

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТЕНИЙ ВДОЛЬ РЯДКА

Ким Рубенович Казаров, доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин
Виталий Александрович Черников, кандидат технических наук,
доцент кафедры электротехники и автоматики

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Цель исследования – определение качественных и количественных показателей процесса формирования густоты насаждения при посеве семян. Объект исследования – математическая модель преобразования потока семян в поток растений пропашных культур. Методы исследования – имитационное моделирование и математическая статистика. Оценка распределения растений вдоль ряда решается имитационным моделированием, основанным на использовании набора статистических, математических, логических и других видов алгоритмов, которые затем реализуют ситуацию, возникающую в реальной системе. Разработана имитационная модель для ЭВМ, устанавливающая взаимосвязь между точностью высева семян высевающим аппаратом и распределением семян по дну борозды, распределением растений вдоль борозды и появлением всходов с учетом полевой всхожести семян. Модель позволяет исследовать преобразование потока семян пропашных культур при посеве в поток растений в процессе развития. С ее помощью можно оценить влияние качественных показателей посева на полевую всхожесть, густоту насаждения, получить числовые характеристики распределения всходов. На основе имитационного моделирования получена взаимосвязь числовых характеристик интервального распределения семян сахарной свеклы в борозде и числовых характеристик распределения всходов. Уточнены значения качественных характеристик посева. В качестве оценочных показателей использованы среднеквадратическое отклонение интервалов между семенами и коэффициент вариации между всходами. Установлено, что при постоянном значении среднего интервала между семенами с увеличением среднеквадратического отклонения этих интервалов точность распределения интервалов между всходами уменьшается при всех значениях полевой всхожести. С увеличением нормы высева среднеквадратическое отклонение интервалов между всходами уменьшается. Полевая всхожесть оказывает большее влияние на среднеквадратическое отклонение интервалов размещения растений вдоль ряда, чем точность раскладки семян. Снижение полевой всхожести не может быть компенсировано увеличением нормы высева. В результате исследования модели формирования густоты насаждения выявлено, что значение полевой всхожести семян пропашных культур должно быть не менее 60%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пропашные культуры, посев семян, точность распределения семян в борозде и всходов, полевая всхожесть, густота насаждения, коэффициент вариации интервалов, среднеквадратическое отклонение.

The objective of this study was to define the qualitative and quantitative parameters of the process of crop density formation when sowing seeds. The object of research was a mathematical model of conversion of the stream of seeds into the stream of arable crop plants. Research methods included simulation and mathematical statistics. The assessment of plant distribution along the row is performed by simulation based on the use of a set of statistical, mathematical, logical, and other algorithms, which are then implementing the situation that occurs in the real system. The authors developed a simulation model for PC establishing the relationship between sowing precision of a seeding apparatus and the distribution of seeds on the bottom of the furrow, plant distribution along the furrow and germination with the account of field germination of seeds. The model allows studying the conversion of the stream of arable crop seeds at sowing into the stream of plants in the process of development. It can be used to evaluate the influence of qualitative parameters of sowing on field germination and planting density and to obtain numerical characteristics of sprout distribution. On the basis of simulation the authors obtained a relationship between numerical characteristics of interval distribution of sugar beet seeds in the furrow and numerical characteristics of distribution of sprouts. The authors have specified the values of qualitative characteristics of crops. Standard deviation of intervals between seeds and coefficient of variation between sprouts were used as performance indicators. It was established that at a constant average interval between seeds and increasing standard deviation of these intervals the accuracy of interval distribution between sprouts decreases at all values of field germination. With the increase in seeding rate the standard deviation of intervals between sprouts decreases. Field germination has a greater influence on standard deviation of intervals of plant placement along the row than the accuracy of seeding. A decrease in field germination cannot be compensated for by increasing the seeding rate. The study of the model of plant density formation revealed that the value of field germination of arable crop seeds must be at least 60%.

KEY WORDS: arable crops, sowing of seeds, accuracy of seed distribution in a furrow and sprout distribution, field germination, planting density, coefficient of variation of intervals, standard deviation.

