



УДК 631.331

**В.С. Нестяк, А.П. Шевченко**  
**V.S. Nestyakov, A.P. Shevchenko**

## ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПО ПЛОЩАДИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

### EFFECT OF AREAL DISTRIBUTION OF PLANTS ON THE CAPACITY OF PERENNIAL LEGUMINOUS GRASSES

**Ключевые слова:** распределение семян, геометрия размещения, площадь питания, координаты растений, продуктивность растений, продукционный процесс

Рассмотрено влияние распределения семян по площади питания на продуктивность многолетних бобовых трав. Показано, что вероятность распределения может служить интегральным критерием качества распределения семян по площади питания. Установлено, что наилучшим распределением семян с точки зрения продуктивности является размещение их в центре шестигранника. Равномерное распределение семян по площади создает предпосылки для улучшения условий развития растений и повышения урожайности. Цель исследования – повышение эффективности семеноводства трав. Задачи исследования: обосновать схему размещения растений по площади питания; проверить экспериментально теоретические предположения. При оценке качества распределения семян и растений, как правило, учитывается лишь распределение расстояний между растениями в рядке и не фиксируются расстояния между ближайшими растениями в смежных рядках. Для большинства культурных растений существует некоторое минимальное расстояние, ближе которого эти растения не могут развиваться. Кроме этого существует некоторое расстояние, за пределами которого растения не влияют отрицательно друг на друга. При этом важной характеристикой распределения семян по плоскости является суммарная площадь питания. Принимая величину вероятности распределения в оптимальной области за продуктивность посева, показано, что наилучшим распределением семян с точки зрения продуктивности будет регулярное размещение в центре шестигранных ячеек. При таком распределении используется продуктивно вся площадь поля. Косвенно это подтверждено результатами полевого эксперимента по различным вариантам посева, имитирующим различные схемы распределения семян по засеваемой поверхности. По результатам исследования сделаны следующие выводы: 1. Вероятность распределения  $P$  может служить интегральным критерием качества распределения семян по площади. Наилучшим распределением

семян с точки зрения продуктивности является размещение их в углах шестигранника. 2. Подпочвенно-разбросной посев по сравнению с широкорядным по фрезерной обработке почвы даёт прибавку урожая до 30%, при этом наибольшая урожайность семян козлятника восточного во второй год жизни составила 5,63 ц/га.

**Keywords:** seed distribution, spacing geometry, feeding area, plant positions, plant capacity, production process.

Even areal seed distribution creates better conditions for plant development and increasing yields. The research goal is the improvement of grass seed growing efficiency. The following research objectives are involved: the substantiation of plant spacing scheme over the feeding area; and experimental verification of theoretical assumptions. When the quality of seed and plant distribution is evaluated, the common practice is to consider the distribution of spacing between plants in a row only without considering the spacing between the closest plants in adjacent rows. For most crop plants there is some minimal distance between them, and the plants cannot develop properly when spaced closer. In addition, there is some distance beyond which the plants do not adversely affect each other. At the same time, the total feeding area is an important feature of areal seed distribution. By taking the value of distribution probability in the optimal area as crop capacity, it is shown that the best seed distribution in terms of capacity is regular placement of seeds in the center of hexagonal cells. The whole field area is efficiently used with such distribution. This is indirectly confirmed by the results of a field trial with different sowing variants that simulated various areal seed distribution schemes. The following is concluded: 1) the distribution probability  $P$  may serve as an integral criterion of the quality of areal seed distribution. The best seed distribution in terms of crop capacity is seed placement in the corners of hexagons; 2) subsurface-broadcast sowing increases the yield by about 30% as compared to row sowing after rotary hoeing; the greatest seed yield of Eastern galega on the second summer made 0.563 t ha.

**Нестяк Вячеслав Степанович**, д.т.н., Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии, п. Краснообск, Новосибирская обл. E-mail: sibime@ngs.ru.

**Шевченко Анатолий Павлович**, к.т.н., доцент, директор, Тарский филиал, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Тара, Омская обл. E-mail: adm\_tfomgau@mail.ru.

**Nestyak Vyacheslav Stepanovich**, Dr. Tech. Sci., Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Farming Industry, Rus. Acad. of Agr. Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region. E-mail: sibime@ngs.ru.

**Shevchenko Anatoliy Pavlovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Director, Tara Branch, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. E-mail: adm\_tfomgau@mail.ru.

**Введение**

Равномерное распределение семян по площади создает предпосылки для улучшения условий развития растений и повышения урожайности. При оценке качества распределения семян и растений, как правило, учитывается лишь распределение расстояний между растениями в рядке и не фиксируются расстояния между ближайшими растениями в смежных рядках. Очевидно, что оценка распределения растений по площади более объективна, чем распределение растений в рядке [1-7]. Продуктивность растений по биомассе, массе семян зависит, кроме всего прочего, от геометрии размещения растений по площади посева. При этом важной характеристикой распределения семян является суммарная площадь питания.

**Цель исследования** – повышение эффективности семеноводства трав.

**Задачи исследования:**

- обосновать схему размещения растений по площади питания;
- проверить экспериментально теоретические предпосылки.

