

УДК 631.331.5.001.2.

Г.А. Жидков, канд. техн. наук

Северо-Кавказская МИС

*П.В. Лаврухин, канд. техн. наук**П.А. Иванов*

Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия

ОЦЕНКА И СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОСЕВА ПРИ ОДНОЗЕРНОВОМ ВЫСЕВЕ

Построение современных технологий растениеводческой отрасли и дальнейшее развитие конструкций машин, применяемых в рамках этих технологий, напрямую зависят от способа оценки результатов работы применяемых машин. С помощью таких оценок строится суждение о достоинствах и недостатках машин, об их влиянии на результативность технологий, перспективность дальнейшего направления развития техники, технологий или их отдельных элементов. Одно из центральных мест в формировании продуктивности растениеводческой технологии занимает операция высева семян, во время выполнения которой создается конструкция посева, определяющая во многом доступность растениям элементов минерального питания, фотосинтетически активной радиации и распределение между растениями имеющихся запасов влаги.

Одним из наиболее существенных моментов в исследовании рабочих процессов однозернового высева как наиболее распространенного при возделывании пропашных культур и испытании пропашных сеялок является получение характеристик работы отдельных высевальных устройств, обеспечение возможности сравнения, повторения и анализа качественных показателей их работы. Без выполнения данных условий установление причинно-следственных связей в процессах формирования итоговых показателей качества в значительной мере затруднено.

Проверка качества выполнения технологического процесса однозернового дозирования высевальными аппаратами сеялок регламентированы методиками по ГОСТ 31345–2007. По ним производится определение величин интервалов между семенами в лабораторных условиях на стендовом оборудовании или между растениями в полевых условиях. Далее определяют средний интервал, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, долю интервалов. Равномерность распределения семян сравнивают с показателем, предусмотренным техническим заданием на машину. Определение нормы высева регламентировано весовым методом.

При однозерновом высеве семена должны подаваться в борозду поштучно (однозерновые подачи), но в силу ряда причин могут быть реализова-

ны нулевые, двойные, тройные и другие подачи, которые являются нарушениями процесса дозирования, т. е. грубыми ошибками. Причины возникновения их являются частью объекта исследований однозернового дозирования, и изучение этих причин занимает особое место в научных работах. Грубые ошибки из опытных данных должны быть выделены, а причины их происхождения должны анализироваться отдельно. Но выделение грубых ошибок требует применения критерия, позволяющего различить «правильные» реализации процесса от ошибочных. Недостатком ГОСТ является то, что критерии, по которым можно выделить грубые ошибки опыта, отсутствуют. Тогда в вариационный ряд необходимо включать все без исключения интервалы между растениями, в том числе происхождение которых не имеет ничего общего с качеством работы дозирующих систем. Так, вариационный ряд интервалов, полученный при высева семян в порядке 2, 0, 2, 0... или 3, 0, 0, 3, 0, 0, будет иметь среднее значение подач (среднее арифметическое), равное 1, в то же время все подачи (нулевые, двойные, тройные) будут являться грубыми ошибками реализации процесса. Представленный случай распределения семян является только примером, но и демонстрирует необходимость выявления возникающих грубых ошибок для дальнейшего анализа работы сеялки.

Для оценки отклонений величин интервалов используется такая мера изменчивости, как среднее квадратическое из отклонений величин интервалов. Однако среднее квадратическое обладает существенными недостатками, не позволяющими однозначно оценить работу посевной машины.

Во-первых, среднее квадратическое отклонение подчинено свойству мажорантности [1], а следовательно, как степенная средняя второго порядка искажает величину реального отклонения, измеряемого величиной первого порядка.

Во-вторых, возникающее искажение зависит от величин отклонений.

В-третьих, в каждом конкретном случае искажение будет принимать некоторые частные значения, прогнозировать и учитывать которые невозможно.