Введение. При посеве сахарной свеклы и других пропашных культур важно проанализировать возможность достижения определенной точности в размещении растений. Критерием качества посева в известной мере может служить степень приближения среднеквадратического отклонения всходов к идеальному случаю, за который следует принимать $\sigma_c = 0$.

Цель исследования – определение качественных и количественных показателей процесса формирования густоты насаждения при посеве семян.

Объект исследования – математическая модель преобразования потока семян в поток растений пропашных культур.

Оценка качественных показателей формирования густоты насаждения при посеве семян проводилась по величине изменения числовых характеристик и вероятностных показателей интервального распределения с помощью имитационного моделирования с использованием программы «Свёкла» [4, 7].

В процессе исследования определялись количественные и качественные показатели интервального распределения по всем стадиям формирования густоты насаждения:

- математическое ожидание;
- среднеквадратическое отклонение;
- коэффициент вариации интервалов между семенами и растениями.

Для исследования качественных и количественных показателей формирования густоты насаждения при посеве семян исходные числовые показатели распределения семян принимались следующими:

- интервалы между семенами $m = 10,0; 11,1; 12,5; 14,3; 16,7; 20,0$ и $25,0$ см (с густотой насаждения соответственно 10, 9, 8, 7, 6, 5 и 4 шт./м);
- коэффициент вариации интервалов между семенами $V_c = \lambda_0 = 0,25; 0,50; 0,75$ и $1,00$;
- полевая всхожесть семян $P_c = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ и $1,0$.

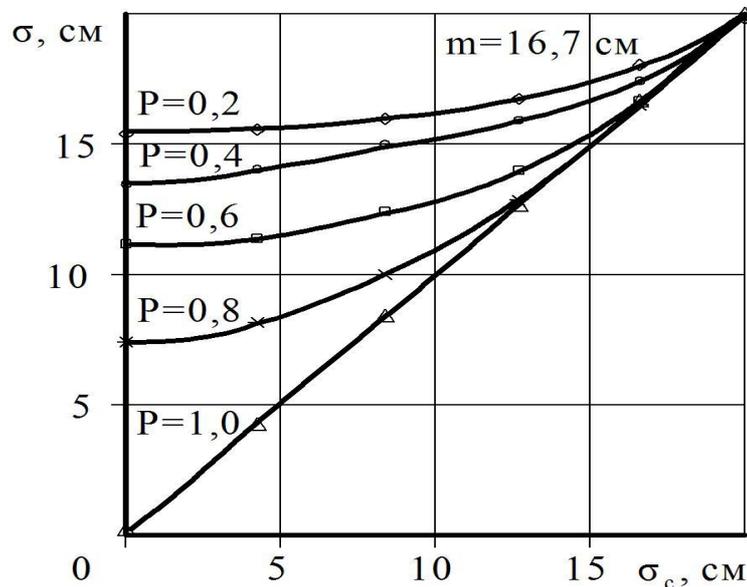


Рис. 1. Взаимосвязь среднеквадратического отклонения интервалов между всходами σ и семенами σ_c при различной полевой всхожести семян P

Если принять средний интервал между семенами $m_0 = 16,67$ см постоянным (рис. 1), то при увеличении среднеквадратического отклонения интервалов между семенами точность распределения интервалов между всходами уменьшается независимо от полевой всхожести [1, 3, 7]. В то же время чем больше полевая всхожесть семян, тем большее влияние она ока-

зывает на точность распределения всходов. Более всего это проявляется при точном распределении интервалов между семенами. Из графика видно, что наиболее целесообразным является увеличение полевой всхожести семян от 0,6 и более. Аналогичные результаты получены для распределения всходов со средними интервалами $m = 14,3$ и $20,0$ см.

Анализируя зависимость среднеквадратического отклонения от густоты насаждения (рис. 2) при различной полевой всхожести семян, можно отметить, что с увеличением нормы высева (с уменьшением математического ожидания интервалов между семенами) среднеквадратическое отклонение интервалов между всходами при любой полевой всхожести уменьшается [7]. Причем чем больше коэффициент вариации интервалов между семенами и среднее математическое ожидание интервалов между семенами, тем больше увеличение среднеквадратического отклонения между всходами.

