

Механізація, електрифікація

УДК 631.316.4:631.172
© 2013

*М.Г. Цибуля,
науковий співробітник
ННЦ «Інститут
механізації та електрифікації
сільського господарства»*

ОЦІНЮВАННЯ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ РІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ПО ПЛОЩІ

Висвітлюються питання вдосконалення алгоритму і комп'ютерної програми для оцінки рівномірності розподілу насіння по полю, наведено результати деяких розрахунків та практичного застосування.

Ключові слова: *спосіб сівби, рівномірність розподілу насіння по площі, круг живлення, крайовий ефект, коефіцієнт рівномірності, комп'ютерна програма, моделювання, урожайність.*

Одним зі способів підвищення виживання паростків насіння є поліпшення рівномірності розподілу насіння по площі, що зумовлює раціональніше використання поживних речовин і сонячної енергії. З метою покращення рівномірності розподілу насіння по площі використовують різні способи сівби. Для оцінки цієї рівномірності використовується комп'ютерна програма [3], за допомогою якої можна розраховувати коефіцієнт рівномірності M як для різних змодельованих способів сівби, так і для будь-яких фактичних даних розподілу рослин по полю, отриманих через вимірювання їхніх координат. Однак у цій програмі не враховуються ті частини площі кругів живлення, що виходять за межі рамки, яку накладають на репрезентативну частину засіяної певним способом площі, що вносить похибку у результати обчислення. З метою зменшення такої похибки потрібно збільшувати розміри рамки, що зумовлює додаткові витрати часу на обчислення. Наприклад, комп'ютер (процесор 2 ГГц) потребує близько 30 хв для обчислення коефіцієнта рівномірності, коли площа рамки становить усього $0,78 \text{ м}^2$ (390 насінин). Тому ця проблема потребує розв'язання. Також не вивчено питання про кількісну залежність урожайності сільськогосподарських культур від коефіцієнта рівномірності M .

Мета досліджень — удосконалити комп'ютерну програму для оцінки рівномірності розподілу насіння по полю через усунення впливу крайового ефекту та оцінити практичне застосування.

Результати досліджень. На рис. 1 показано схему розміщення кругів живлення рослин у випадках, коли частини кругів живлення рослин виходять за межі рамки.

Для обчислення площ S заштрихованих ділянок використовується відомий математичний вираз:

$$S = r^2 \cdot \arccos \frac{t}{r} - r \cdot t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{t}{r}\right)^2}, \quad (1)$$

де r — радіус круга живлення; t — відстань від центра круга живлення до краю рамки.

Однак для обчислення цих площ спочатку потрібно знайти координати тих насінин, круги живлення яких виходять за межі рамки. Для

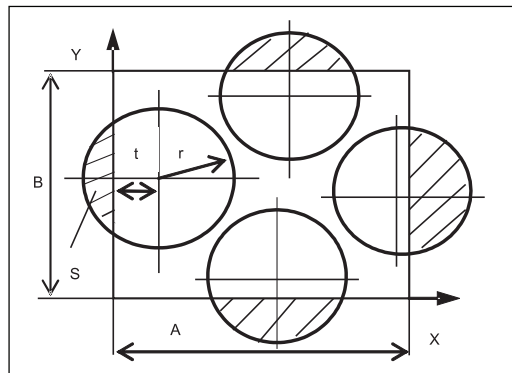


Рис. 1. *Схема розміщення кругів живлення рослин у разі виходу цих кіл живлення за межі рамки: A — ширина рамки, B — довжина рамки*

