

УДК 631.53.048:519.85:582.661.21
**МАТЕМАТИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ЗАЛЕЖНОСТІ НАСІННЄВОЇ ВРОЖАЙНОСТІ
АМАРАНТУ ВІД ГУСТОТИ ПОСІВУ**

С.М. Мішин, С.Г. Когут, І.М. Когут
Одеський державний аграрний університет

В процесі досліджень був встановлений фактичний вплив способів сівби та норм висіву на рівень насіннєвої врожайності амаранту та теоретично розраховані за допомогою математичних методів наступні показники: оптимальна та критична густина посіву, максимальна урожайність посіву, оптимальна та максимальна продуктивність рослини.

Ключові слова: амарант, регресійний аналіз, оптимальна густина посіву, максимальна продуктивність рослини, насіннєва врожайність, сорт Ультра.

Постановка проблеми. Агротехнічні прийоми – це параметри управління екологічною системою поля [1]. Тільки при високій вираженості реакції агроценозу на параметр управління можна досягти високої ефективності системи управління, тобто технології.

Виходячи з цього, максимальна реактивність генетичної системи рослин на агрозахід повинна розглядатись як податливість системи до управління її продукційним процесом. Як уже відмічалось, щільність агроценозу суттєво впливає на реалізацію продукційного потенціалу агроценозу, його структурну організацію.

Це означає, що агротехнічні заходи потрібно спрямовувати на максимальне задоволення потреб рослини та пристосування до навколишнього середовища для виявлення максимальних можливостей виду (сорту) поряд із взаємодією рослин між собою, з оточуючим середовищем, ефективним використанням посівами сонячної енергії та площі живлення. Максимальна збалансованість цих факторів здатна підвищити врожай насіння та його якість.

Основним елементом формування урожаю є густина посіву. Це пояснює той факт, що визначення кількісної залежності врожайності сільськогосподарської культури від густоти посіву є питанням достатньо важливим і актуальним.

Стан вивчення проблеми. При розгляді цієї проблеми в літературі розрізняють урожайність зернових культур (основна продукція) та урожайність надземної біомаси. В обох випадках при збільшенні густоти посіву (X) від нуля до базисної величини (X_0) урожайність культури збільшується в прямій залежності. Тобто, в даному діапазоні густоти продуктивність однієї рослини залишається практично постійною ($U_P = \text{Const}$), а врожайність посіву (U_{Π}) в цьому діапазоні визначається як

$$U_{\Pi} = U_P \times X, \text{ ц/га}$$

При подальшому збільшенні густоти рослини займають такий життєвий простір, при якому вони починають конкурувати одне з одним. При всій складності і комплексності конкуренції як явища ряд дослідників вважає, що вона має перш за все фізичний характер, оскільки йде вона не тільки за простір, а й за світло, воду, мінеральні поживні елементи та вуглекислий газ [2]. Таким чином, збільшення густоти посіву більше X_0 веде до того, що продуктивність однієї рослини починає зменшуватись, а посіву в цілому підвищуватись, але за криволінійною залежністю. Для варіантів, що розглядаються (зерно і надземна біомаса), при істотній конкуренції в посіві подальший характер залежності $U_{\Pi} = f(X)$ має принципові розбіжності. Суть їх полягає в тому, що при якійсь густоті урожайність зерна починає зменшуватись, а урожайність надземної біомаси набуває асимптотичного характеру. Це пояснюється тим, що для зерна інтенсивність зменшення продуктивності однієї рослини на даному етапі стає значно більшою зростання густоти, а для надземної біомаси – навпаки.

Зрозуміло, що така постановка питання є правомірною тільки на чистих, незабур'ячених посівах, тобто в умовах, коли кількість бур'янів не перевищує нижній поріг біологічної шкідливості. В іншому разі мову слід вести як про конкуренцію між культурними рослинами і бур'янами так і бур'янів між собою.