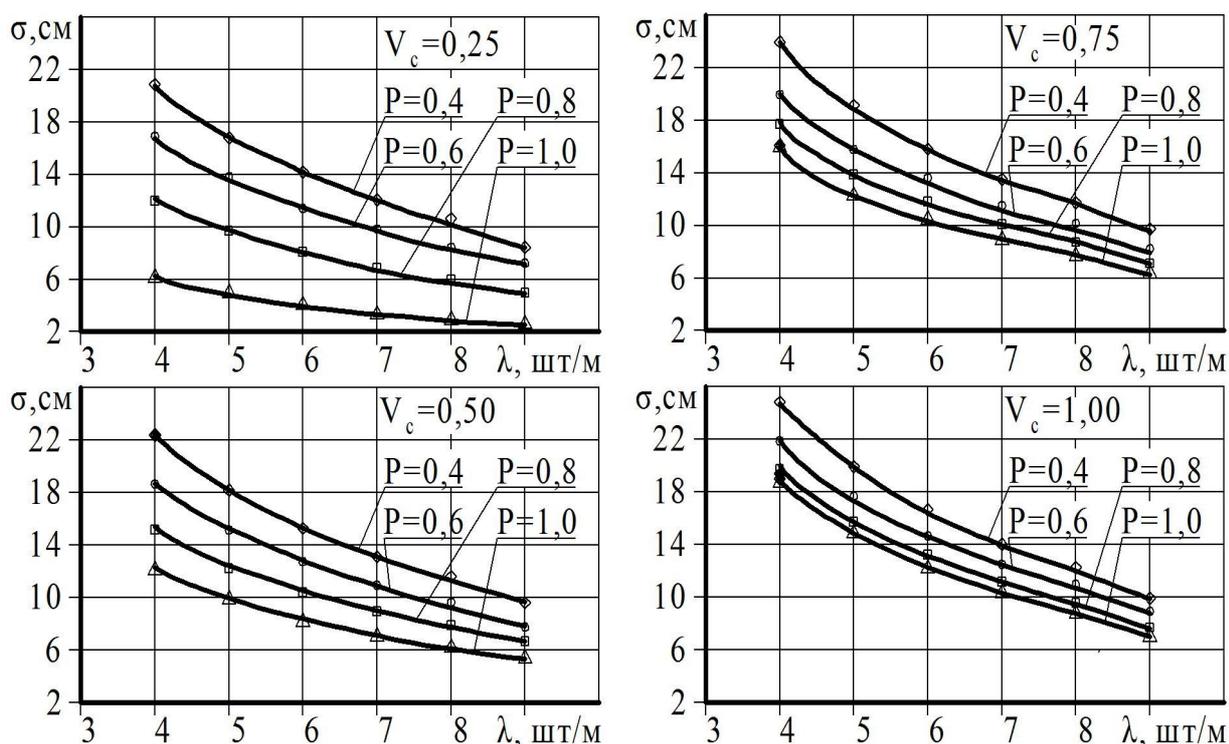


Рис. 2. Влияние густоты насаждения между семенами в борозде λ на среднеквадратическое отклонение интервалов между всходами σ при различной полевой всхожести семян P и коэффициенте вариации интервалов между семенами V_c

Полевая всхожесть оказывает существенное влияние на точность распределения всходов. С увеличением полевой всхожести семян точность распределения всходов при всех значениях коэффициента вариации увеличивается. Однако при увеличении коэффициента вариации интервалов между семенами более 0,75 полевая всхожесть не оказывает существенного влияния на точность распределения всходов [2, 5]. Так, например, при коэффициенте вариации интервалов между всходами $V_c = 0,25$ с увеличением полевой всхожести семян среднеквадратическое отклонение пропорционально уменьшается, тогда как при $V_c = 1,0$ меньше подвержено изменению, а с увеличением полевой всхожести $P > 0,8$ для всех значений интервалов между семенами фактически остается без изменения.

