур. Спецвипуск. Пропозиція. - 2014. – С.16-17.
6. Пасічник Н. А. Застосування КАС для підживлення пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті / Н.А. Пасічник, І.У. Марчук [Електронний ресурс]. Режим доступу. - <http://edorada.org/uk/node/320>.
7. Кравченко К.М. Застосування помірних доз мінеральних добрив під зернові культури в умовах Степу України / К.М. Кравченко, М.І. Давидчук, О.В. Кравченко. - Наукові праці. Екологія. – Вип. 194. – С. 104-107. [Електронний ресурс]. Режим доступу. - <http://ecology.chdu.edu.ua>.
8. Волкогон В.В. Стимулятори росту рослин як складові технології раціонального використання мінеральних добрив / В.В. Волкогон. - Вісник Харків. ДАУ. – 2004.- №4. – С.40-44.
9. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожегової // Науково-методичне видання. - Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 286 с.
10. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві: Монографія / [Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В.]. - Херсон: Айлант, 2013. - 403 с.

УДК 631.67:633.1:633.18 (477.72)

## **НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЗРОШЕННЯ КУЛЬТУР РИСОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ CROPWAT**

**С.Г. ВОЖЕГОВ** – кандидат с.-г. наук, с.н.с.

Інститут рису НААН

**С.В. КОКОВІХІН** – доктор с.-г. наук, професор

**Г.Г. ЗОРІНА**

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

**ДРОБІТЬКО А.В.** – кандидат с.-г. наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** На Землі в зонах з недостатнім та нестійким природним зволоженням важливим фактором покращення водного режиму ґрунтів є зрошення, яке є одним із основних факторів інтенсифікації землеробства [1]. Проте в умовах сьогодення прийняття оптимальних рішень з управ-

ління зрошенням в агровиробництві неможливе без збору та аналізу великого об'єму інформації та її використання засобами новітніх методів і впровадження комп'ютерних технологій. Існуючі методи систем зрошення разом з низкою переваг [2], мають свої недоліки, тому необхідність застосування інно-

ваційного методу, запропонованого в системі автоматизованих розрахунків CROPWAT 8.0 в напрямі розрахунків вимог сільгоспкультур на воду, зрошення на основі аналізу існуючих або нових даних про стан навколишнього середовища, розробки графіків поливів для різноманітних умов управління, розрахунків схем розміщення культур, на сьогоднішній момент є одним з найпрогресивніших [3].

**Стан вивчення проблеми.** Необхідність впровадження такої системи підтверджується попереднім досвідом ведення зрошення, який показав, що інтуїтивні рішення, що приймаються на основі експертної оцінки та використанні обмежено доступної інформації, призводять до помилок: недоотримання очікуваних прибутків від зрошення, нанесення збитків ґрунтам, шкідливі наслідки для оточуючого середовища, марно витрачені ресурси. Для правильного розрахунку загальної поливної норми запропоновані різні методи, але оскільки розрахунок вимог культури на воду є головним елементом управління водою, ФАО (Продовольча та сільськогосподарська організація ООН) приділяє увагу стандартизації і поширенню найбільш точних і поширених методологій в цьому напрямі. У 1990 році ФАО організувала консультацію експертів і дослідників спільно з Міжнародною комісією з іригації і дренажу і Всесвітньою метеорологічною організацією для оцінки методології ФАО за вимогами культур на воду і для перегляду і удосконалення процедур. Групою експертів був рекомендований комбінований метод Пенмана-Монтейта як новий стандарт для еталонної евапотранспірації, також запропонована методика розрахунків різних параметрів. Для моделювання водного режиму та продуктивності сівозмін на зрошуваних землях, в тому числі спеціалізованих рисових сівозмін, є можливість використовувати сучасні комп'ютерні технології, зокрема програму CROPWAT 8.0, яка розроблена фахівцями ФАО ООН і може бути використана агровиробникам різних країн світу [4-6].

**Завдання і методика досліджень.** Завданням досліджень було науково та практично обґрунтувати можливість застосування інформаційних технологій (програмний комплекс CROPWAT 8.0) для розрахунків евапотранспірації та формування режимів зрошення культур рисової сівозміни. На прикладі вивчення ефективності застосування енергозберігаючих елементів технології вирощування с.-г. культур в рисових сівозмінах в польових дослідках, які проводили 2011-2015 років на експериментальних ділянках гектарних чеків рисової сівозміни Інституту рису НААН, були змодельовані складові елементи продукційного процесу, елементи водного режиму та продуктивності сівозмін.