**Результаты и их обсуждение**

Теоретическая часть.

Пусть все растения, произрастающие на некоторой плоской области, пронумерованы с помощью целых чисел  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Распределение растений характеризуется координатами расположения растений на

плоскости:  $\bar{P}^i = (P_x^i, P_y^i) \cdot \prod_{i=1}^N$  – координаты растений.

Для большинства культурных растений существует некоторое минимальное расстояние, ближе которого эти растения не могут развиваться. Обозначим это расстояние через  $R_{min}$ . Кроме этого существует некоторое расстояние  $R_{max}$ , за пределами которого растения не влияют отрицательно друг на друга.

Под площадью питания отдельного  $i$ -го растения будем понимать площадь круга радиуса  $R_{max}$  за вычетом половин площадей общих сегментов (рис. 1).

Для нахождения площади питания  $i$ -го растения нужно перебрать все соседние растения, расстояние до которых от этого рас-

тения меньше чем  $2 \cdot R_{max}$ , и вычислить площади общих сегментов.

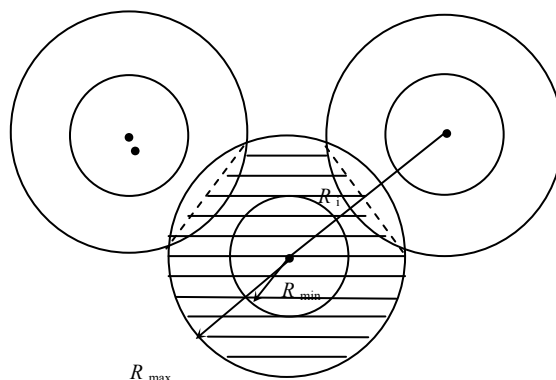


Рис. 1. Схема площади питания растения

В случае, когда для  $i$ -го растения имеется одно такое пересечение, расстояние до соседнего растения равно  $R_i$ , площадь питания выразится следующим образом:

$$S_i = \begin{cases} 0, & R_i \leq 2R_{min}, \\ R_{max}^2 \cdot \left( \pi - \arcsin \frac{R_{max}}{\sqrt{R_{max}^2 - R_i^2 / 4}} \right) + \\ \pi R_{max}^2, & R_i \geq 2R_{max}. \end{cases} \quad (1)$$

$$+ \frac{R_{max}}{2} \cdot \sqrt{R_{max}^2 - R_i^2 / 4}, \quad 2R_{min} < R_i < 2R_{max},$$

Определим величину

$$P = \left( \sum_{i=1}^N S_i \right) / S, \quad (2)$$

где  $S$  – общая площадь, а  $P \leq 1$ .

При этом  $P$  может служить интегральным критерием качества распределения семян. Так, из двух распределений именно распределение с большим показателем  $P$  обеспечивает лучшие условия для развития растений, более полно удовлетворяя их потребность в солнечном свете и площади питания корневой системы.

Принимая величину  $P$  за продуктивность посева, убеждаемся, что наилучшим распределением семян с точки зрения продуктивно-

сти будет регулярное размещение в центре шестигранных ячеек (рис. 2). Для этого распределения  $P = 1$ , т.е. используется продуктивно вся площадь поля.

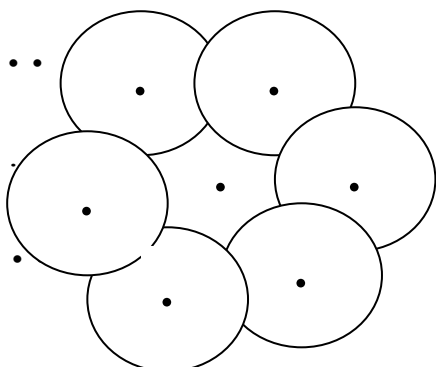


Рис. 2. Схема рационального распределения семян

**Экспериментальная часть.  
Методика эксперимента**

Опыты по оценке разных способов посева при возделывании многолетних бобовых трав (на семена) проводились на полях отдела северного земледелия СибНИИСХа по различным вариантам посева, имитирующим различные схемы распределения семян по засеваемой поверхности.

Почвы опытных участков были представлены серыми лесными: содержание гумуса в почвенном горизонте – 3,5-4,0%, объёмная масса почвы в слое 0,5 м – 1,55-1,70 г/см<sup>3</sup>, уровень грунтовых вод – 3,5-3,8 м. Сорты козлятника восточного – Горноалтайский 87, норма высева – 1 млн зерен на 1 га.

Для эксперимента были выбраны различные фоны основной обработки почвы:

– осенняя вспашка с оборотом пласта на глубину 25-30 см; весной – боронование, культивация и прикатывание до и после посева;

– весеннее фрезерование почвы и прикатывание до и после посева.

Равномерность распределения растений по площади питания в эксперименте оценивалась комплексом показателей, в качестве которых были приняты:

$X$  – среднее число растений в 10 см<sup>2</sup>, шт.;

$P_1$  – ошибка средней выборки, шт.;

$P_2$  – относительная ошибка средней выборки, %;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение, шт.;

$V$  – коэффициент вариации, %.