Завдання і методика досліджень. Метою дослідження являється теоретичне визначення оптимальної густоти стояння амаранту в умовах південного Степу. Дослід проводили в 2003-2005 роках. Ґрунт – чорнозем південний, утворений на важкосуглинистих карбонатних лесах. Середньобогаторічна кількість опадів складає 380 мм на рік. В досліді вивчали зерновий сорт амаранту Ультра, висіяний трьома способами сівби: двома широкорядними з шириною міжрядь 45 та 60 см і двострічковим за схемою 45x15 см та за п'яти норм висіву на кожному з них (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 та 1,5 кг/га). Варіанти у досліді розміщувались систематично. Загальна площа дослідної ділянки – 100, облікова – 60 м² [3].

Загальновідомо, що залежність урожайності посіву зернових культур (Y_{Π}) від його густоти (X) має одновіршинний куполоподібний характер [2, 4]. Для детального аналізу цієї залежності доцільно провести її математичну інтерпретацію, тобто описати якоюсь залежністю. Найбільш простою і доступною може бути рівняння квадратичної параболи (рис. 1).

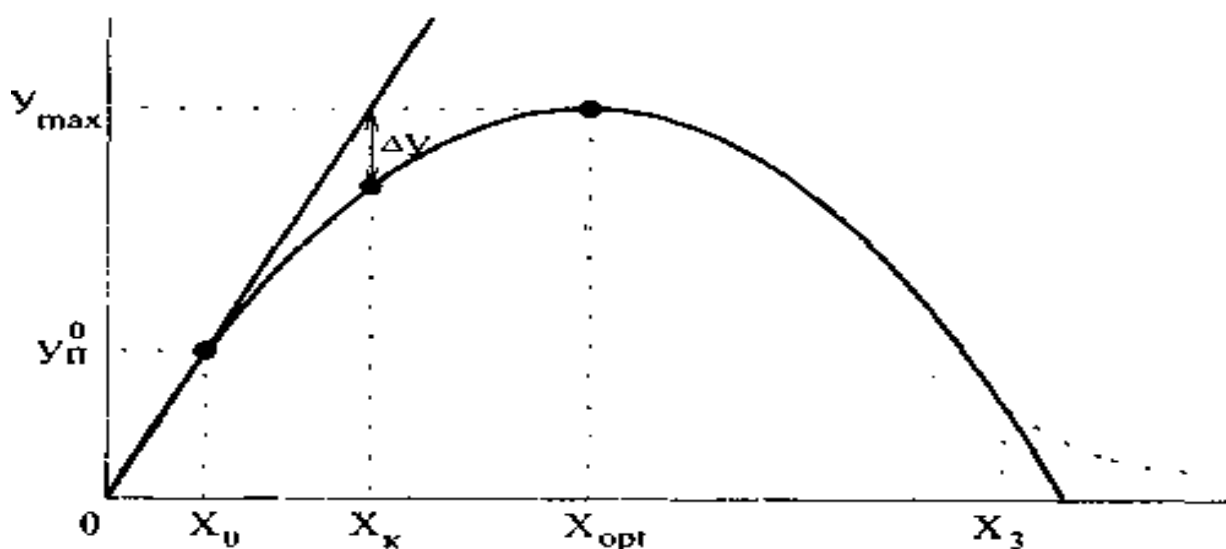


Рис.1. Залежність урожайності зернових культур (Y_{Π}) від густоти посіву (X)

При цьому слід зазначити, що для виконання необхідної умови, коли $Y_{\Pi} = 0$ при $X = 0$, описувати цю залежність необхідно без вільного члена:

$$Y_{\Pi} = aX^2 + bX,$$

де a і b - емпіричні коефіцієнти.