Основною концепцією розрахунків в CROPWAT 8.0 є моделювання продукційних процесів окремих культур в сівозмінах (в тому числі й рисових), динаміка метеорологічних факторів (температура, вологість повітря, опади, сонячна радіація тощо), евапотранспіраційні процеси, диференціація водопотреби та графіки проведення поливів на рівні сівозміни. Як відомо, поєднання двох окремих процесів, за яких ґрунт втрачає воду через випарування, а рослини – через транспірацію, називається евапотранспірація (ЕТ) або середньодобове випаровування. Евапотранспірація рослини може бути розрахована за кліматичними даними, такими, як температурний і водний

режим ґрунту і рослин, альbedo і вологість повітря з використанням рівняння Пенмана-Монтейта. Для розрахунку вимог культури на воду (ВКВ), в програмі CROPWAT потрібні дані по евапотранспірації (ЕТо). Ця програма дозволяє користувачеві або вводити дані спостережень по ЕТо, або використовувати дані температури й вологості повітря, швидкості вітру, тривалості сонячного сьйва. Після ведення необхідних вихідних даних CROPWAT розраховує ЕТо за допомогою формули Пенмана-Монтейта [7-9].

**Результати досліджень.** В нашому експерименті були використані кліматичні показники за даними Інтернет-ресурсу по Скадовському району Херсонській області [10] за досліджувані період (2011-2015 роки). Після введення цієї інформації програма CROPWAT миттєво розраховує показники надходження сонячної радіації та еталонної евапотранспірації ЕТо, які в подальшому використовуються для моделювання режиму зрошення на рівні сівозміни й складання графіків вегетаційних поливів культур рисової сівозміни (рис. 1).

За аналізом даних встановлено, що простежується чітка залежність еталонної евапотранспірації від комплексу всіх показників. Так, найвищим даний показник на рівні 7,05 мм/добу був у липні 2011 року, коли спостерігалась максимальна температура повітря 36,7°C, відносна вологість знизилась до 62%, швидкість вітру – 2 м/с. В цей же час зафіксовано максимальне надходження сонячної радіації – на рівні 30,3 мДж/мл/добу.

Найнижча ЕТо (0,74 та 0,79 мм/добу) була в січні та грудні, що майже в 10 разів менше за літні місяці. Це обумовлено низьким температурним режимом, відносною вологістю в межах 88-90% та низьким надходженням сонячної радіації – 7,2-8,2 мДж/мл/добу.

Для подальших розрахунків в програмі CROPWAT необхідно в інтерактивному режимі системи, заповнити всі параметри, які будуть використані для обчислення показників водного режиму та моделювання режимів зрошення культур рисової сівозміни.

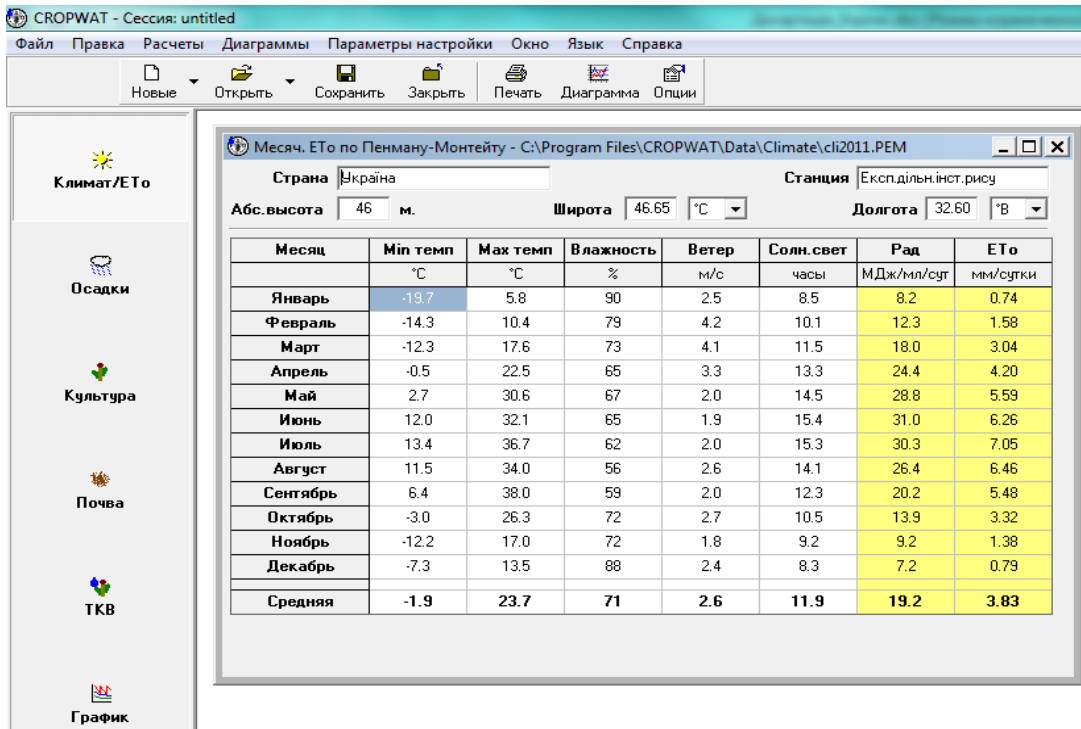
Для здійснення розрахунків моделювання рисової сівозміни необхідно використати наступні параметри:

- для модулю «Клімат/ЕТо» : «ЕТо по Пенману, розрахована з кліматичних даних»; «Температура – мінімальна / максимальна », «Відносна вологість в %»; «Ветер - метр в секунду», «Сонечное сияние - часы», «ЕТо - мм/добу»;
- опади – фіксований відсоток: 80% від фактичних обсягів (з обліком втрат на поверхневий стік і фільтрацію);
- параметри для графіку поливу «сухих» (тобто не зрошуваних затопленням) культур – зрошення при 70 % найменшої вологоємності; режим подання води – зволожити до повної польової вологоємності; коефіцієнт корисної дії зрошення – 70 %;
- графік поливу рису – полив при фіксованій глибині води – 5 мм; зволожити до 100 % польової вологоємності; ККД зрошення – 70%;
- загальні параметри підготовки земель – формула ФАО;
- планування до взмучування – зволожити ґрунт до насичення до глибини взмучування + 10 см;

- полив при фіксованому відсотку виснаження – від 20% найменшої вологості;
- подача води – зволожити до 100% найменшої вологості;
- планування взмучування – полив при фіксованому відсотку ненасичення – 20%;

- зволожити до фіксованої глибини води – заповнити глибину води до 50 мм.

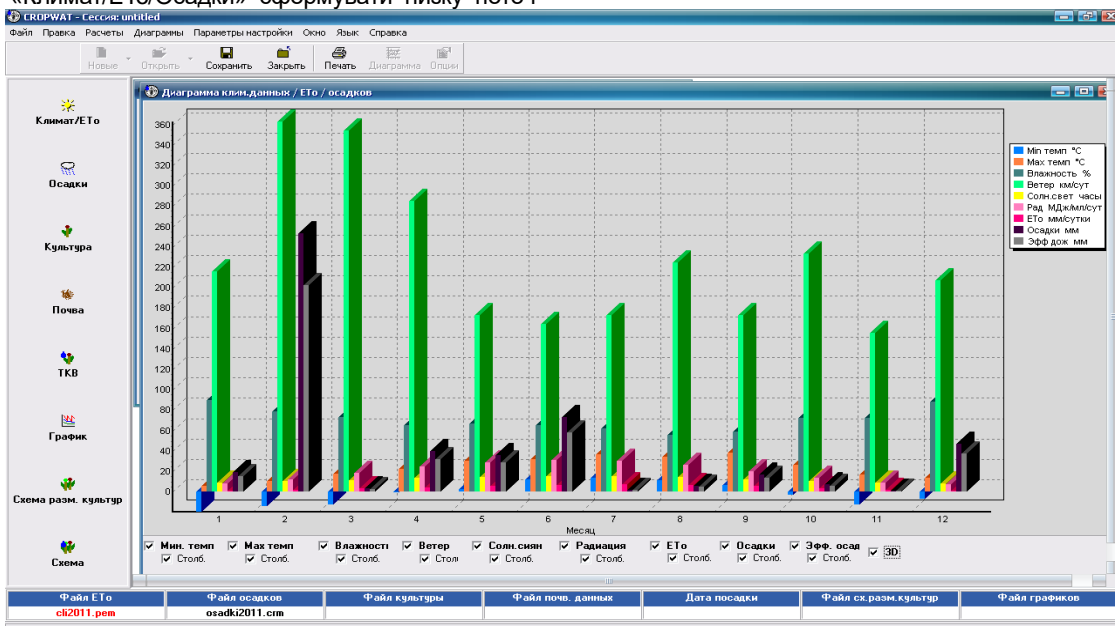
Вхідними даними до модулю «Осадки» є загальна кількість опадів помісячно. Ефективні атмосферні опади, які розраховуються в даному пункті, використовуються в подальшому для розрахунку водопотреби (вимог культур на воду).



