

вирощеного зерна – 5340 грн./га, низька собівартість продукту – 58,9 грн./ц, найбільший чистий прибуток – 2195 грн./га та високий рівень виробничої рентабельності 69,8% було отримано за виконання диференційованого обробітку ґрунту на глибину 12-14 см з внесенням азотних добрив дозою N_{90} .

2. Інтенсивна ресурсо- і енергозберігаюча технологія вирощування ячменю озимого була за виконання таких агротехнічних прийомів вирощування: виконання диференційованого обробітку ґрунту на глибину 12-14 см та внесенні добрив дозою N_{90} , де формувався високий прихід енергії на рівні 87,85 ГДж/га з витратною частиною на рівні 41,05 ГДж/га та формувався найвищий приріст енергії 46,80 ГДж/га з енергетичним коефіцієнтом 2,14.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бакиров Ф.Г. Влияние ресурсосберегающих систем обработки на агрофизические и почвозащитные свойства чернозема южного и урожайность зерновых / Ф.Г. Бакиров // Зерновое хозяйство. – 2005. – №4. – С. 19-21.
2. Гапиенко А.А. Эффективность применения удобрений под озимый ячмень в условиях их дефицита и высокой стоимости / А.А. Гапиенко, М.Е. Сычевский // Проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды в полеводстве Крыма: научные труды КСХИ им. М.И. Калинина к 60-летию агрономического факультета. - Симферополь, 1996. – С. 116-122.
3. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології виробництва): [монографія] / [В.І. Бойко, С.М. Лебідь, В.С. Рибка та ін.]; за ред. В.І.Бойка. – К.: ННЦ ІАЕ, 2008.– 400 с.
4. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. - К.: Нора-прінт, 2001. - 60 с.

УДК 631.1:551.451.8(477:72)

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

*Лауриненко Ю.О. – д.с.-г.н., професор,
Рубан В.Б. – здобувач,
Михаленко І.В. – асистент, Херсонський ДАУ*

Постановка проблеми. Вирощування кукурудзи в умовах зрошення потребує врахування інтенсивності продукційних процесів рослин залежно від особливостей погодних умов, характерних для певних ґрунтово-кліматичних зон, та їх здатності акумулювати найвищу кількість фотосинтетично активної радіації (ФАР). Крім того, важливе наукове й практичне значення має оптимізація технологій вирощування кукурудзи на зерно, які дозволяють отримати найвищий рівень продуктивності рослин, підвищити окупність агроресурсів та

економічну ефективність виробництва, зменшити антропогенний тиск на довкілля.

Стан вивчення проблеми. Кукурудза відноситься до найважливіших зернових культур сучасного землеробства. В останні роки на її частку припадало приблизно 70-75% світової торгівлі кормовим зерном. Попит на кукурудзу зростає більш швидкими темпами порівняно з іншими зерновими культурами, особливо в країнах, що розвиваються. Економічні фактори та щорічно зростаючий попит обумовили ріст посівних площ під кукурудзою. Такі тенденції в умовах підвищення вартості енергоносіїв та інших виробничих засобів обґрунтовують необхідність оптимізації елементів технології вирощування, розробки й удосконалення заходів ресурсозбереження, підвищення окупності від добрив, поливної води, пестицидів, зниження антропогенного тиску на довкілля тощо. Зазначені питання є дуже актуальними, оскільки недостатньо вивчені можливості оптимізації технологій вирощування кукурудзи на зерно за рахунок використання природних і агротехнологічних чинників та створення математичних моделей продукційного процесу, які мають найвищі параметри в умовах зрошення (наприклад, взаємодія факторів – біологічно оптимальний режим зрошення, розрахункові дози добрив, підвищення густоти стояння рослин та ін.) [1-4].

Математичні закономірності можна встановити у різних сферах – промисловості, сільському господарстві, економіці тощо. Під час встановлення таких моделей враховують, у першу чергу, позитивний ефект, проте іноді зустрічається й негативний синергізм, що залежить від інтенсивності та характеру дії і взаємодії на кінцевий результат процесу. Для досягнення позитивних синергічних ефектів необхідна гармонійна система цілей, які відображають завдання для вирішення стратегії і структури загального потенціалу складних систем [5].