Из данных, приведенных на рисунке 3, следует, что при абсолютно точном распределении интервалов между семенами ($V_c = 0$) с увеличением полевой всхожести семян среднеквадратическое отклонение интервалов между всходами уменьшается при всех значениях среднего интервала между семенами [2]. Причем интенсивность снижения средне-

квадратического отклонения зависит от среднего интервала между семенами. Чем больше интервалы между семенами, тем интенсивнее снижение среднеквадратического отклонения. Особенно это проявляется при увеличении полевой всхожести семян более 70%. Разумеется, что при абсолютной полевой всхожести семян среднеквадратическое отклонение интервалов между всходами $\sigma = 0$.

С увеличением коэффициента вариации интервалов между семенами среднеквадратическое отклонение увеличивается. Однако интенсивность его замедляется. Если значение полевой всхожести семян не превышает 40%, то при уменьшении точности интервального распределения семян ($V_c = 1$) среднеквадратическое отклонение интервалов между всходами практически равно математическому ожиданию ($\sigma = m$) для всех рассмотренных значений математического ожидания.

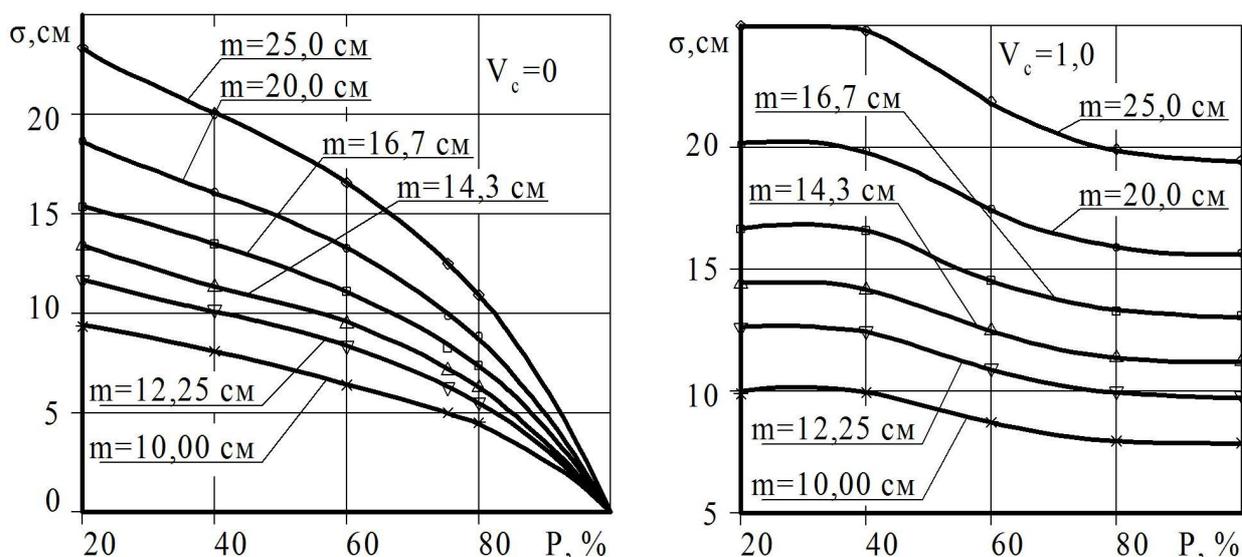


Рис. 3. Зависимость среднеквадратического отклонения интервалов между всходами от полевой всхожести семян при различном математическом ожидании интервалов между семенами и точном их размещении