**Рисунок 1.** Копія форми екрану модулю Клімат/ЕТо програми CROPWAT з розрахунковими показниками надходження сонячної радіації та еталонної евапотранспірації ЕТо у 2011 році

Після заповнення та розрахунку модулів «Клімат/ЕТо» та «Опади», необхідно в пункті «Діаграми» «Клімат/ЕТо/Осадки» сформувати низку поточ-

них діаграм для розширеного аналізу даних із заданим набором характеристик (рис. 2).



**Рисунок 2.** Діаграма 3-D динаміки змін евапотранспірації та факторів, від яких вона залежить, впродовж необхідного періоду

Маючи необхідні дані, були розраховані та сформовані вимоги культур на воду для кожного виду рослин в порядку їх чергування в сівозміні (одночасність введення на даний момент в програмі не реалізовано).

В розрахункових таблицях відображаються коефіцієнти культури, еталонна та в стандартних умовах евапотранспірації, розрахована кількість води в мм в декаду, необхідна для зрошення культури по фазам росту подекадно в розрізі місяців.

Наступним кроком було введення характеристик темно-каштанових ґрунтів, на яких проводились

дослідження. За нашими даними загальна польова вологоємність була на той час 158 мм/м, максимальна швидкість інфільтрації опадів – 6 мм/добу, максимальна глибина коріння – 150 см, початкове виснаження ґрунтової вологи – 91 %, початкова доступна ґрунтова волога розрахована автоматично програмою – 14,2 мм/м.

Як результат, після введення всіх необхідних даних і запуску режиму «Расчет», «Планирование орошения», CROPWAT демонструє точний графік поливу і зрошення пшениці озимої в нашому експерименті (рис. 3).

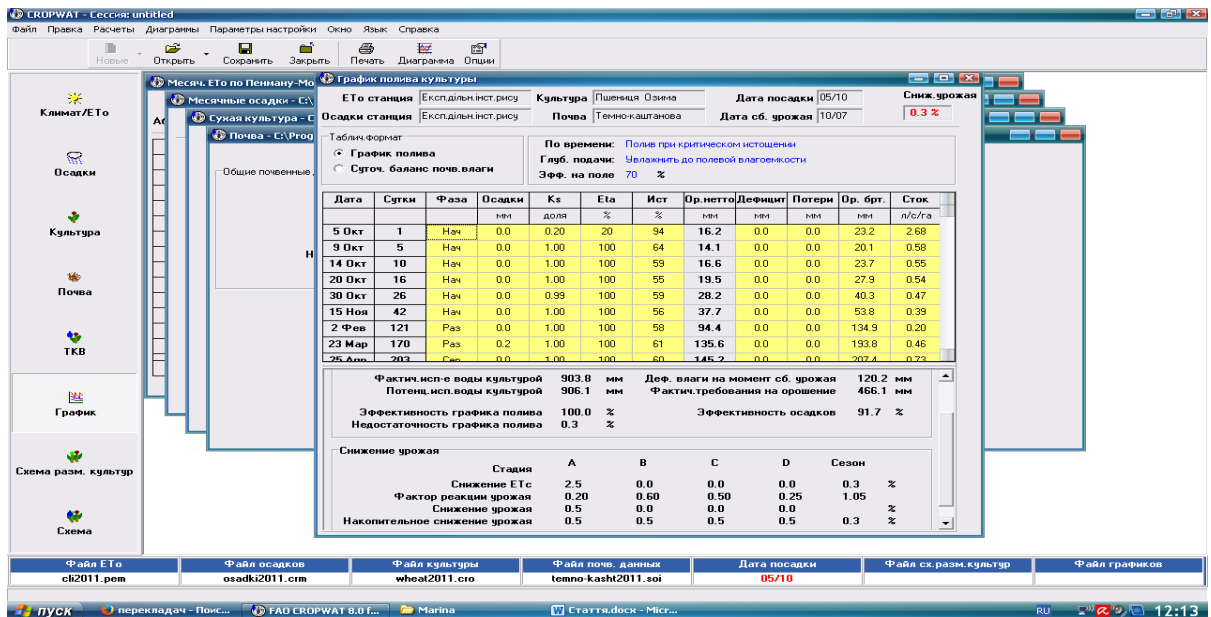


Рисунок 3. Змодельований графік поливу культур рисової сівозміни, який складається з взаємопов'язаних електронних блоків програми CROPWAT 8.0

