

УДК 631.3:006.354

**МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИСПЫТАНИЙ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Лютый Алексей Владимирович

научный сотрудник

luty@inbox.ru

Марченко Вячеслав Олегович

ведущий инженер

gost302@yandex.ru

Подольская Елена Евгеньевна

научный сотрудник

gost302@yandex.ru

Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех»-КубНИИТиМ

г. Новокубанск, Россия

Аннотация. В статье приведены основные факторы, влияющие на равномерность разбрасывания; представлены методы обработки данных при определении неравномерности внесения минеральных удобрений.

Ключевые слова: минеральные удобрения, разбрасыватель, равномерность внесения, аппроксимация.

Внесение удобрений является одним из основных факторов интенсификации земледелия, так как без этого невозможно рационально вести сельское хозяйство. Применение удобрений позволяет оптимизировать питание растений, регулировать скорость и направленность ростовых процессов, величину и качество урожая, повышать устойчивость растений к неблагоприятным условиям, влиять на воспроизводство плодородия почвы.

Наиболее распространенная в России система внесения удобрений не всегда оправдывает ожидания, но применение дифференцированного подхода при внесении гранулированных удобрений обеспечивает сокращение затрат.

Одним из основных показателей качества выполнения технологического процесса разбрасывателями минеральных удобрений является неравномерность распределения удобрений по ширине внесения.

Агротехническими требованиями, действующими сегодня в России, неравномерность разбрасывания удобрений по ширине внесения установлена не более 25 % [1]. И следует заметить, что эти требования многие машины выполняют и перевыполняют. Однако, некоторые отечественные агрегаты, особенно прицепные, не удовлетворяют данным требованиям. Достаточно часто можно видеть темно-зеленые и светло-зеленые полосы на российских полях, указывающие на то, что минеральные удобрения были распределены неравномерно. Это объясняется, в основном, конструктивными недостатками машин. Неоптимизированная система распределения, применение материалов, подверженных коррозии (как следствие – невозможность точных регулировок), отсутствие настроечных таблиц – все это приводит к тому, что неравномерность в отдельных случаях достигает 50-ти и более процентов [2].

Исследования, проведенные фирмой BASF в 2004 году, показывают, что отклонения от нормы в 10% существенно не сказываются на урожайности. Дальнейшее увеличение отклонений в ту или иную сторону приводит к снижению урожайности и качества продукции.

Экономические потери от неравномерного внесения минеральных удобрений усугубляются и значительным ухудшением качества производимой

продукции. Так, например, в клубнях картофеля, при двадцатипятипроцентной неравномерности внесения азотных удобрений, содержание нитратов увеличивалось на 20%. При неравномерности в 50 % этот показатель оказался вдвое выше.

Современные разбрасыватели ведущих мировых производителей позволяют получить не более 15 % неравномерности, что соответствует европейской норме EN 13739. Причем навесные разбрасыватели работают более равномерно, в отличие от прицепных. Это объясняется тем, что система дозирования навесных разбрасывателей подает удобрения сверху через дозирующие окна самотеком, а у прицепных это происходит при помощи конвейеров.

Существенным фактором, влияющим на равномерность разбрасывания, является конструкция машины.

Немецким сельскохозяйственным обществом (DLG) и Исследовательским центром «Бигхольм» Датского института сельскохозяйственных наук (DIAS) были проведены испытания навесных разбрасывателей минеральных удобрений. Сравнивались разбрасыватели емкостью 1500 л и шириной захвата 24 м. В результате, сделаны следующие выводы:

1. Машины фирм Vogballe [3] и Rauch даже при настройке по таблицам дают хорошие результаты.
2. Гранулированные удобрения рассеиваются равномернее по отношению к кристаллическим, так как частицы более крупные [4].
3. Если удобрений нет в настроечных таблицах, получить хорошие результаты при настройке можно только после корректировок. Это следует учитывать при использовании отечественных удобрений, поскольку их гранулометрический состав отличается от зарубежных аналогов.

Второй фактор, влияющий на равномерность разбрасывания – высота положения разбрасывателя относительно поверхности поля. Табличные параметры настроек строго привязаны к этой величине. Отклонение в ту или

иную сторону приводит к изменению ширины захвата и, соответственно, равномерности.