Явним недоліком цієї моделі є не завжди біологічна обґрунтованість умови, коли при $X = X_4$ $Y_{\Pi} = 0$, тобто в цьому випадку не враховано є можлива авторегуляція посіву [2]. В результаті цього залежність врожаю зерна від густоти посіву в даній зоні впливу ($X > X_3$) може набувати асимптотичного характеру. Однак дане питання має більш теоретичне значення, а для вирішення практичних завдань слід в першу чергу розглядати лімітуючу і стаціонарну зони ($0 < X \leq X_{\text{опт}}$).

Цей інтервал можна характеризувати трьома характерними точками чи густотами [5]:

Перша точка - це оптимальна густота посіву, яка із прийнятої моделі досить легко визначається аналітично:

$$X_{\text{опт}} = -\frac{b}{2a}, \text{ шт/м}^2.$$

Продуктивність однієї рослини в посіві при оптимальній густоті (X_{opt}) визначається як

$$Y^p_p = 10(aX_{opt} + b), \text{ г/рос.}$$

Друга точка - це точка, яка характеризує максимальну індивідуальну продуктивність однієї рослини за умови повної відсутності конкуренції в посіві. Без усякого сумніву, ця величина при проведенні польових досліджень має бути предметом вивчення. Як зазначалось вище, таку густоту називають базисною (X_0), а продуктивність однієї рослини в посіві при такій густоті, по аналогії з попереднім, визначається як:

$$Y^p_p = 10(aX_0 + b), \text{ г/рос.}$$

Значення Y^p_p (X_0) і є максимальною індивідуальною продуктивністю однієї рослини даного сорту в даних умовах.

Третя точка характеризує таку критичну густоту (X_k), при якій конкуренція між окремими рослинами в посіві стає істотною, а їх продуктивність в посіві – значно меншою за максимальну індивідуальну.

З цієї формули досить просто визначити критичну густоту посіву залежно від прийнятого показника істотності конкуренції (P):

$$X_k = \frac{100a \times X_0 - (a \times X_0 + b) \times P}{100a}, \text{ шт/м}^2$$

Таким чином, при характеристиці густоти посіву і його впливу на урожайність культури доцільним можна вважати встановлення таких характерних параметрів:

- оптимальна густота посіву (X_{opt}), а також відповідно до неї продуктивність однієї рослини Y^p_p і максимальний урожай посіву Y^p_{max} ;
- базисна густота посіву (X_0) та максимальна індивідуальна продуктивність однієї рослини даного сорту в даних умовах (Y^p_p при $X = X_0$);
- критична густота посіву (X_k) при прийнятій істотності конкуренції (P) [6].

Результати досліджень. Складені в досліді умови, в яких розвивалися рослини амаранту, стали причиною утворення ряду факторів, які впливали на насінневу продуктивність посівів. Пригнічення росту та розвитку загущених рослин, низька виживаємість, зменшення асиміляційної поверхні, галуження, продуктивність фотосинтезу були вирішальними факторами, які впливали на врожайні властивості посівів. Створенню цих факторів у дослідях сприяла різна густота травостою і схема розміщення рослин амаранту на площі. Як змінювалась насіннева продуктивність амаранту під впливом цих факторів, свідчать дані таблиці 1.