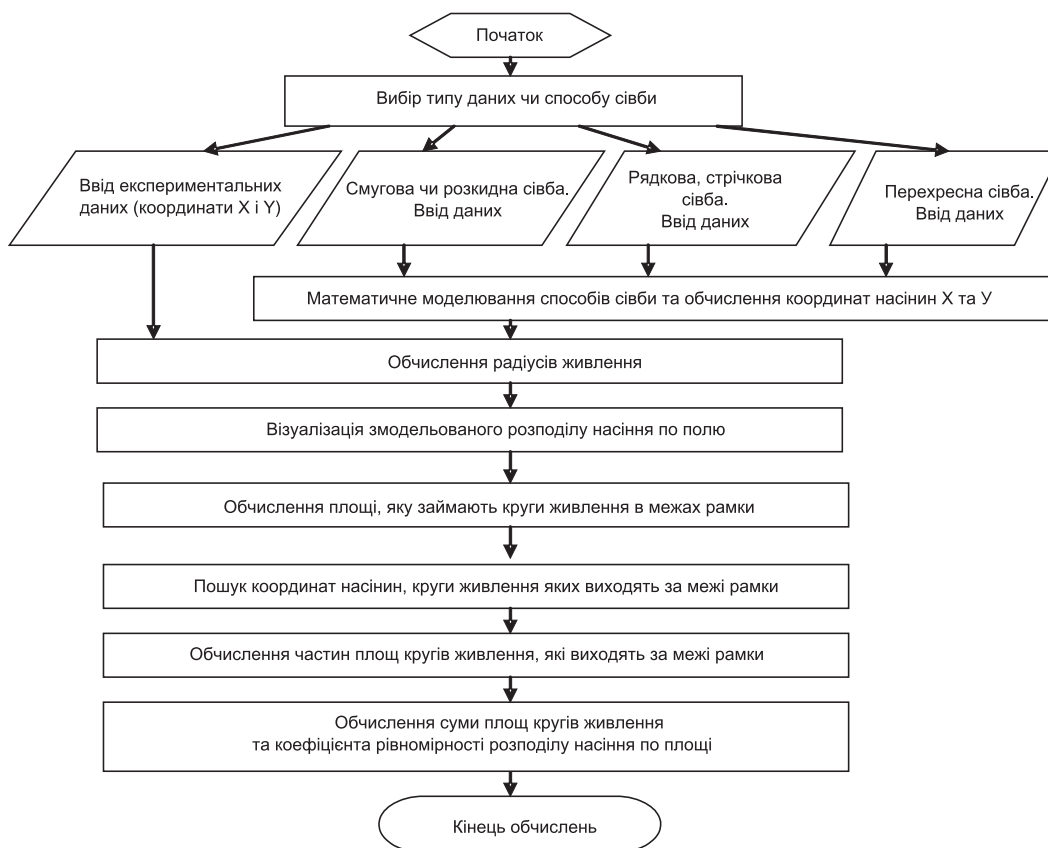


Рис. 2. Блок-схема алгоритму комп'ютерної програми

цього в алгоритм і в програму імплементовано спеціальну процедуру пошуку таких точок. Крім цього, в програму введено процедури розрахунку величини цих площ та додавання цих величин до суми площ кругів живлення у межах рамки, яка обчислюється з однократним врахуванням площ накладання цих кругів. Внаслідок внесення змін в алгоритм програми його нова блок-схема має такий вигляд (рис. 2).

Програмне забезпечення на базі цього алгоритму написано програмною мовою Borland Pascal 7.0. У цій програмі для моделювання різних способів сівби (звичайний рядковий, точний рядковий чи пунктирний, стрічковий, розкидний, смуговий, гексагональний, перехресний) використовуються нормальний закон розподілу випадкових величин, експоненціальний закон, закон Пуансона, закон рівномірного розподілу, а також система двох випадкових величин, які розподілені за експоненціальним законом розподілу, та двовимірна система двох

випадкових величин, які розподілені за експоненціальним законом розподілу та рівномірним законом розподілу. Для генерування випадкових чисел з будь-якою функцією розподілу задіяно загальний спосіб з використанням формули [2]:

$$Y = \sup\{z: F(z) \leq X\} \quad (2)$$

$$z \in A,$$

де $F(z)$ — функція розподілу з аргументом z , визначена на підмножині A (частковий інтервал множини дійсних чисел чи об'єднання множин) множини дійсних чисел; X — безперервна випадкова величина, рівномірно розподілена на відрізку $[0; 1]$; Y — випадкова перемінна, яка має F як функцію розподілу.

