

УДК: 331:631:8.631:3(833)

**М. Г. Гусев, кандидат сільськогосподарських наук
С. В. Коковіхін**

**СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОДУКЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ
РІПАКУ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМІВ
ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ
В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

Наведені результати польових, лабораторних та камеральних досліджень по вивченню особливостей формування продуктивності ріпаку ярого залежно від різних режимів природного та штучного зволоження, проведено статистичний аналіз експериментальних даних за допомогою рівнянь регресії, знайдені коефіцієнти кореляції, які відображають взаємозв'язок «вологозабезпеченість – продукційні процеси».

Ключові слова: *ріпак ярий, вологозабезпеченість, продуктивність, ґрунт, водоспоживання, статистичний аналіз, регресійні моделі, продукційні процеси.*

Одним з нових і перспективних напрямків у сільському господарстві є точне землеробство, яке базується на використанні ГІС-технологій для картографування й просторового аналізу об'єктів реального світу [5, 6]. За допомогою комп'ютерного програмного забезпечення можна оптимізувати прийняття рішень про величину локальних поливних норм, диференціювати норми внесення добрив та інших агресурсів з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур при раціональному використанні всіх видів ресурсів, а також проводити моделювання й прогнозування показників продукційних процесів рослин [7-9]. Тому встановлення залежностей продуктивності зрошуваних агроценозів залежно від рівня природного та штучного вологозабезпечення шляхом розробок статистичних моделей зв'язку «вологозабезпеченість – продукційні процеси» та виконання ідентифікації параметрів технологій вирощування має актуальне значення.

Матеріали і методика досліджень. Польові, лабораторні та камеральні дослідження проведені у відділі кормовиробництва й лабораторії зрошення Інституту землеробства південного регіону УААН. Повторність дослідів – чотириразова. Посівна площа ділянки – 82 м², облікова – 50 м².

© Гусев М.Г., Коковіхін С.В., 2006

Об'єкт досліджень – районований сорт ріпаку ярого Шпат. Польові дослідди закладені методом розщеплених ділянок у відповідності з існуючими методиками.

Найменша вологоємність 0,7 м шару темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту дослідних ділянок становить 22,4 %, вологість в'янення – 8,8 % від маси сухого ґрунту, щільність зложення – 1,47 г/см³. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 2,15 %, загальний вміст азоту й фосфору в орному шарі ґрунту низький, калію – високий.

Роки проведення досліджень за дефіцитом випаровування за вегетаційний період рослин ріпаку ярого були: 1998 р. – вологий, 1999 та 2000 рр. – середньопосушливі. Рівень залягання ґрунтових вод – більше 18 м.

Режим штучного зволоження вивчали за п'ятьма градаціями: без зрошення (контроль); один полив у фазі бутонізації; два поливи у фазі бутонізації і цвітіння; три поливи у фазі бутонізації, цвітіння та плодоутворення; підтримка вологості ґрунту перед поливами в шарі 0,7 м під час вегетації культури на рівні 70 % НВ.

Попередник ярого ріпаку – озима пшениця. Технологія вирощування – загальноприйнята для умов зрошення південного Степу України. Вегетаційні поливи проводили згідно схеми досліджень дощувальним агрегатом ДДА-100 МА.

Результати досліджень. Показники споживання вологи рослинами ріпаку ярого обумовлювалися як особливостями погодних умов протягом періоду вегетації, так і величиною поливних і зрошувальних норм. Слід відмітити, що в умовах природного зволоження найбільша частка водоспоживання культури задовольнялася за рахунок атмосферних опадів і, особливо, в умовах спекотливої погоди з недостатньою природною вологозабезпеченістю. Так, у 1999 і 2000 рр. сумарне водоспоживання за рахунок ґрунтової вологи із 0-150 сантиметрового шару становило відповідно 1061 та 837 м³/га, що нижче в порівнянні з вологим 1998 р. на 28,1 і 22,7%. При цьому, питома вага опадів у сумарному водоспоживанні становила 71,2% (1998 р.) та 49,8 і 55,7% (1999-2000 рр.), відповідно.

На ділянках з режимом зрошення 70 % НВ сумарне водоспоживання ярого ріпаку із 0-150 см шару ґрунту, в середньому за роки досліджень, було на 33,4 % більше за неполивні варіанти.