Таблиця 1. Врожай насіння амаранту, ц/га

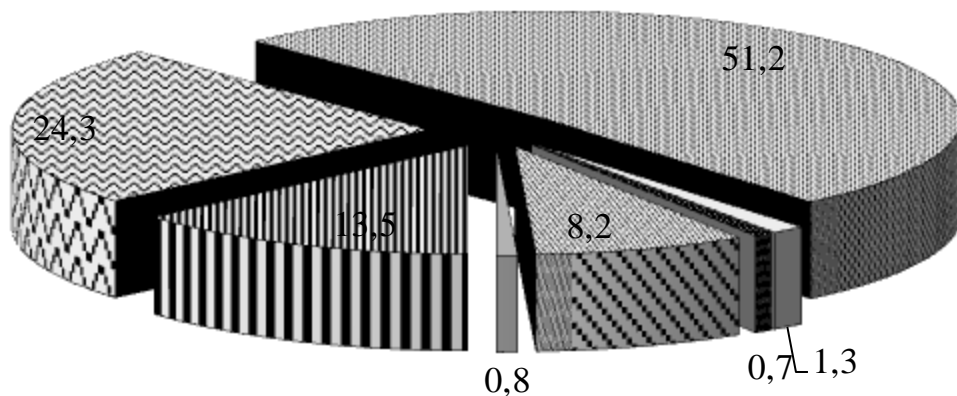
Ширин а міжрядь (А), см	Норм а висіву (В), кг/га	Рік досліджень			Сер едне
		2003	2004	2005	
45x15	0,3	15,1	16,7	15,8	15,9
	0,6	17,6	18,6	18,0	18,1
	0,9	18,9	20,1	19,3	19,4
	1,2	19,8	21,7	20,6	20,7
	1,5	19,0	19,5	19,4	19,3
45	0,3	14,7	19,8	17,7	17,4
	0,6	19,1	22,2	21,3	20,9
	0,9	21,8	23,7	23,2	22,9
	1,2	17,1	20,8	18,7	18,9
	1,5	14,2	18,3	16,9	16,5

60	0,3	15,7	17,3	16,8	16,6
	0,6	17,1	19,7	19,0	18,6
	0,9	16,2	20,2	17,3	17,9
	1,2	14,1	18,2	15,8	16,0
	1,5	11,9	15,4	14,5	13,9

НІР ₀₅				
АВ, ц				
НІР ₀₅		1,9	2,3	2,0
А, ц		1,1	1,2	1,0
НІР ₀₅		1,3	1,5	1,4
В, ц				

Вивчення впливу щільності розташування рослин на урожайність насіння амаранту свідчить на користь широкорядного способу сівби з шириною міжрядь 45 см за норми висіву 0,9 кг/га. Наприклад, за вищезгаданих умов сорт Ультра сформував в середньому за роки досліджень 22,9 ц/га насінневої продукції. При використанні двострічкового способу сівби з шириною міжрядь 45x15 см врожайність насіння зменшувалась порівняно з варіантом, де застосовувалась ширина міжрядь 45 см, однак перевищувала врожайність, одержану в варіанті з шириною міжрядь 60 см.