Наприкінці ХХ століття понад 3/4 зерна кукурудзи поставлялося на світовий ринок із США, проте, починаючи з 2002 року, на ринку цього зерна відбулися істотні зміни. За останні роки об'єм світової торгівлі кукурудзою збільшився приблизно на 10-12 млн. т, при цьому, американський експорт скоротився на 5 млн. т. Основними конкурентами США на ринку кукурудзи виступають Китай, Аргентина і Бразилія. У КНР зосереджено більше половини світових запасів зерна кукурудзи. В останні роки розширенню китайського експорту сприяло зростання світових цін на кукурудзу й скорочення її внутрішнього споживання [6].

Успіхи країн-експортерів на ринку кормового зерна пов'язані, у першу чергу, з досягненням стійких темпів зростання врожайності. З середини минулого сторіччя стабільне зростання середньої урожайності зерна кукурудзи забезпечувалося за рахунок виведення високоврожайних і стійких до захворювань гібридів. Істотний вплив на підвищення рівня продуктивності рослин кукурудзи спричинило широкомасштабне впровадження досягнень біотехнології та генної інженерії. З 1990 р. у США розпочалося вирощування генетично модифікованих сортів кукурудзи, які здатні формувати високий і якісний врожай, мають стійкість до шкідників і хвороб, що забезпечує при їх вирощуванні найкращі економічні показники. В останні роки також швидко зростають темпи розповсюдження ГМО-кукурудзи в Аргентині та Канаді [7].

Крім вищенаведених чинників, зростання врожайності забезпечує оптимізація елементів технології вирощування, використання засобів інтенсифікації агровиробництва – зрошення, добрив, пестицидів, регуляторів росту тощо [8-9].

Завданням досліджень було розробити заходи підвищення продуктивності кукурудзи на зерно за рахунок синергічної оптимізації агротехнологічних чинників і використання новітніх статистичних методів і засобів.

Вихідними даними для розробки математичних моделей були результати багаторічних польових досліджень з розробки технологій вирощування кукурудзи на зерно, які проведені в Інституті землеробства південного регіону НААН України і в яких автори брали безпосередню участь [10]. Дослідження у цьому напрямі проведені з використанням спеціальних методик із застосування інформаційних технологій у сільському господарстві [11, 12].

Одержання високих і сталих врожаїв кукурудзи на зрошуваних землях можливо лише за умов оптимальної кількості поливної води, елементів живлення, густоти стояння рослин та інших агротехнологічних чинників, витрати яких необхідно коригувати з особливостями погодних умов вегетаційного періоду, диференціацією потреби у волозі й поживних речовинах за фазами розвитку, фітосанітарного стану посівів тощо. Крім того, слід урахувати можливість синергічного ефекту внаслідок взаємодії між окремими природними та антропогенними чинниками. Встановити оптимум витрат ресурсів для неповторних природних, технологічних та економічних умов, які складаються на локальному виробничому рівні, можна за допомогою математичного моделювання та сучасних комп'ютерних технологій [11].

Результати досліджень. В останнє десятиріччя спостерігається сплеск в області дослідження і застосування штучних нейронних мереж. Цей метод уже набув поширення в біохімічних дослідженнях, у медицині, молекулярній біології, екології (моделювання просторової динаміки риб, прогноз відтворювання фітопланктону, різноманітності риб тощо), у дослідженнях з розпізнавання образів і мови. Залежно від поставленої мети (узагальнення, оптимізація, управління, прогноз, редукція даних та ін.) розглядають і застосовують різні види нейронних мереж. У теперішній час найбільшою мірою використовуються два їх типи:

1. Багатошарова нейронна мережа – складається з одного вихідного та одного або декількох внутрішніх і витікаючих шарів. Шари утворюються нелінійними елементами (нейронами), кожний нейрон одного шару пов'язаний зі всіма нейронами подальшого, кожному з'єднанню приписана відповідна вага, зворотний зв'язок відсутній, а також неможливі ніякі з'єднання між елементами одного шару. Кількість елементів вихідних і витікаючих шарів визначається об'єктом дослідження.

2. Мережа складається тільки з вихідного та витікаючого шарів. Вихідний шар звичайно складається з елементів, з'єднаних у двовимірні квадратні (або іншої геометричної форми) ґрати. Кожний нейрон пов'язаний з найближчими сусідами. Нейрони містять вагу (вектор терезів), кожний з яких відповідає вхідному значенню.

За допомогою статистичного моделювання можна сформуванню нейронну мережу показників, які обумовлюють продуктивність рослин кукурудзи зале-

жно від комплексного впливу природних і технологічних факторів.

Архітектура побудованої нейронної мережі (РБФ 6:19-1-1:1, $N = 10$) заснована на десяти елементах (нейронах), які мають вплив на інтенсивність продукційного процесу кукурудзи.