У середньосухі роки водоспоживання зрошуваних варіантів зростало на 51,2 та 41,3 %, а зрошувальна норма, при цьому, складала 36,9 %, використання ґрунтових вологозапасів – 22,1%. Слід зауважити, що і при зрошенні кількість атмосферних опадів вегетаційного періоду складає значну частину сумарного водоспоживання ріпаку ярого. Так, у вологому

1998 р. їх частка становить 62,2 %, при цьому сумарне водоспоживання ріпаку порівняно з контролем збільшилось лише на 14,7 %.

Порівняння динаміки водоспоживання з різних шарів ґрунту показало, що цей показник з шару 100-150 см знижувався, в середньому, на 0,8 % при зрошенні та на 1,3 % в контрольному варіанті порівняно з вихідною вологістю ґрунту. В середньопосушливі роки використання ґрунтових запасів вологи ріпаком відбувалося, головним чином, із 0-100 см шару ґрунту, а у вологому 1998 р. – із шару 0-80 см. Тобто глибина зони висушування ґрунту, не залежно від схем зволоження в роки досліджень, не перевищувала 0-100 см.

Інтенсивне накопичення надземної маси рослин у період від бутонізації до плодоутворення сприяло максимальному споживанню ґрунтових вологозапасів особливо в умовах природного зволоження. Витрати вологи за цей період із 0-50 см шару ґрунту у вологому 1998 р. становили 587 м³/га (38,0 %), із шару 50-100 см – 200 м³/га (14,9 %). В умовах середніх по вологості років, споживання вологи складало відповідно 494 і 232 м³/га (45,4 та 25,6 %) та 678 і 169 м³/га (46,5 і 14,8 %). Слід підкреслити, що використання ґрунтової вологи із шару 0-50 см, в середньому за роки досліджень, становить 66,0 % загального використання із шару 0-100 см.

При зрошенні, використання ґрунтової вологи їх вологозапасів, особливо з глибоких горизонтів, знижується за рахунок вегетаційних поливів. Середньорічне використання запасів вологи з 0-50 см шару ґрунту, при зрошенні, становить 76,4 % від використаних із метрової шару.

Отже, на темно-каштанових ґрунтах південного Степу України, активний водообмін в посівах ярого ріпаку відбувається в 0-50 см шарі ґрунту і не залежить від рівня вологозабезпеченості.

Використання штучного зволоження суттєво підвищує рівень доступної вологи у верхніх шарах ґрунту. В середньому, за роки досліджень, з початком поливного періоду, кінцеві запаси вологи в 0-100 см шарі ґрунту, підвищувались у фазі цвітіння на 19,5 %, плодоутворення на 21,6 % та повної стиглості на 17,2 %. Слід відмітити, що інтенсивність водоспоживання ріпаку ярого за фазами росту й розвитку значно коливається, що пов'язано з нерівномірністю атмосферних опадів, темпами продукційних процесів, впливом зрошення та іншими природними й антропогенними чинниками.

Так, в умовах природного зволоження 1998 р., максимальне сумарне водоспоживання ріпаку, із 0-100 см шару ґрунту, відбувалось від фази стеблуння до цвітіння і становило 67,8 % (2447 м³/га) від загального, що пояснюється кількістю атмосферних опадів цього періоду (213,3 мм).

Інтенсивне водоспоживання в умовах 1999 р. відбувалось від фази бутонізації до плодоутворення і становило 1543 м³/га (60 %) від загального. В умовах 2000 р. міжфазне сумарне водоспоживання повністю співпадало з кількістю опадів відповідного періоду.

Результатами польових досліджень встановлено, що оптимальні умови водозабезпеченості рослин ярого ріпаку складаються при проведенні трьох вегетаційних поливів у фази бутонізації, цвітіння та плодоутворення та при поливах за вологістю ґрунту 70 % НВ. Ці залежності підтверджуються даними сумарного водоспоживання, середньодобового випаровування та їх порівняння з продукційними процесами наростання сирової маси та сухої речовини (табл. 1).

1. Порівняння показників водоспоживання з динамікою накопичення сирової маси та сухої речовини (усередньому за 1998-2000 рр.)