В формировании интервалов участвует ряд факторов, каждый из которых влияет на отклонение от их среднего арифметического значения $\bar{x}$. При неизменности условий работы и сохранении настроек машины, но при изменении физико-механических свойств высеваемых семян рассеяние величин интервалов будет изменяться. Например, в прежних почвенных условиях стали высеваться семена другой культуры, схожие по размеру и не потребовавшие изменения настроек сеялки. Такая ситуация может быть получена при высевах семян одной культуры, одной фракции и при прочих равных условиях, но обработанных разными пестицидами. В этом случае семена будут иметь разные коэффициенты трения о рабочие поверхности дозирующих аппаратов. Тогда изменение величины отклонения от среднего при этом составит некоторое число $\pm c$. Неизменность регулировок и условий работы машины позволяют сделать допущение о том, что величины средних арифметических интервалов между семенами будут приблизительно равны между собой ($\bar{x}_1 \approx \bar{x}_2$). Справедливо будет заметить, что новый вариационный ряд можно будет представить в виде $x_i + c$, $x_{2i+1} - c$. В свою очередь отклонения от среднего значения интервалов $x_i - \bar{x}$ будут получены как $a_i + c$, $a_{2i+1} - c$.

Согласно свойствам среднего арифметического сумма отклонений от среднего $\sum a_i \approx 0$, но тогда и сумма отклонений второго вариационного ряда $\sum (a_i + c) + \sum (a_{2i+1} - c) \approx 0$.

Среднее квадратическое отклонение интервалов в первом случае будет выражаться так:

$$\sigma_{x1} = \sqrt{\frac{\sum a_i^2}{N}}, \quad (1)$$

во втором случае

$$\sigma_{x2} = \sqrt{\frac{\sum (a_i + c)^2 + \sum (a_{2i+1} - c)^2}{N}}. \quad (2)$$

Таким образом, получены разные величины среднего квадратического отклонения, причем их отличия не будут пропорциональны линейной величине изменения отклонения, поэтому каждый случай высева семян в условиях, когда возникают хотя бы некоторые отличия в организации процесса, следует считать частным случаем. Значение средних квадратических отклонений будут отличаться, и, строго говоря, сравнение таких величин не будет корректным.

В статистическом анализе при сопоставлении степени рассеяния различных признаков наиболее употребительным является процентное отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, называемое коэффициентом вариации:

$$V = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}. \quad (3)$$

При изменении нормы высева, почвенных условий работы сеялки, состояния механизма привода или других факторов, влияющих на величины получаемых интервалов, данный относительный показатель будет принимать частные значения. Эти значения в большей степени будут отражать конкретные условия работы посевной машины, ее настройки, техническое состояние и в меньшей степени отклонение положения семени от изначально заданного.

Таким образом, сравнение любых характеристик процессов высева пропашными сеялками различных конструкций в отличающихся почвенных условиях при высевах семян различных культур методами ГОСТ в значительной степени ограничено. Формирование мнения о работе машины или дозирующей системы будет в большей степени зависеть от субъективного мнения и добросовестности персонала, производящего оценку, нежели от объективных показателей.

Оценки работы пропашных сеялок должны претерпеть изменения, направленные на обеспечение сравнимости результатов опыта вне зависимости от условий работы посевной машины и исключения искажения сравниваемых результатов.

Взгляд авторов на качество посева основан на методическом подходе к описанию распределения семян по площади поля с помощью матричных моделей числовых полей и взаимного расположения семян в пределах рассматриваемой площади поля [2]. Сравнение качества однозернового дозирования должно проводиться по показателям вариации, выражающимися величинами статистической размерности первого порядка и исключающими влияние грубых ошибок на конечный результат.

Соотношение количества грубых ошибок (пропусков подач требуемого числа семян или кратные подачи) к общему числу подач характеризует устойчивость протекания технологического процесса однозернового дозирования семян. Тогда авторы считают целесообразным к понятию устойчивости протекания процесса однозернового дозирования семян применить термин «*добротность высева*». Для задач испытаний с целью обеспечения объективности оценки и сравнения работы дозирующих систем такая категория представляется авторам весьма ценной самостоятельной характеристикой.

С помощью величины заданного при настройке машины на высев интервала «*i*» создается фильтр для выделения грубых ошибок:

$$0,5i < i_n < 1,5i, \quad (4)$$

где i_n — n -е значение измеренного интервала.