Слід зауважити, що в розробленій нейронній мережі можна змінювати лише елементи другого блоку. Проте, шляхом оптимізації технологічних факторів можна подолати негативний вплив природних чинників (наприклад, посуху, нестачу елементів живлення тощо) та істотно підвищити продуктивність рослин. Тому важливою задачею є встановлення оптимального ресурсного потенціалу продуктивності з метою формування найвищого рівню врожаю, підвищення якості зерна, що забезпечить максимальний економічний та екологічний ефект.

За результатами узагальнення багаторічних (1970-2008 рр.) експериментальних даних польових дослідів лабораторій селекції кукурудзи, зрошення, агрохімії, меліоративного ґрунтознавства та автоматизованих систем управління Інституту землеробства південного регіону НААН України [10] з використанням засобів програми STATISTICA 6.1 сформована база вихідних даних продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи при біологічно оптимальному режимі зрошення залежно від природних та агротехнологічних чинників (рис. 1).

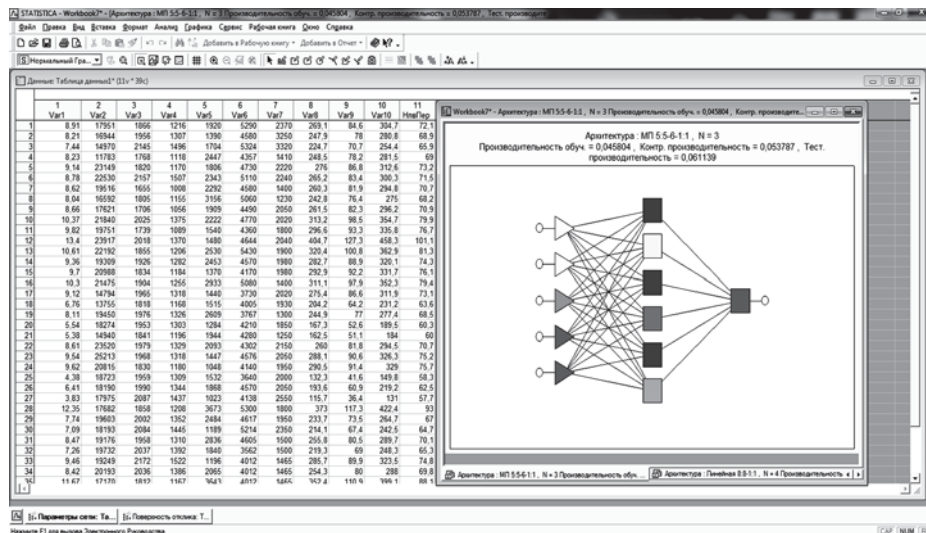


Рисунок 1. Вихідна база даних для розрахунків математичної моделі продукційного процесу рослин середньостиглих гібридів кукурудзи

За результатами статистичної обробки впливу показників, які обумовлюють інтенсивність продукційних процесів кукурудзи, доведено, що всі досліджувані фактори мають різний ступінь дії та взаємодії.

Показники надходження фотосинтетично активної радіації мають середній рівень впливу на продуктивність кукурудзи ($r=0,3935$). Відносно температури повітря понад 5 і 10°C, то відмічена слабка від'ємна тенденція впливу на

продуктивність рослин ($r = -0,2105$ і $-0,2116$). Це пояснюється негативною дією підвищених температур та низькою відносною вологістю повітря у гостропосушливі роки (наприклад, 1996, 2002, 2007 рр.).

Середній рівень впливу ($r = 0,3507$ та $0,5472$) мають відповідно сумарне водоспоживання та зрошувальна норма. Найтісніші кореляційні зв'язки виявлені щодо впливу на продуктивність рослин густоти стояння рослин і забезпеченості елементами живлення та, в першу чергу, азотом. Коефіцієнт кореляції за цими факторами перевищував $0,9$, що вказує на наявність дуже тісного взаємозв'язку.

За результатами статистичного прогнозування розроблена нейронна оптимізаційна модель вирощування кукурудзи на зерно при оптимальному режимі зрошення залежно від густоти стояння рослин і фону азотного живлення (рис. 2).