Режим зрошення		Міжфазні періоди											
		сівба – бутонізація				бутонізація- плодоутворення				плодоутворення-повна стиглість			
		Σ	Ŝ	СМ	СР	Σ	Ŝ	СМ	СР	Σ	Ŝ	СМ	СР
Один полив		623	11	165	15,8	1994	72	310	39,0	749	26	282	98,4
Два поливи		623	11	182	17,4	2263	82	334	41,1	626	25	377	112,1
Три поливи		623	11	184	17,6	2306	83	339	41,9	1032	39	406	124,2
70% НВ в шарі 0,7 м		1707	31	196	18,4	1693	60	325	40,8	605	25	416	119,2
Коефіцієнт регресії	сумарне водоспоживання				0,757	0,672			0,571	0,438		0,074	0,359
	середньодобове випаровування				0,748	0,671			0,548	0,411		0,811	0,929

Примітки:

Σ – сумарне водоспоживання, м³/га;

Ŝ – середньодобове випаровування, м³/га;

СМ – урожайність сирової маси, ц/га;

СР – вихід сухої речовини, ц/га

Максимальне сумарне водоспоживання відмічене від фази бутонізації до плодоутворення і становить при одному поливі – 59,2, при двох – 64,4, при трьох – 58,2 і в рекомендованому варіанті зрошення – 42,3 % від загального за вегетацію. При цьому, середньодобове водоспоживання ко-

ливається від 60 до 83 м³/га. Зниження сумарного водоспоживання в критичний період вологозабезпеченості при рекомендованому режимі зрошення, пояснюється тим, що в умовах середніх за вологозабезпеченням роках перший вегетаційний полив проведено до фази бутонізації. Тому, водоспоживання в цьому варіанті на початку вегетації збільшилось в 2,7 разу порівняно з неполивними ділянками, а в критичний період знизилось на 15,1-26,6 %. В період від плодоутворення до повної стиглості насіння водоспоживання знизилось у 2,2-3,6 разу.

Статистичний аналіз процесів формування надземної біомаси ріпаку ярого виявив середній та тісний зв'язок з умовами вологозабезпеченості рослин. Найвищі показники коефіцієнту кореляції ($r = 0,411-0,929$) відмічені між виходом сухої речовини та рівнем середньодобового випаровування. Низькі показники коефіцієнту регресії наприкінці періоду вегетації ріпаку ярого обумовлюються суттєвою різницею метеоситуації в цей період в роки проведення досліджень. Встановлено також критичний період ярого ріпаку за відношенням до умов вологозабезпечення – це період від бутонізації до плодоутворення. Сумарне водоспоживання за цей період, при різних режимах зрошення, становило 42,3-64,4 % від загального обсягу за вегетацію, що необхідно враховувати при встановленні раціонального режиму зрошення.

Максимальний середньодобовий приріст сирової маси був відмічений у міжфазний період від початку бутонізації до цвітіння і становив на ділянках зі зрошенням 843-1333 кг/га за добу, а інтенсивність накопичення біомаси на ділянках без поливу була меншою на 37,7-40,2 %.

Середньодобовий приріст сухої біомаси рослин ярого ріпаку при оптимальному зрошенні (70 % НВ) в міжфазний період «стеблуння – бутонізація» збільшився на 10,2 % порівняно з варіантом без зрошення, а в період від бутонізації до цвітіння цей показник зріс майже вдвічі.

Умови вологозабезпеченості впливали також на величину листкового апарату. Так, у варіантах без зрошення нестача вологи різко проявлялася на зовнішньому стані рослин – спостерігалось поникнення листків, змінювались відблиск верхньої частини поверхні листка, механічний стан тканин листків, що пояснюється дефіцитом доступної вологи й термічною депресією.

Польові спостереження показали, що максимальної величини площа листя ріпаку ярого досягає у період від бутонізації до плодоутворення, так як цей показник у 2,2-5,4 разу перевищує цей показник в інші проміжки вегетаційного періоду (табл. 2).

**2. Динаміка водопотреби та листкової площі рослин ріпаку ярого
(усередньому за 1998-2000 рр.)**

Режим зрошення		Міжфазні періоди								
		сівба – бутонізація			бутонізація- плодоутворення			плодоутворення- повна стиглість		
		Σ	Ŝ	ЛП	Σ	Ŝ	ЛП	Σ	Ŝ	ЛП
Один полив		623	11	18,0	1994	72	24,8	749	26	8,4
Два поливи		623	11	19,4	2263	82	26,8	626	25	12,2
Три поливи		623	11	18,9	2306	83	27,5	1032	39	14,2
70% НВ в шарі 0,7 м		1707	31	17,8	1693	60	26,8	605	25	15,6
Коефі- цієнт регресії	сумарне водоспожи- вання			-0,659			0,329			0,046
	середньо- добове випарову- вання			-0,657			0,301			0,866

Примітки:

Σ – сумарне водоспоживання, м³/га;

Ŝ – середньодобове випаровування, м³/га;

ЛП – листкова площа, тис. м²/га

Статистичний аналіз зв'язку «вологозабезпеченість – листкова площа» виявив зворотну середню залежність з показниками коефіцієнтів кореляції в межах – 0,657-0,659, що обумовлюється підвищеними витратами вологи на формування кореневої системи, а в подальшому зміни залежності на позитивну.