Если в процессе высева была реализована подача двух семян одновременно, то интервал между семенами будет менее половины заданного, и если была реализована нулевая подача, то интервал ме-

жду соседними семенами будет превышать полтора заданных интервала. Количество ошибок высева и количество «правильных» интервалов учитывается отдельно, ошибки из дальнейших расчетов исключаются. Далее пользуются только «правильными» интервалами.

После выделения добротности высева в отдельную категорию считают необходимым вынести на рассмотрение сам смысл понятия «*точности высева*». При установке нормы высева программируется вполне определенное взаимное размещение семян относительно друг друга, тем самым задаются «теоретические», предполагаемые, места расположения семян в ряду. Итоговое расположение семян в ряду будет отличаться от предполагаемого ввиду многофакторности процесса. Собственно задачей точного высева является сокращение разницы между предполагаемым и фактическим положением семени в ряду. Тогда точностью высева следует считать «попадание» семени в некоторую окрестность теоретической точки положения семени, а оценка точности есть мера вариации полученных отклонений при фактических положениях семян от этого теоретического положения.

Количественное определение меры рассеивания есть необходимый этап в переходе от описательных характеристик к решению аналитических задач, связанных с причинностью наблюдаемого признака. Сравнение качества дозирования должно проводиться по показателям вариации, не искажающим масштаба отклонения признака, т. е. выражающимися величинами статистической размерности первого порядка. Таковыми показателями являются среднее арифметическое, среднее абсолютное отклонения, размах вариации.

Определяющее свойство средней арифметической состоит в том, что при осреднении остается неизменным общий объем суммы значений признака. Поскольку средняя арифметическая вычисляется как отношение суммы значений $x_1, x_2, \dots, x_n$ к общей численности, то она никогда не выходит за пределы этих значений и лежит между минимальными и максимальными из значений x_i , т. е. является внутренней средней, обладает свойствами монотонности и ассоциативности, позволяющими сравнивать изменения, вносимые в числовой ряд признака варьирования. Таким образом, применение средней арифметической не противоречит соблюдению условий отсутствия искажений масштаба признака варьирования.

Средним абсолютным отклонением, или средним линейным отклонением называют среднюю арифметическую абсолютных значений отклонений x_i от $\bar{x}$:

$$\Theta = \frac{\sum |x_i - \bar{x}| n_i}{N}. \quad (5)$$

Мера основана на учете всех возможных отклонений x_i от $\bar{x}$, однако этот показатель имеет существенный недостаток. Отбрасывание алгебраических знаков отклонений приводит к тому, что получаемая оценка смещается в сторону положительных значений отклонений и не дает характеристики рассеяния признака в среднем.

Для преодоления этого недостатка можно предложить использовать приемы, состоящие в следующем. Для оценки точности, не требующей дальнейшего анализа полученного распределения, значению Θ присваивать знак « $\pm$ », как это предлагалось авторами ранее [3]. В этом случае считают, что отклонения признака симметричны относительно $\bar{x}$ и закономерности формирования этих отклонений равносильны.

Получим выражение

$$\Theta = \pm \frac{\sum |x_i - \bar{x}| n_i}{N}. \quad (6)$$

При более строгом подходе к вопросу формирования массива данных можно заметить, что отклонения со знаком « $-$ » и со знаком « $+$ » могут формироваться под воздействием различающихся вероятностных факторов. Тогда для анализа и описания этих процессов может потребоваться более детальное изучение законов распределения величин интервалов. Будет целесообразно из всех значений отклонений от среднего арифметического сформировать два массива данных, различающихся по признаку полученного знака — из отклонений с отрицательным знаком, располагающихся на числовой оси слева от $\bar{x}$, и из отклонений с положительным знаком, располагающихся справа от $\bar{x}$.