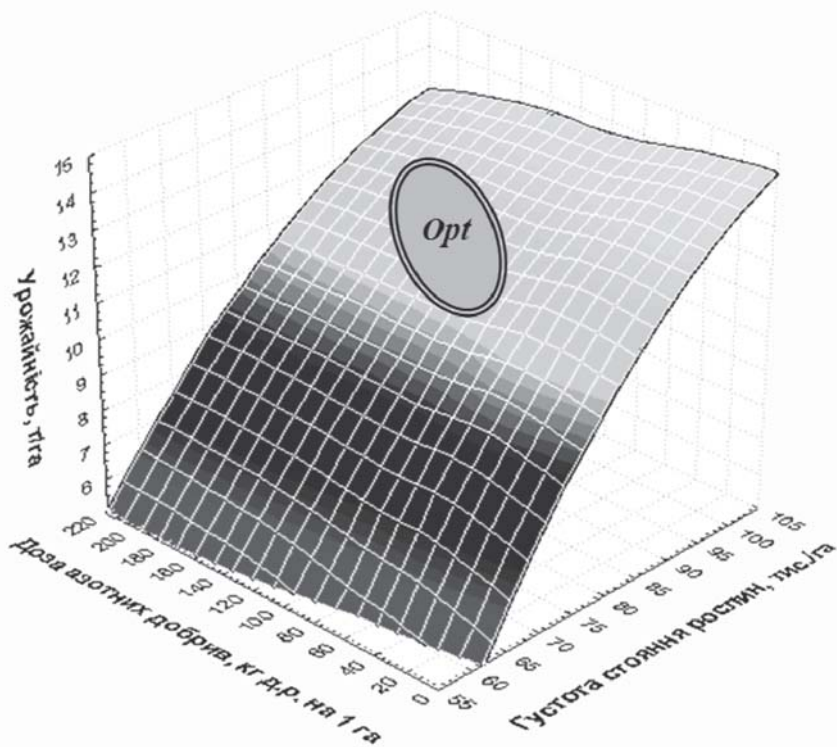


Рисунок 2. Оптимізаційна модель вирощування кукурудзи на зерно при оптимальному режимі зрошення залежно від густоти стояння рослин і фону азотного живлення:

$$Y = -7,6217 + 0,1981X_1 + 0,0134X_2,$$

де Y – прогнозований рівень урожайності зерна кукурудзи, т/га;

X_1 – густота стояння рослин, тис./га;

X_2 – доза азотного добрива, тис./га.

Аналізуючи одержану тривимірну площину розрахункової продуктивнос-

ті рослин кукурудзи, можна простежити оптимальну зону, яка знаходиться для густоти стояння рослин (X_1) у межах 85-95 тис./га і для дози азотних добрив (X_2) – 120-160 кг д.р. на 1 га.

Використовуючи створену математичну модель, можна проводити програмування врожайності середньостиглих гібридів кукурудзи при оптимальному режимі зрошення. Крім того, для моделювання можна використовувати інші елементи нейронної мережі продукційного процесу, які відповідають лінійним регресійним рівнянням і мають середній або високий кореляційний взаємозв'язок.

Для моделювання продукційних процесів досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від строків сівби, а також інших агротехнічних і природних факторів використано програмне забезпечення AquaCrop 3.1 Plus, яке розроблено Відділом земельних і водних ресурсів ФАО ООН, що розповсюджується через мережу Інтернет і є безкоштовним при використанні для науково-дослідної роботи.

Ця комп'ютерна програма дозволяє представити продуктивність сільськогосподарських культур, у тому числі і кукурудзи, у вигляді моделі. Особливо актуальне використання цього програмного забезпечення при вирощуванні польових культур на зрошуваних землях, на територіях з дефіцитом атмосферних опадів. Вона дозволяє змодельовати динаміку різних показників продукційного процесу, характеризується високим рівнем точності, простотою і надійністю.

Для того, щоб розпочати безпосередню роботу з програмою, необхідно встановити її на персональний комп'ютер. Для цього треба запустити додаток AquaCrop, який установлює файли до каталогу, вказаного користувачем.

Після запуску ярлика AquaCrop на Робочому столі з'явиться вікно програми, у якому потрібно натиснути Start для подальшої роботи і переходу до головного меню програми.

Головне меню AquaCrop умовно можна поділити на три основні блоки:

I – Environment (англ. – довкілля).

II – Simulation (англ. – моделювання).

III – Project (англ. – проектування).

В електронному блоці Environment необхідно навести показники навколишнього середовища, яке має безпосередній вплив на досліджувану культуру. До нього входить сукупність таких факторів, які впливають на ріст і розвиток рослини – погодні умови, організація та управління режимами зрошення, характеристика агрохімічних властивостей ґрунту та відомості про досліджувану культуру.