По рисовій сівозміні програмним комплексом CROPWAT 8.0 були сформовані показники водопотреби, графіки поливу та добовий баланс ґрунтової вологи для кожної культури окремо з обліком їх біологічних характеристик. В модулі «Схема розміщення» система надала можливість ввести файли даних по кожній культурі в порядку їх чергування в сівозміні з вказівкою назв, строків сівби, збирання врожаю та процентною долею культури в цілому по сівозміні.

Внаслідок проведення розрахунків засобами програми CROPWAT 8.0 були змодельовані режими зрошення (іригаційні схеми подачі поливної води) на рівні сівозміни з інформацією про дефіцит опадів в розрізі місяців, водопотреб рослин з компенсацією зрошенням в мм на добу, в мм в місяць, в літрах в секунду на гектар, а також загальної водопотреби на фактичну загальну зрошувану площу.

Використання інформаційних засобів програми CROPWAT 8.0 із застосуванням експериментальних даних, які були отримані в Інституті рису НААН протягом 2011-2015 років одержали показники евапотранспірації по місяцях, що дозволило проаналізувати залежність від неї урожайності досліджуваних культур рисової сівозміни та інших показників культур і ґрунтів. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок про те, що евапотранспірація є дієвим фактором впливу і знаходиться в тісному

зв'язку з такими показниками як кількість отриманої одиниці площі з одного гектару посівної площі рисової сівозміни.

Найменші показники евапотранспірації в роки проведення досліджень були в зимові місяці – в 2011 та 2013 роках, що пояснюється зниженими температурами повітря в ці роки. Навпаки, максимальна величина досліджуваного показника – 7,92 мм/добу була у спекотливому 2012 році.

Середня за вегетаційний період рису евапотранспірації за досліджуваними попередниками коливалася в межах від 6,09 до 6,68 мм/добу, а в середньому за рік – 3,72-4,18 мм/добу.

Кореляційним аналізом доведено, що між евапотранспірацією за період вегетації рису та його врожайністю існує тісний зв'язок, особливо по попереднику соя – 0,8224. За річними величинами евапотранспірації також простежується тісний зв'язок між досліджуваними показниками, крім попередника – ячмінь ярий, де коефіцієнт кореляції знизився до 0,6192.

**Висновки та пропозиції.** За результатами наших досліджень доведено ефективність використання інформаційних технологій для оптимізації технологій вирощування сільськогосподарських культур в системі рисових чеків. Використання методу Пенмана-Монтейта та його впровадження засобами сучасного програмного модуля CROPWAT 8.0 для

спрощення та прискорення розрахунків водопотреби для окремих полів має високу точність та забезпечує можливість моделювання елементів технологій вирощування на рівні сівозміни і господарства. Встановлено, що використовуючи кліматичні дані та біологічні потреби рослин, можна за допомогою сучасних комп'ютер програм розраховувати такі важливі для зрошуваного землеробства показники, як евапотранспірація та інтенсивність надходження сонячної радіації. Моделювання цих показників дозволяє отримати оптимальне співвідношення культур в зрошуваних сівозмінах, узгодити розміщення культур на території господарства, сформувати графіки вегетаційних поливів та іригаційних схем водоподачі за окремими фазами росту й розвитку рослин. Впровадження розробок на виробничому рівні має вагоме агротехнічне та еколого-меліоративне, оскільки сприятиме раціональному використанню ресурсів, покращить окупність ресурсів на одиницю виробленої рослинницької продукції, забезпечить отримання високих і якісних врожаїв, високих прибутків та мінімізує негативний тиск на навколишнє середовище.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Енергетична оцінка системи землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. – К.: Норма-прінт, 2001. – 6 с.
2. Бабенко І.О. Продуктивність сівозмін в зоні Степу України / І.О. Бабенко, В.Г. Таран, В.Б. Фалілеєв // Степове землеробство. – Вип. 16. – 1992.- С. 3-6.
3. Richard G. Allen. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements / Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith // FAO Irrigation and Drainage Paper. – 1998. – № 56. – 4-20 p.
4. Crouse R.P. Methods of Measuring and Analyzing Rainfall Interception by Grass. / R.P. Crouse // Bull. Intern. Assoc. Sci.Hydrol. – 1966. – Vol. 2. № 2. P. 110-121.
5. FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER ISSN 0254-5284 by Pasquale Steduto (FAO, Land and Water Division, Rome, Italy) T. Hsiao (University of California, Davis, USA) Elias Fereres (University of Cordoba and IAS-CSIC, Cordoba, Spain) D. Raes (KU Leuven University, Leuven, Belgium) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS .Rome. – 2012.-№ 66 P. 6- 13.
6. Айдаров И.П. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения / И.П. Айдаров, А.И. Голованов // Гидротехника и мелиорация. – 1986.- № 8. – С. 44-47.
7. CROPWAT 8 .0 for WINDOWS [Електронний ресурс]. Режим доступу
8. [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_crowpat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_crowpat.html).
9. Балюк С.А. Проблеми зрошення в Україні в контексті зарубіжного досвіду / С.А. Балюк, М.І. Ромащенко // Вісник ХДАУ. – 2000. – №1. – С. 27–35.
10. Погода в Скадовске [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rp.5.ua/Погода в Скадовске.htm>. – Назва з екрану.