Отже, якщо рівномірно розподілені числа в діапазоні $[0; 1]$ підставити в рівняння (2), то в результаті перетворення буде отримано послідовність випадкових чисел u_1, u_2, \dots з розподілом F .

У програмі використано відому трансформо-

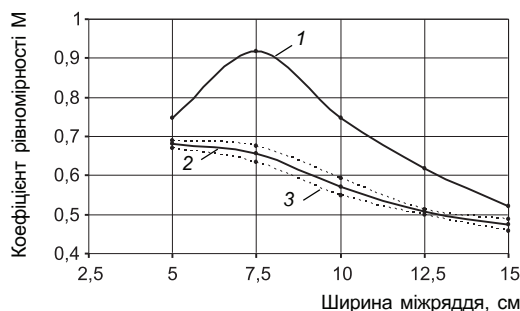


Рис. 3. Вплив ширини міжряддя на коефіцієнт рівномірності M (звичайна рядкова сівба і точна рядкова сівба, норма висіву — 2 млн шт./га): 1 — точна рядкова сівба; 2 — рядкова сівба; 3 — довірчі границі ($P=0,95$)

вану нормальну функцію розподілу (підінтегральну функцію розкладено в ряд Тейлора з наступним її інтегруванням):

$$F(x) = 1/2 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{n! 2^n (2n+1)}, \quad (3)$$

де $n=1; 2; 3...$

Відомо також [1], що у разі двовимірної системи випадкових величин X і Y , які описуються експоненціальним законом, вирази для щільності розподілу системи та функції розподілу системи мають такий вигляд:

$$f(x, y) = \eta \cdot \mu \cdot e^{-(\eta \cdot x + \mu \cdot y)}, \quad \text{коли } x > 0 \text{ and } y > 0; \quad (4)$$

$$F(x, y) = (1 - e^{-\eta \cdot x}) \cdot (1 - e^{-\mu \cdot y}), \quad \text{коли } x > 0 \text{ and } y > 0. \quad (5)$$

Використовуючи вдосконалену програму, проведено ряд контрольних розрахунків. Для гексагонального розподілу насіння по площі отримано максимальне значення коефіцієнта рівномірності розподілу, яке рівне 0,967, що є тотожним значенню, отриманому теоретично. У разі квадратного розподілу коефіцієнт набуває значення 0,924, а в разі розкидної сівби — середнє значення 0,645 [з надійністю 95% середнє значення розміщується в інтервалі (0,637; 0,653)]. Згадані вище значення коефіцієнта для гексагонального і квадратного способів сівби не залежать від норми висіву.

Проведено також серію обчислень, зокрема з метою вивчення впливу ширини міжряддя на коефіцієнт рівномірності за звичайної рядкової сівби (рис. 3). На графіку помітно, що максимальне значення коефіцієнта M отримано для точної рядкової сівби за міжряддя 7,5 см (тобто, коли приблизно настає квадратний розподіл). За рядкової сівби коефіцієнт M набуває

менших значень порівняно з точною рядковою сівбою, оскільки розміщення насіння в рядку моделюється з використанням експоненціального розподілу.

Удосконалена програма була застосована для обробки експериментальних даних, отриманих в результаті проведення польових досліджень на висіві кукурудзи за різної норми висіву (44–285 тис. шт./га) і ширини міжрядь (35–90 см) [4].

Статистичний аналіз показав, що вплив рівномірності розподілу насіння кукурудзи по площі (оцінюється коефіцієнтом рівномірності) на її врожайність можна описати лінійним рівнянням регресії (загальний розкид пояснюється на 45,8%). З'ясувалося, що максимальна середня врожайність кукурудзи на зерно (114 ц/га) отримана за найбільшого значення коефіцієнта рівномірності 0,8704 (ширина міжрядь 35 см, відстань між насіннями у рядку 25 см, норма висіву 114285 тис. шт. насінин на 1 га). Отже, використання цієї програми дало змогу певною мірою з'ясувати фізичну суть зміни урожайності.