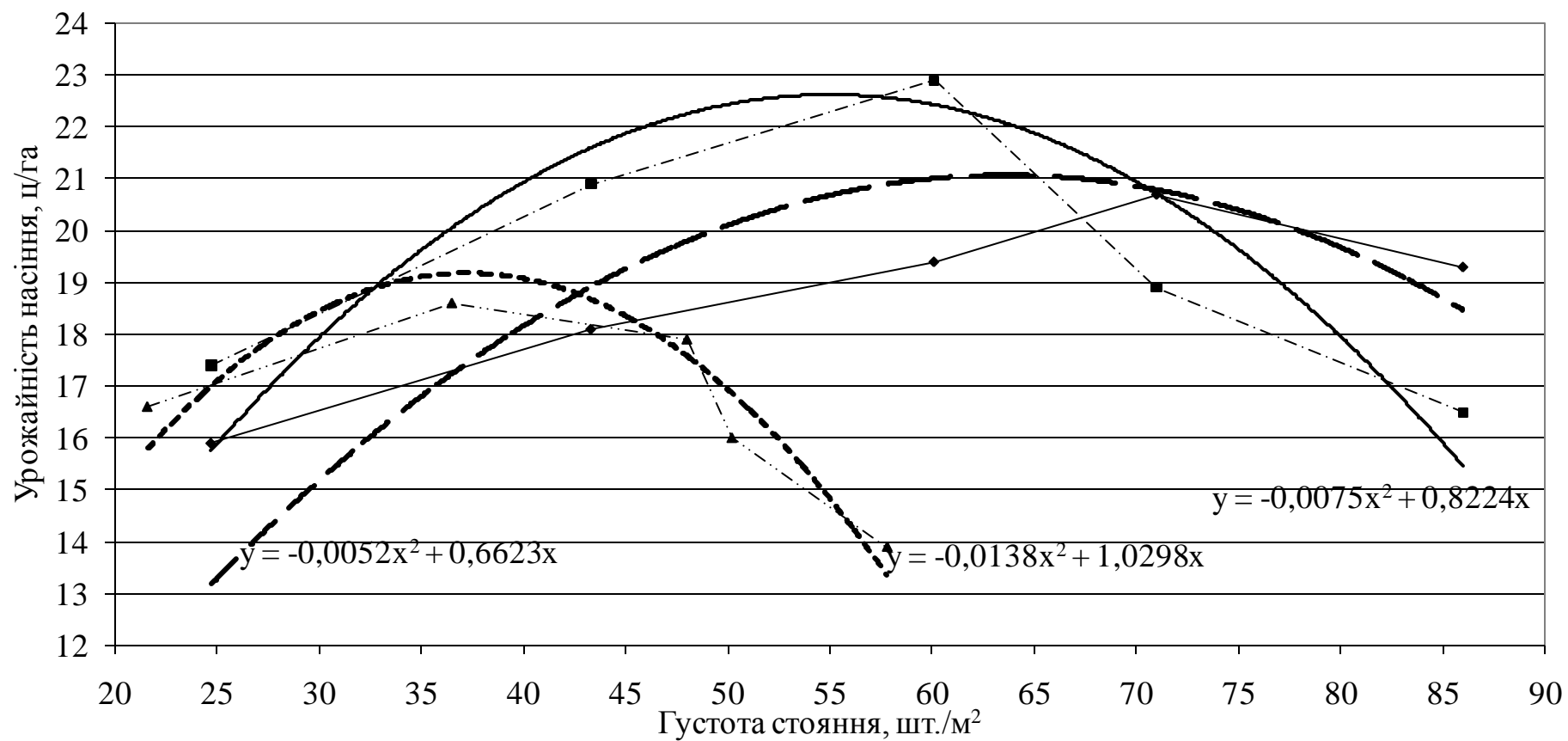
В результаті проведеного аналізу впливу умов року, норм висіву та способів сівби та їх взаємодії на величину врожаю насіння амаранту, викликану дією і взаємодією цих факторів, було встановлено, що вирішальне значення у формуванні врожайності насіння має спосіб сівби, внесок якого становив 51,2 % (рис. 2).



□ А: рік ▣ В: норма висіву ▤ С: спосіб сівби □ АВ ▣ АС ▤ ВС □ АВС

Рис. 2. Відсоткова частка способів сівби, густоти стояння та умов року та їх взаємодії у мінливість урожайності насіння амаранту.

Друге місце належить нормі висіву – 24,3 %. Умови року також суттєво впливали на врожай насіння і їх внесок був 13,5 %.



—◆— 45 ширина міжрядь 45x15 см - - -■- - 45 см - · - · - 60 см (60)

Рис. 3. Результати регресійного аналізу насіннєвої врожайності сорту Ультра за різних способів сівби.

Серед взаємодій факторів найбільш виражений характер впливу на мінливість урожайності насіння мала взаємодія способу сівби та норми висіву – 8,2 %.

На графіку (рис. 3) показані ламані криві фактичної насінневої врожайності та теоретично розраховані регресійні криві посівів амаранту з відповідними рівняннями регресії, розрахованими для варіантів з різними способами сівби.

В таблиці 2 наведені, математично розраховані за допомогою емпіричних коефіцієнтів рівняння регресії, параметри урожайності дослідної культури.