УДК 631.5:(633.12+633.171)(292.485)(1-15)

## **АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ГРЕЧКИ І ПРОСА У СУМІСНИХ ПОСІВАХ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО**

**В.Я. ХОМІНА** – доктор с.-г. наук, доцент

**О.Д. ПАСТУХ**

Подільський державний аграрно-технічний університет

**Постановка проблеми.** Останніми роками відбуваються значні зміни в одній із складових галузей сільського господарства – рослинництві. Із зменшенням матеріально-технічних ресурсів зростає роль агробіологічних факторів у збільшенні виробництва рослинницької продукції. Тому, інтенсифікація цієї галузі повинна базуватись на максимальному використанні природно-кліматичних ресурсів, біологічних і екологічних факторів.

Традиційні резерви підвищення врожайності с.-г. культур за рахунок застосування дедалі потужніших засобів механізації та агрохімікатів, високих норм мінеральних добрив при створенні додаткового навантаження на довкілля не завжди виправдовують сподівання щодо підвищення урожайності вирощуваних культур [1]. У зв'язку з цим дедалі більшої уваги заслуговує вивчення і використання для підвищення врожайності с.-г. культур сумісних посівів. На думку деяких авторів [2, 3], феномен підвищення врожайності культур у сумісних посівах пояснюється значним зниженням напруження внутривидової конкуренції між культурними рослинами і звуження екологічних ніш, які можуть займатись бур'янами. Таким чином, вирощування двох чи більше культур одночасно на одній площі мають наукову й практичну цінність для аграрного сектору. При вдалому доборі рослин, достатньому зволоженні та забезпеченні

поживними речовинами сумісні посіви за продуктивністю в ряді випадків здатні значно перевищувати чисті посіви тих чи інших культур.

**Стан вивчення питання.** Питання сумісних та змішаних посівів різних сільськогосподарських культур вивчались на окремих видах рослин. Так, на думку Сторожик Л.І. цукрове сорго як енергетичну культуру не доцільно вирощувати в чистих посівах. Автор пропонує сумісно вирощувати сорго цукрове + маточні буряки [4, 5]. Дослідженнями Дудки М.І. встановлено, що сумісні посіви кукурудзи з амарантом забезпечують практично таку ж врожайність зеленої маси, як і одновидові посіви, але завдяки вмісту високобілкового компонента суттєво збільшують збір протеїну з кожного гектара. Найбільшу продуктивність мають широкорядні (45 см) посіви при чергуванні двох рядків кукурудзи з одним рядком амаранту із загущенням кожного рядка додатково на 125 % при загальній нормі висіву компонентів 125 % [6]. Дослідження, виконані науковцями Білоцерківського НАУ спрямовані на підвищення продуктивності кукурудзи та цукрового сорго у сумісних посівах. Максимальний збір зеленої маси (64,3 т/га) та сухої речовини (16,3 т/га) у цих дослідженнях забезпечив варіант сумісного посіву гібриду кукурудзи Бистриця 400 МВ і цукрового сорго Довіста [7]. На думку В.Ямкової сумісне вирощування злакових і бобових