Структурний елемент Climate (Клімат) характеризується такими показниками: температура повітря, евапотранспірація, кількість атмосферних опадів, показники CO₂.

Наступний елемент – Crop (Культура) включає в себе: вид сільськогосподарської культури (фруктові або зернові); листяні овочеві культури; коренеплідні культури; кормові культури.

Planting method (Способи вирощування): сівба насінням, висаджування розсади.

Cropping period (Період вирощування) – період від першого дня після сів-

би або висаджування до збирання.

Length of growing cycle (Тривалість циклу вирощування) – тривалість вирощування культури в днях.

Management (Управління) – включає в себе методи і технології зрошення (дощування, краплинне, поверхневе та ін.), а також спеціалізацію технології вирощування за традиційною інтенсивною технологією та водоощадною технологією з використанням мінімізованого або нульового обробітку ґрунту та мульчування.

Елемент Soil (Ґрунт) – може бути представлений структурою ґрунту за 5 горизонтами включно. Програма пропонує користувачу ввести кількість горизонтів, вибрати їх агрохімічні показники з уже готового наведеного переліку, а також вручну визначити глибину залягання кожного з них.

У другому блоці (Simulation) необхідно вибрати: період моделювання; вихідні умови для початку моделювання; додаткові умови, коли період моделювання перевищує період вегетації досліджуваної культури; коригування параметрів моделювання для вибраної культури, метеорологічних і ґрунтових умов, особливостей технології вирощування тощо.

У третьому блоці (Project) є можливість зберігати створені проекти, а також відкривати й корегувати проекти, які були створені в минулому.

Для створення файлу з відображенням природно-кліматичних умов Південного Степу України необхідно натиснути на кнопку "Climate/Selected/Create climate file" та у вікні, яке з'явилося, створити новий файл з температурними показниками або вибрати із списку перелічених і створених уже раніше файлів, той, що відповідає умовам моделювання. Крім того, у відкритому вікні слід ввести назву цього файлу та додаткові показники.

Після створення файлу з температурними показниками вибираємо наступний елемент показним – ЕТ_о (евапотранспірація) і аналогічним шляхом створюємо файл, у який вводимо дані для цього показника. Потім таку ж процедуру повторюємо і для створення файлу з кількістю опадів за окремими днями вегетаційного періоду.

Вміст CO₂ в повітрі можна вибрати із запропонованою програмою бази (кнопка "Select from CO₂ Data Base"), яка містить прогнозовані показники вмісту до 2099 р.

Для створення файлу з досліджуваною сільськогосподарською культурою (кукурудзою) необхідно натиснути кнопку "Crop/Selected Create Crop file". У вікні, яке з'явилося, необхідно створити файл з досліджуваною культурою, натиснувши "Create new Crop file", заповнити вихідні дані і зберегти результати, натиснувши кнопку "Save as".

Для вибору періоду моделювання необхідно натиснути кнопку "Initial condition/Selected file Initial condition". Для здійснення моделювання продукційного процесу гібридів кукурудзи треба натиснути кнопку "Run" та у відкритому вікні – на кнопку "START". Усі числові показники, за якими побудовані графіки, можна побачити, натиснувши на кнопку "Numerical output", а умовні позначення показників – натиснувши кнопку "Legend" у вікні "Numerical output".

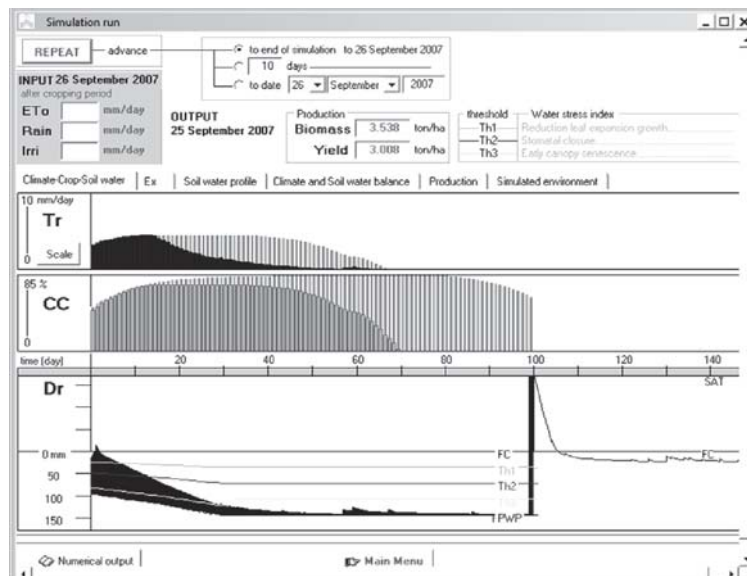


Рисунок 3. Змодельовані показники продукційного процесу гібридів кукурудзи залежно від календарних дат вегетаційного періоду в умовах Південного Степу України