Причин, по которым происходит изменение положения разбрасывателя по высоте, несколько:

- изменение положения навесного устройства трактора во время работы вследствие негерметичности гидросистемы. Это актуально как для навесных, так и для полуприцепных машин;

- вертикальные колебания трактора или прицепа на неровностях и при деформации шин.

Применение транспортных тележек для навесных разбрасывателей позволяет не только стабилизировать положение дисков по высоте, но и применять менее мощные тракторы с разбрасывателями большой грузоподъемности. Например, трактор МТЗ-80 с разбрасывателем грузоподъемностью более трех тонн.

Цель исследования – разработать метод обработки результатов исследований неравномерности внесения минеральных удобрений и программы для расчета.

Материалы и методы исследования. При определении неравномерности внесения минеральных удобрений в Российской Федерации используют методику, описанную в межгосударственном стандарте ГОСТ 28714-2007 «Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний» [5]:

После прохода машины удобрения с каждого контейнера последовательно взвешивают с погрешностью ± 20 мг. Данные обрабатывают статистическим методом в следующей последовательности:

1) вычисляют среднее значение массы удобрений в контейнере \bar{g}' , г, по формуле

$$\bar{g}' = \frac{\sum_{i=1}^{n'} \bar{g}_i}{n'}, \quad (1)$$

где \bar{g}_i – средняя масса удобрений в i -м контейнере, г;

n' – число контейнеров;

2) стандартное отклонение массы удобрений в контейнере σ , г, вычисляют по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'} (\Delta \bar{g}_i)^2}{n'-1}}, \quad (2)$$

где $\Delta \bar{g}_i$ – отклонение средней массы удобрения в i -м контейнере от среднего значения за опыт, г.

3) неравномерность распределения удобрений (коэффициент вариации) H_y , %, вычисляют по формуле

$$H_y = \frac{\sigma}{\bar{g}'} 10^2. \quad (3)$$

Для сопоставления данных испытаний по неравномерности распределения с требованиями ТЗ или ТУ и определения рабочей ширины внесения удобрений проводят перекрытие значений масс удобрений в контейнерах по ширине внесения удобрений и обработку данных до получения коэффициента вариации, близкого к заданной неравномерности. Пример обработки данных определения дозы внесения и неравномерности распределения удобрений по ширине внесения приведен в ГОСТ 28714 (раздел В.1, приложение В) [5].

Предлагаемый новый метод аппроксимации данных, при приведении в графический вид наглядно показывает качество разбрасывания и распределения минеральных удобрений.

В приведённых ниже графиках это хорошо видно.

Распределение массы разброса минеральных удобрений по ширине можно считать удовлетворяющим требованиям, если его вид соответствует графику представленному на рисунке 1



Рисунок 1 – График распределения массы разброса минеральных удобрений по ширине

Данный вид распределения обеспечивает фронтальную равномерность и обеспечение равномерности в зонах перекрытия при последующих проходах. График распределения массы разброса минеральных удобрений по ширине при двух проходах (челнок) показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – График распределения массы разброса минеральных удобрений по ширине при двух проходах

Далее приведен график (рис.3) данных контрольного примера ГОСТ 28714, который можно сравнить на соответствие хорошему.