Аналіз даних цього дослідження показав відсутність статистично значущої залежності урожайності від норми висіву. Цікаво, що дослідження з визначення оптимальної норми висіву озимої пшениці, проведені Ноттінгемським університетом [5], також показують, що в діапазоні норми висіву 80–320 насінин/1 м² не спостерігається значущої залежності урожайності від норми висіву (експерименти з 20 сортами озимої пшениці продемонстрували, що в середньому урожайність за норми висіву 80 і 320 насінин/м² становила відповідно 10,6 та 10,9 т/га в 1997 р., а в 1998 р. — відповідно 8,6 та 8,3 т/га). Аналогічні дослідження були проведені поблизу Ейкоу (штат Орегон) [6]. Тут 3 роки вивчали вплив норми висіву пшениці озимої (40, 60, 80 і 100 фунтів на акр, або відповідно 45, 67, 90 та 112 кг/га) на її урожайність. У результаті з'ясувалося, що сезони вирощування мали вплив на урожайність, а норми висіву не мали. Дослідники пояснюють це здебільшого тим, що за зменшення норми висіву урожайність не зменшується за рахунок збільшення зони живлення, кількості пагонів однієї рослини (понад 20 пагонів, особливо за ранніх строків сівби), більших колосків і важчих зерен. Університет штату Орегон досліджував вплив норми висіву пшениці озимої на урожайність [7]. Дослідники дійшли висновку, що незалежно від ширини міжряддя в діапазоні від 15 до 46 см збільшен-

ня густоти насіння в рядку понад 18 насінин на 1 фут (59 насінин на 1 м) призводить до зменшення урожайності. Результати досліджень впливу норм висіву насіння на врожайність зерна ячменю озимого у Хмельницькій області [8] показали, що на фоні мінеральних добрив підвищення норм висіву не сприяло підвищенню урожайності зерна (за норми висіву 300 і

450 насінин/м² урожайність становила відповідно 7,29 т/га і 7,27 т/га).

Фактор рівномірності розподілу насіння по площі прихований у цих дослідках і його кількісний вплив на урожайність не оцінений, хоча вже тільки зміна норми висіву за одного способу сівби викликає зміну рівномірності розподілу насіння по полю.

Висновки

Комп'ютерна програма для розрахунку коефіцієнта рівномірності розподілу насіння по площі забезпечує як моделювання різних способів сівби, так і оцінку експериментальних даних (фактично отримано розподіли насіння по полю).

Її можна застосовувати для проведення досліджень з метою порівняння різних способів сівби стосовно рівномірності розподілу насіння по площі, оцінки впливу цієї рівномірності на урожайність, визначення оптимальних норм висіву та визначення раціонального розміру зони живлення рослини за однакової рівномірності, вивчення впливу рівномірності

на раціональний розмір зони живлення. Застосування цієї програми також може допомогти зекономити час, затрати праці і кошти на проведення відповідних експериментальних досліджень за рахунок зменшення кількості дослідів. Результати таких досліджень можуть бути корисними для розробників нових посівних машин, особливо за вибору способу сівби і його параметрів (наприклад, ширина міжряддя, ширина смуги та ін.). Ефективність застосування програми зростає за умови, коли кожна рослина забезпечена мінімально потрібним середнім розміром зони живлення.

Бібліографія

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1973. — 368 с.
2. Климишена Р.І. Продуктивність ячменю озимого залежно від удобрення та норм висіву насіння// Вісн. аграр. науки. — 2012. — № 10. — С. 76–77.
3. Цибуля М.Г., Білоткач М.П. Вплив рівномірності розподілу насіння кукурудзи по площі на її урожайність//Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвід. наук.-практ. зб./Кіровоградський національно-технічний університет. — Кіро-

воград, 2010. — Вип. 40 (Ч. 2).

4. Müller P.H., Neumann P., Storm R. Tafeln der mathematischen Statistik/3. Verbesserte Auflage: VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1979. — 278 s.

5. Tsybulya M.G. Estimation of seed distribution uniformity over an area/Die Bodenkultur. Austrian Journal of Agricultural Research. — 2002. — 53. Band/Heft 1/Julii. — P. 3–7.

6. www.hgca.com

7. www.cals.uidaho.edu

8. www.ianrpubs.unl.edu

Надійшла 10.01.2013.