Результаты полевого эксперимента, в подтверждение теоретических утверждений, приведены ниже (табл.).

Эксперимент показал, что самая высокая урожайность семян козлятника восточного во

второй год жизни получена при подпочвенно-разбросном посеве по фону фрезерной обработки и составила 5,63 ц/га. Из приведенных данных следует, что применение подпочвенно-разбросного посева (распределение семян по засеваемой поверхности) на различных фонах обработки почвы по сравнению с широкорядным способом (распределение семян по ширине рядка) способствовало повышению урожайности семян козлятника восточного, что подтверждают теоретические послышки.

Таблица  
**Показатели равномерности распределения растений по площади питания**

Способ посева (обработка почвы)	$X$ , шт.	$P_1$ , шт.	$P_2$ , %	$\sigma$ , шт.	$V$ , %	Урожайность, ц/га
Подпочвенно-разбросной (фрезерная)	1,4	0,035	2,52	0,7	51	5,63
Широкорядный (фрезерная)	2,4	0,085	3,57	1,3	71	3,92
Подпочвенно-разбросной (плужная вспашка)	1,5	0,040	2,66	0,8	53	4,97
Широкорядный (плужная вспашка)	2,7	0,096	3,60	1,9	72	3,89

**Выводы**

1. Вероятность распределения  $P$  может служить интегральным критерием качества распределения семян по площади. Наилучшим распределением семян с точки зрения продуктивности является размещение их в углах шестигранника.

2. Подпочвенно-разбросной посев по сравнению с широкорядным по фрезерной обработке почвы даёт прибавку урожая до 30%, при этом наибольшая урожайность семян козлятника восточного во второй год жизни составила 5,63 ц/га.

**Библиографический список**

1. Шевченко А.П., Домрачев В.А. Повышение эффективности функционирования посевных машин путем оптимизации конструктивных параметров рабочих органов: монография. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2005. – 120 с.

2. Шевченко А.П. Изучение равномерности распределения растений по площади // Ретроспектива и современное состояние аграрной науки в северном регионе Омской области: науч. сб. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2003. – Вып. 1. – С. 97-102.

3. Нестяк В.С., Шевченко А.П. Обработка почвы и посев в производственном процессе многолетних трав // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2013. – С. 316-319.

4. Нестяк В.С., Косьяненко В.П., Мьяленко В.В. Обоснование конструктивно-технологических параметров устройства для полосно-разбросного способа посева семян трав // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 9. – С. 80-86.

5. Докин Б.Д. Обоснование технологической и технической политики при модернизации растениеводства Сибири // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: РИО АГАУ, 2013. – Кн. 3. – С. 3-5.

6. Zannone L., Rotili P., Paoletti R., Scotti C., Experimental studies of grass-legume associations // Agronomie. – 1986. – Vol. 6 (10). – P. 931-940.

7. Научные проблемы Сибирского кормопроизводства: (технологические и селекционные достижения): сб. науч. тр. / редкол.: А.А. Лях, В.А. Беиц, А.Ф. Корзухина и др.; РАХСН, Сиб. отд-ние. Сиб. НИИ кормов. – Новосибирск, 1999. – 204 с.

#### References

1. Shevchenko A.P., Domrachev V.A. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya posevnykh mashin putem optimizatsii konstruktivnykh parametrov rabochikh organov: monografiya. – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2005. – 120 s.

2. Shevchenko A.P. Izuchenie ravnomernosti raspredeleniya rastenii po ploshchadi // Retrospektiva i sovremennoe sostoyanie agrarnoi

nauki v severnom regione Omskoi oblasti: nauch. sb. – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2003. – Vyp. 1. – S. 97-102.

3. Nestyak V.S., Shevchenko A.P. Obrabotka pochvy i posev v produktsionnom protsesse mnogoletnikh trav // Aktual'nye problemy sel'skogo khozyaistva gornykh territorii: mater. IV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Gorno-Altaysk: RIO GAGU, 2013. – S. 316-319.

4. Nestyak V.S., Kos'yanenko V.P., Myalenko V.V. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov ustroystva dlya polosno-razbrosnogo sposoba poseva semyan trav // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. – 2010. – № 9. – С. 80-86.

5. Dokin B.D. Obosnovanie tekhnologicheskoi i tekhnicheskoi politiki pri modernizatsii rasteniyevodstva Sibiri / Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu: sbor. statei // VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Barnaul: RIO AGAU, 2013. – Кн. 3. – С. 3-5.

6. Zannone L., Rotili P., Paoletti R., Scotti C., Experimental studies of grass-legume associations // Agronomie. – 1986. – Vol. 6 (10). – P. 931-940.

7. Nauchnye problemy Sibirskogo kormoproizvodstva: (tekhnologicheskie i selektsionnye dostizheniya). Sb. nauch. tr. / Redkol.: A.A. Lyakh, V.A. Beits, A.F. Korzukhina i dr.; RAKhSN, Sib. otd-nie. Sib. NII kormov. – Novosibirsk, 1999. – 204 s.