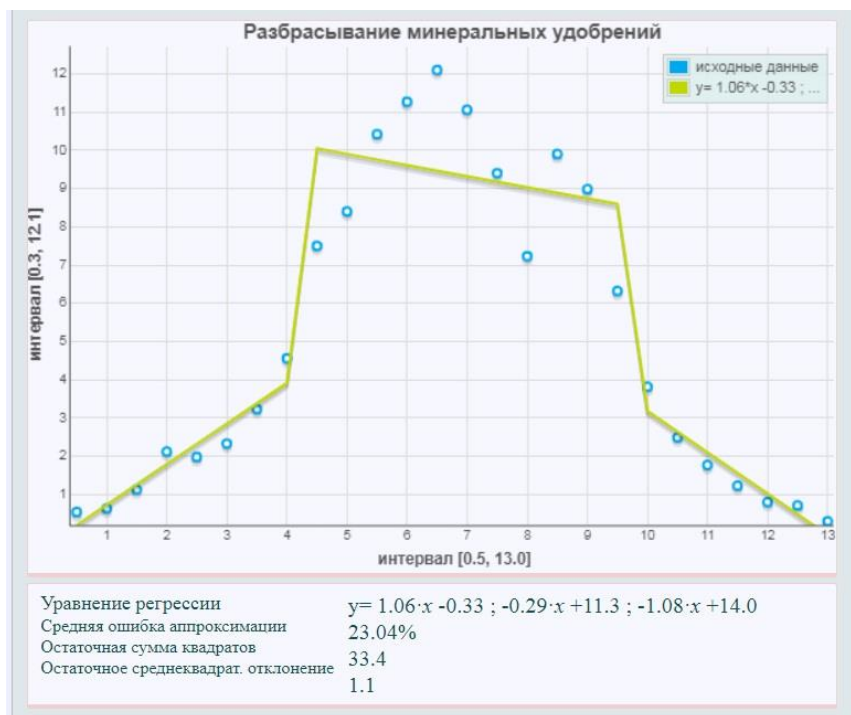


Рисунок 3 – График распределения минеральных удобрений по ширине

Ниже описан алгоритм программы, используемой для вычислений:

Параметры уравнения трехзвенной ломаной $y_1 = a_1 \cdot x + b_1$; $y_2 = a_2 \cdot x + b_2$; $y_3 = a_3 \cdot x + b_3$; вычислялись в следующей последовательности:

1. Полагаем, что в звене 1 и 3 одинаковое количество точек и задаем их начальное количество равное 2.
2. Определяем параметры уравнений для такой конфигурации звеньев, используя МНК. Находим среднюю ошибку аппроксимации.
3. Добавляем к звеньям 1 и 3 по одной соответствующей точке (из звена 2 эти точки убираются).
4. Определяем параметры уравнений для новой конфигурации звеньев используя МНК. Находим среднюю ошибку аппроксимации.
5. Пункты 3 и 4 выполняются для всех возможных конфигураций и поиска лучшей симметричной конфигурации с наименьшей ошибкой аппроксимации. Пусть количество точек в этой конфигурации будет: k_{11} , k_{21} , k_{31} .
6. Для поиска возможной лучшей немного несимметричной конфигурации фиксируем количество точек в узле 1 (k_{11}) и варьируем узел 3

(соответственно 2). Затем фиксируем количество точек в узле 3 (k13) и варьируем узел 1. Конфигурация с наименьшей средней ошибкой аппроксимации и будет лучшей.

Предложенный способ обработки данных, возможно использовать при проведении испытаний разбрасывателей минеральных удобрений и научных исследованиях.

Для аппроксимации исходных данных использовалась разработанная в КубНИИТиМ программа аппроксимации трехзвенной ломаной. Свободный доступ к программе возможен с сайта КубНИИТиМ по адресу <http://www.kubniitim.ru/stat1.htm>[6].

Список литературы:

1. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2005. 270 с.
2. Скорляков В.И., Петухов Д.А. Повышение равномерности распределения гранулированных минеральных удобрений // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. - № 8. – С. 14 – 16.
3. Vogballe M2(W)/M-3 (W): инструкция по эксплуатации. 2002. 46 с.
4. Кореньков Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях.- М.: Агропромиздат,1990
5. ГОСТ 28714-2007 Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2008. 40 с.
6. Сетевой ресурс -<http://www.kubniitim.ru/stat1.htm>

UDC 631.3:006.354

**METHOD FOR APPROXIMATING DATA FROM THE TEST
RESULTS OF MINERAL FERTILIZER SPREADERS**

Lyutyj Alexey Vladimirovich

research fellow

luty@inbox.ru

Marchenko Vyacheslav Olegovich

principal engineer

gost302@yandex.ru

Podolskaya Elena Evgenievna

research fellow

gost302@yandex.ru

Novokubansk branch FGBNU "Rosinformagrotekh" (KubNIITiM),
Novokubansk, Russia

Annotation. The article presents the main factors that affect the uniformity of spreading; data processing methods for determining the uneven application of mineral fertilizers are presented.

Key word: mineral fertilizers, spreader, uniformity of application, approximation.