Після завершення роботи з формування окремих структурних елементів програми AquaCrop 3.1 Plus необхідно зберегти проект, який являє собою взаємопов'язану сукупність показників і результати моделювання в одному файлі. Для його створення необхідно скористатися такими командами: "Project/Select Create Project file". У вікні, що з'явилося, натиснути "Create new Project file", а після перегляду усієї наявної інформації натиснути кнопку "Create", ввести назву та опис файлу-проекту і натиснути кнопку "Save".

Висновки та пропозиції. За результатами статистичної обробки експериментальних даних продуктивності кукурудзи на зерно при оптимальному режимі зрошення встановлено, що найвищий вплив на продуктивність рослин мають густина стояння рослин і вміст у ґрунті елементів живлення й, у першу чергу, азоту.

Прогнозними розрахунками встановлена оптимальна зона, яка дорівнює для густоти стояння рослин 85-95 тис./га, для дози азотних добрив – 120-160 кг д.р./га.

За створеною математичною моделлю можна проводити програмування врожайності зерна кукурудзи залежно від густоти стояння рослин і доз азотних добрив. Крім того, для моделювання можна використовувати інші елементи нейронної мережі, які відображені лінійним регресійними рівняннями та мають середній або високий ступінь кореляційних взаємозв'язків.

Використання комп'ютерної програми AquaCrop 3.1 Plus, яка розроблена відділом земельних і водних ресурсів ФАО ООН, дає можливість проводити моделювання продукційного процесу досліджуваних гібридів кукурудзи в умовах Південного Степу України. Використання інформаційних технологій дозволяє моделювати продуктивність рослин залежно від поточних погодних умов і коригувати елементи технології вирощування досліджуваної культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лисогоров К.С., Писаренко В.А. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і технологічними процесами // Таврійський науковий вісник. – 2007. – Вип. 49. – С 49-52.
2. Власова О.В. Отримання просторового розподілення даних для планування зрошення // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Айлант. – 2005. – Вип. 41. – С. 137-143.
3. Жовтоног О.І. Кириєнко О.І., Шостак І.К. Алгоритм планування зрошення з використанням геоінформаційних технологій для системи точного землеробства // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 91. – С. 33-41.
4. Ушаков А.В. Пространственный анализ в сельском хозяйстве: Подход с использованием ГИС. – М.: Дата+, 2005. – С. 18-21.
5. Єгоршин О.О., Лісовий М.В. Методика статистичної обробки експериментальної інформації довгострокових стаціонарних польових дослідів з добривами. – Харків: Друкарня № 14, 2007. – 45с.
6. <http://www.rosinvest.com/msg.php>
7. <http://www.faostat.org/agrobase/msg.php>
8. Ковалев В.М. Теория урожая. – М.: МСХА, 2003. – С. 387-394.
9. Ушкаренко В.О., Міхеєв Є.К. Основні аспекти створення системи точного землеробства. – К.: НАУ, 2002. – Т. 11. – С. 130-134.
10. Заключні звіти лабораторій зрошення, селекції кукурудзи та агрохімії та меліоративного ґрунтознавства Інституту землеробства південного регіону НААН України за програмою 03 "Розвиток меліорованих територій" за 2006-2010 рр. – Херсон: ІЗПР НААНУ, 2010.
11. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.
12. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / [Ушкаренко В.О., Нікіщенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В.]. – Херсон: Айлант, 2009. – 372 с.: іл.

УДК 631.1.342:631.526.3:351.777.6

**СОРТ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО «ДАУ 5»: ПОХОДЖЕННЯ,
ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ, АГРОБІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ,
ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ**

Москалець В.В. - к.с.-г.н., с.н.с.

Москалець Т.З. - к.б.н., Білоцерківський НАУ

Москалець В.І. - с.н.с., Носієвська СДС Інституту сільськогосподарської мікробіології і агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. Тритикале – це плід понадвікової клопіткої роботи генетиків і селекціонерів, у якому поєднані властивості жита і пшениці. Проте ця культура ще досі не отримала належного виробничого використання. Її генетичний потенціал використовується на 40%. Основними причинами, що завадять поширенню тритикале озимого, є складність поєднання в одному