У кінцеві фази розвитку рослин ріпаку відбувається інтенсивне відмирання листків, і в період молочно-воскової стиглості їх площа становила лише 20,6-26,1% у варіантах без зрошення та на поливних ділянках – 31,9-35,6 % від максимальної величини.

Отриманні дані щодо рівня врожайності насіння ріпаку ярого свідчать про те, що в посушливих умовах південної підзони Степу України зрошення має велике значення, як один з головних факторів підвищення врожайності культури.

Врожайність насіння ярого ріпаку коливалася в межах від 8,3 до 21,3 ц/га залежно від особливостей погодних умов протягом вегетаційного періоду (розподіл й обсяги атмосферних опадів, температура та відносна вологість повітря), вихідних запасів вологи в ґрунті, а на поливних ділянках ще й величини зрошувальних норм.

Як в неполивних, так і в зрошуваних умовах відмічено суттєвий вплив погодних умов на рівень врожайності насіння. Так найвищий уро-

жай ріпаку в різних варіантах досліджу відмічено в умовах 1998 р., який відносився до вологих. Середня врожайність ріпаку у варіанті без зрошення становить 16,6 ц/га, що на 6,3-8,3 ц/га вище середніх за вологозабезпеченням років (1999-2000). Проведення вегетаційних поливів у фазі розвитку рослин в погодних умовах 1998 р. сприяло підвищенню урожайності на 1,5-9,7 ц/га порівняно з показниками 1999-2000 рр. У середньому в роки досліджень зрошення, незалежно від зрошувальної норми, забезпечує істотний приріст урожайності насіння ріпаку ярого, що значно перевищує найменшу істотну різницю.

Середній приріст врожайності насіння при проведенні одного поливу становив 2,1 ц/га, двох – 3,9, трьох – 6,6 ц/га, при показниках підвищення урожайності від першого до третього поливу 2,1 ц/га, 1,8 і 2,7 ц/га, відповідно. Отже, третій вегетаційний полив, у фазі формування насіння, забезпечує найбільш високу віддачу від зрошення.

У середньому за роки досліджень приріст врожайності насіння ярого ріпаку при різних режимах зрошення становить 2,1-6,8 ц/га (17,9-58,1%). Найбільший приріст врожайності забезпечує проведення трьох вегетаційних поливів у фазі розвитку рослин ярого ріпаку та при поливах по вологості ґрунту на рівні 70% НВ в 0,7м і становить 6,6 та 6,8 ц/га або 56,4 і 58,1%, відповідно.

Проведений кореляційний обробіток дав можливість виявити параметри для побудови моделей взаємозв'язку в системі «вологозабезпеченість – врожайність насіння» як в неполивних умовах, так і при зрошенні. Коефіцієнти кореляції незалежно від режимів вологозабезпеченості, характеризувалися середньою й високою залежністю; зворотною – за показником кількості використаної ґрунтової вологи; прямою – показники опадів, суми опадів і вегетаційних поливів, зрошувальних норм та сумарного водоспоживання. Для моделювання рівня продуктивності ріпаку ярого стосовно умов зволоження найбільш доцільно обрати залежності: для богарних умов – кількість опадів і сумарне водоспоживання; для зрошуваних варіантів – сума опадів і поливів та сумарне водоспоживання (рис.).

Побудовані моделі дають змогу проводити розрахунки величини врожайності насіння ріпаку ярого відносно різних елементів водного балансу, а на зрошуваних землях оптимізувати водний режим ґрунту з метою врахування особливостей продукційних процесів культури, нормування зрошення та найбільш раціонального використання водних, енергетичних та трудових ресурсів.