Применение для анализа размаха вариации едва ли позволит получить информацию о процессах размещения семян, пригодную для сравнения. Эта мера изменчивости признака варьирования основана лишь на двух крайних его значениях и совершенно не отражает характера изменчивости внутренних значений. Следовательно, форма распределения не получает своей характеристики рассеивания, случайное резкое изменение одного единственного значения признака может оказать очень сильное влияние на величину размаха вариации.

Для оценки качества работы высевающих аппаратов пропашных сеялок на Северо-Кавказской МИС была внедрена методика, позволяющая оценить отклонение положения семени от задаваемого при настройке привода высевающих аппаратов на норму высева и учитывающая количество пропусков подач семян (двойные и более), т. е. количество грубых нарушений высева. Результаты представлены в таблице.

Полученные данные показывают, что сеялка СПБ-8 имеет более низкие показатели добротности

сти высева за счет большего числа двойных подач. Добротность высева у принятых для сравнения машин невелика. Это говорит о низком качестве дозирования семян высевающими аппаратами сеялок во время посева.

Средняя погрешность положения семян (собственно точность высева) оценена как отклонение семени от его «теоретического» или задаваемого положения.

Таким образом, для сравнения точности работы посевных машин во избежание искажения получаемой информации следует применять:

- количество требуемых подач и их процентное отношение к общему числу подач (добротность высева);
- количество и содержание грубых ошибок при выполнении дозирования и их процентное отношение к общему числу подач;
- среднее арифметическое отклонение по выборке «правильных» интервалов (фактический интервал между семенами);
- среднее абсолютное отклонение, взятое со знаком «±» (точность высева);
- прием формирования массивов распределения отклонений от среднего арифметического справа и слева;

Точность высева семян в полевых экспериментах

Показатели	Сравниваемые машины	
	СПБ-8	СУПН-8
Общее число замеров интервалов	125	100
Число правильных интервалов (добротность высева)	62 (49,6 %)	61 (61,0 %)
Грубые ошибки высева:	63 (50,4 %)	39 (39,0 %)
пропуски	20 (15,9 %)	15 (15,0 %)
двойные и более подачи	43 (34,4 %)	24 (24,0 %)
Интервалы высева, см:		
заданный	34,5	35,7
фактический	38,1	39,6
Скольжение опорно-приводных колес, %	10,4	11,5
Средняя погрешность положения семян (точность высева), см	±11,4	±9,8

- в качестве наиболее общего случая — приемы обработки информации, сохраняющие размерность применяемых характеристик в первой степени.

Список литературы

1. Гатаулин, А.М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. Ч. 1 / А.М. Гатаулин. — М.: МСХА, 1992. — 160 с.
2. Лаврухин, П.В. Расширение понятия точности посева / П.В. Лаврухин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2002. — № 5. — С. 17–19.
3. Лаврухин, П.В. Оценка качества работы высевающих устройств пропашных сеялок / П.В. Лаврухин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2003. — № 6. — С. 9–10.

УДК 631.3: 534

П.А. Иванов, канд. с.-х. наук

Н.К. Комарова, доктор с.-х. наук

И.Д. Алямов, канд. с.-х. наук

Оренбургский государственный аграрный университет

АНАЛИЗ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В АСПЕКТЕ СЛУЧАЙНОГО И УСТАНОВИВШЕГОСЯ ХАРАКТЕРА ВНЕШНИХ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Проблема влияния внешней силы на улучшение тяговой динамики колесных тракторов является наиболее актуальной при моделировании конструктивно-режимных параметров МЭС. Основной целью изучения взаимодействия системы «машина—почва» является обеспечение надежных методов определения тягово-сцепных характеристик движителей различных форм, поскольку с.-х. трактор, прежде всего, машина тяговая. При этом наиболее значимым фактором повышения эффективности использова-

ния колесных тракторов является снижение уровня и интенсивности колебаний, вызванных работой с.-х. агрегата. Как показали исследования, колебания нагрузки на крюке трактора вызывают колебания почвозацепов, чем повышают буксование ведущих колес, но установленная взаимосвязь до конца не изучена. Поэтому влияние колебаний крюковой нагрузки на буксование движителей и объяснение этого явления вибрацией почвозацепов до настоящего времени рассматривалась как гипотеза [1].