Таблиця 2. Параметри густоти посіву і її вплив на насіннєву продуктивність амаранту

Ширина міжрядь, см	Оптимальна густина посіву (Хopt), шт./м ²	Максимальна урожайність посіву (У ^п max), ц/га	Оптимальна продуктивність рослини (У ^п р opt), г/рос.	Максимальна продуктивність рослини (У ^п р max), г/рос.	Критична густина посіву (Хк), шт./м ²
45x15	63,7	21,1	3,3	6,6	6,3
45	54,8	22,5	4,1	8,1	5,4
60	37,3	19,2	5,1	10,2	3,8

Судячи з розрахованих даних, оптимальна густина посіву набувала різних значень в залежності від сорту та способу сівби. Наприклад, за двострічкового способу сівби вона становила 63,7 рослини на 1 м² і зменшувалась до 54,8 та 37,3 рослин на 1 м² у варіантах з широкорядними способами з шириною міжрядь 45 та 60 см відповідно.

Розрахована за допомогою рівняння регресії максимальна урожайність посіву за оптимальної густоти найвищою була за схеми сівби з шириною міжрядь 45 см – 22,5 ц/га, що на 1,4 ц/га більше, ніж за двострічкової схеми сівби та на 3,3 ц/га – ніж за ширини міжрядь 60 см.

Математична індивідуальна насіннева продуктивність за оптимальної та базисної густоти досягала максимального значення за ширини міжрядь 60 см (10,2 г/рослину), а мінімум знаходився в графі з двострічковим способом сівби (6,6 г/рослину).

Показник критичної густоти, при якій конкуренція між окремими рослинами в посіві стає істотною, а їх продуктивність в посіві – значно меншою за максимальну індивідуальну, найвищим був за двострічкового способу сівби (6,3 рослин/м²) і зменшувався із розширенням міжрядь.

Висновки та пропозиції. Математичний аналіз впливу густоти стояння рослин на рівень насінневої врожайності амаранту виявив, що оптимум щільності розташування рослин на площі набуває різних значень залежно від способу сівби і зменшується із розширенням міжрядь.

Перспектива подальших досліджень. Зважаючи на те, що амарант – це нова і маловивчена культура, ми вважаємо, що вивчення його в південній Степовій зоні України на суходолі треба продовжити, особливо в сортовому розрізі.

Література

1. Гурьев Б.П., Литун П.П., Волкодав В.В. Методика подбора сортов зерновых культур для возделывания по интенсивной технологии // Селекция и семеноводство. – 1988. – Вып.65. – С.3-8.
2. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Пер. с чеш. – М.: Колос, 1984. – 367 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – 1985.- Москва – С.-187.
4. Методические указания (Постановка полевых опытов, методика лабораторно-полевых наблюдений и исследований) / Под ред. К.В. Ливанова. – Куйбышев: Изд. Куйбышевского СХИ, 1985.–74 с.
5. Харченко О.В., Дмитрівська А.О. Оцінка впливу густоти посіву на його продуктивність // Вісник Сумського державного аграрного університету. Вип. 4. – Суми, 2000. – С. 134-139.
6. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур. – Суми: Університетська книга, 2003. – С. 30-34.

Аннотация

Мишин С.Н., Козут С.Г., Козут И.Н. Математическая интерпретация зависимости семенной урожайности амаранта от густоты посева. В процессе исследований было установлено фактическое влияние способов посева и норм высева на уровень семенной урожайности амаранта и теоретически рассчитаны с помощью математических методов следующие показатели: оптимальная и критическая густота посева, максимальная урожайность посева, оптимальная и максимальная производительность растения.

Ключевые слова: амарант, регрессионный анализ, оптимальная густота посева, максимальная производительность растения, семенная урожайность, сорт Ультра.

Summary

Mishin S.N., Kogut S.G. Kogut I.N. Mathematical interpretation of dependence of the seminal productivity of amaranth from density of sowing. In the process of researches actual influence of methods of sowing and norms of sowing was set on the level of the seminal productivity of amaranth and the followings indexes are expected in theory by mathematical methods: optimum and critical density of sowing, maximal productivity of sowing, optimum and maximal productivity of plant

Keywords: amaranth, regressive analysis, optimum density of sowing, burst performance of plant, seminal productivity, sort of Ultra.