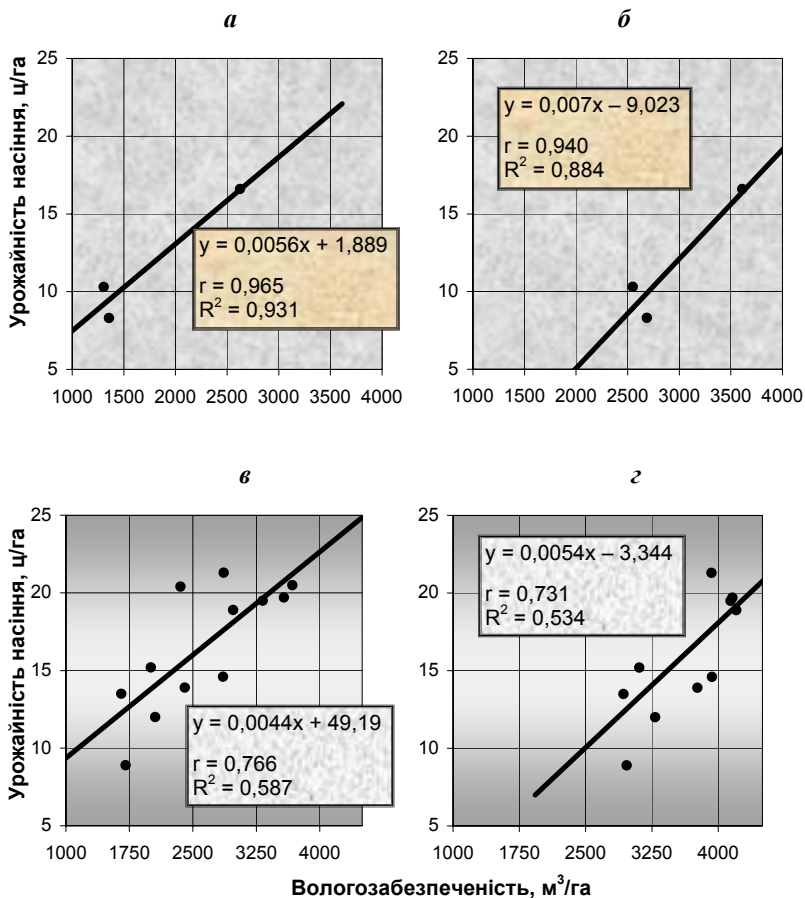


Рис. Регресійні моделі врожайності насіння ріпаку ярого та рівня вологозабезпеченості:

- а* – кількість атмосферних опадів на неполивних ділянках;
- б* – сумарне водоспоживання в богарних умовах;
- в* – сума вологозапасів за рахунок опадів і вегетаційних поливів;
- г* – сумарне водоспоживання рослин на зрошуваних землях.

Висновки. При вирощуванні ярого ріпаку на зрошуваних землях півдня України оптимальні умови водозабезпеченості складаються при проведенні трьох вегетаційних поливів у фази бутонізації, цвітіння та форму-

вання насіння зрошувальною нормою 1050 м³/га або формування поливного режиму 70 % НВ в 0,7 м шарі ґрунту. За оптимальних умов водопостачання максимальні показники водоспоживання та продукційних процесів спостерігаються в період бутонізація – плодоутворення. Проведений статистичний аналіз експериментальних даних дав можливість виявити параметри для побудови моделей взаємозв'язку в системі «вологозабезпеченість – врожайність насіння» як для неполивних умов, так і для зрошуваних земель.

Бібліографічний список

1. Yingneng L. **Research on the Water-saving Agriculture in China // Water-saving Irrigation.** – 2002. – № 2. – P. 25-36.
2. Модатренко В.И. Проблемы развития орошения на юге Украины. Эколого-экономический аспект // *Аграрное производство и природопользование.* – 1989. – № 7. – С. 48-51.
3. Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Рекомендації з режимів зрошення сільськогосподарських культур в Херсонській області. – Херсон: Айлант, 2005. – 16 с.
4. Гусєв М.Г. Агробіологічне обґрунтування та розробка технологічних прийомів підвищення продуктивності однорічних агроценозів при конвеєрному виробництві кормів в умовах зрошення Степу України. – Дис... д-ра с.-г. наук. – Херсон, 2005. – С. 42-45.
5. Ковалєв В.М. Теория урожая. – М.: МСХА, 2003. – С. 387-394.
6. Ушаков А.В. Пространственный анализ в сельском хозяйстве: Подход с использованием ГИС. – М.: Дата+, 2005. – С. 18-21.
7. Морозов В.В., Волочнюк Є.Г., Нежлукченко В.М. Використання ресурсозберігаючих ГІС-технологій при нормуванні водокористування на Інгулецькому зрошуваному масиві // *Таврійський науковий вісник.* – Херсон: Айлант. – 2005. – Вип. 41. – С. 93-97.
8. Власова О.В. Отримання просторового розподілення даних для планування зрошення // *Таврійський науковий вісник.* – Херсон: Айлант. – 2005. – Вип. 41. – С. 137-143.
9. 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.