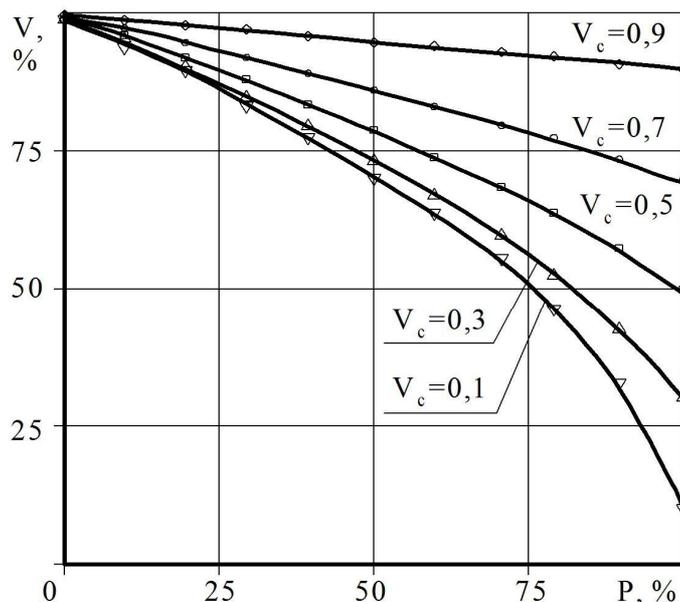


Рис. 4. Зависимость коэффициента вариации интервалов между всходами V от полевой всхожести семян P при различной точности распределения интервалов между семенами V_c

При увеличении полевой всхожести семян до $P = 0,8$ среднеквадратическое отклонение уменьшается приблизительно на 2...5%, а при дальнейшем увеличении полевой всхожести семян среднеквадратическое отклонение уменьшается не более чем на 1%. В целом можно отметить, что полевая всхожесть семян оказывает существенное влияние на точность распределения интервалов между всходами при изменении $P = 40-80\%$. Иначе говоря, если считать среднеквадратическое отклонение интервалов мерой точности размещения растений вдоль рядка, то она в большей мере зависит от полевой всхожести, чем от точности раскладки семян. Именно поэтому при невысокой полевой всхожести семян нельзя оценивать работу сеялки по статистическим показателям распределения всходов [5].

На рисунке 4 приведены зависимости коэффициента вариации интервалов между всходами от полевой всхожести семян при различном коэффициенте вариации интервалов между семенами [6].

Выводы

Анализ приведенных данных показывает, что с увеличением полевой всхожести семян точность распределения как интервалов между семенами в борозде, так и всходов увеличивается.

Изменение числовых характеристик и вероятностных показателей всходов в зависимости от таких же показателей семян при различной полевой всхожести семян показывает, что снижение полевой всхожести не может быть компенсировано увеличением нормы высева семян.

Список литературы

1. Василенко В.В. Распределение семян и растений сахарной свеклы при пунктирном высеве / В.В. Василенко, С.В. Василенко // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 1. – С. 6–9.
2. Казаров К.Р. Важный фактор повышения полевой всхожести / К.Р. Казаров, И.К. Лукина, В.А. Черников // Сахарная свекла. – 2002. – № 2. – С. 13–14.
3. Казаров К.Р. Математический метод оценки точности распределения растений сахарной свеклы в рядке / К.Р. Казаров [и др.] // Теория, постановка и результаты агроинженерного эксперимента : сб. науч. тр. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 1999. – С. 84–89.
4. Казаров К.Р. Обоснование технологии формирования густоты насаждения сахарной свеклы с использованием ЭВМ / К.Р. Казаров, С.Н. Пиляев // Инженерное обеспечение качества и надежности технологических процессов в растениеводстве : сб. науч. тр. – Воронеж : СХИ, 1989. – С. 85–90.
5. Казаров К.Р. Оценка числовых характеристик преобразования потока семян в поток растений / К.Р. Казаров, В.А. Черников // XIV международная науч.-практ. конф. «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке». – Москва, 2015. – № 2 (14). – С. 27–31.
6. Казаров К.Р. Полевая всхожесть семян и урожайность / К.Р. Казаров, И.К. Лукина, А.А. Одиноких // Сахарная свекла. – 2001. – № 4. – С. 6.
7. Казаров К.Р. Совершенствование теории и методов точного размещения растений сахарной свеклы вдоль рядка : монография / К.Р. Казаров. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 1998. – 120 с.