

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

УДК 631.331.53

Д.Н. Раднаев, С.С. Калашников

ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
им. В.Р. Филиппова», Улан-Удэ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ПО ПЛОЩАДИ ПРИ ПОСЕВЕ МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ ДИСКОВЫМ СОШНИКОМ

Ключевые слова: дисковый сошник, способ посева, параметры конструкции, планирование эксперимента.

Разработан модернизированный дисковый узкорядный сошник. Представлены результаты планирования экспериментов по обоснованию оптимальных конструктивных параметров сошника, позволяющего проводить полосовой разбросной посев.

D. Radnaev, S. Kalashnikov

FSBEI HE "Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov", Ulan-Ude

SOME RESULTS OF RESEARCH ON DISTRIBUTION OF SEEDS AT SOWING WITH USE OF A MODERNIZED DISC COULTER

Key words: disc coultter, sowing method, design parameters, design of an experiment.

A modernized disc narrow-rowed coultter has been developed. The results of planning of experiments on justification of optimum design parameters of the coultter for strip broadcast seeding are presented.

Введение. Дополнительным резервом повышения урожайности зерновых культур является рациональный способ посева. Под рациональным способом подразумевается размещение семян по площади, близкой к оптимальной, равномерная заделка семян по глубине и создание плотного семенного ложа. Известно,

что урожай любой зерновой культуры складывается из двух составляющих: числа растений на единицу площади и количества зерна с одного растения. Площадь питания растений является одним из основных факторов, определяющих урожай. Причем, не величина площади питания имеет главное зна-

чение, а ее конфигурация. При использовании того или иного способа посева мы одновременно воздействуем на световой, водный, тепловой и пищевой режим растения. Поэтому разработка таких методов посева, которые давали бы наилучшее сочетание этих условий за счет рационального размещения семян по площади, является важнейшей задачей земледелия, особенно при возрастающем внедрении минимальных технологий обработки почвы и посева [1].

Условия и методы исследования.

Для посева зерновых культур широко применяется узкорядный способ. При этом используется сеялка зернотуковая узкорядная СЗУ-3,6 для посева с междурядьем 7-8 см и оборудована сошниками, в которых угол между дисками увеличен до 18 градусов (рис 1). В процессе работы диски 1 сошника образуют в почве две бороздки с расстоянием между ними 7-8 см для семян. Семена из семяпровода делятся на 2 потока при помощи делительной воронки 2, прикрепленной под горловиной корпуса сошника. Таким образом, сеялка высевает семена в 48 рядков.

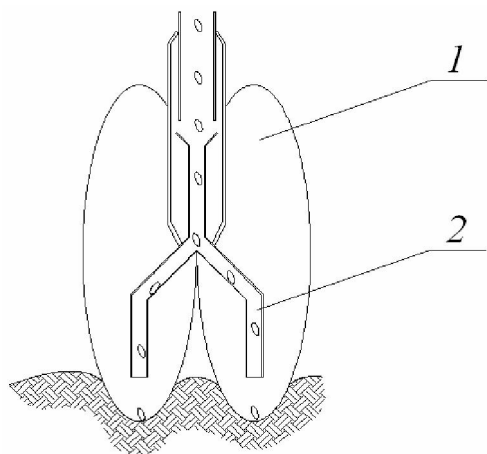
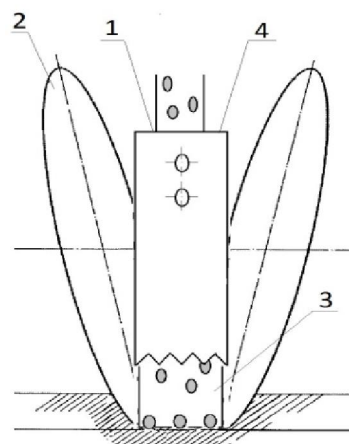


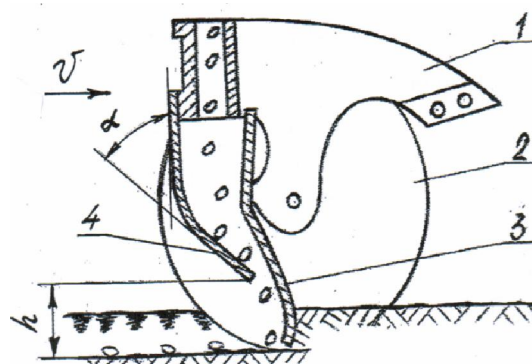
Рисунок 1 – Дисковый сошник для узкорядного посева: 1 - диск; 2 - делительная воронка

Однако недостатком данного способа посева является загущенность семян в рядках. Для устранения этого недостатка на кафедре «Механизация сельскохозяйственных процессов» ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова» разработана конструкция дискового

узкорядного сошника для полосового безрядкового посева [2]. Модернизированный дисковый узкорядный сошник состоит из корпуса 1, двух дисков 2, профилеобразователя семенного ложа 3 и рассеивателя семян 4 (рис 2).



а)



б) Рисунок 2 – Схема модернизированного узкорядного дискового сошника, а) вид спереди, б) вид сбоку: 1 – корпус; 2 – левый диск; 3 – профилеобразователь; 4 – рассеиватель

При работе сошника диски 2 образуют две бороздки с междурядьем 6,5 - 7 см. Профилеобразователь 3, расположенный между дисками, формирует семенное ложе, сдвинув почву с междурядья к дискам на глубину заделки семян. Из семяпровода семенной поток поступает на рассеиватель 4 и распределяется в междисковом пространстве шириной 6- 6,5 см.

Распределение семян по площади засеваемой полосы при безрядковом посева – процесс случайный в вероятностно-статистическом смысле. Характер распределения семян зависит от микрорельефа поля, изменчивости фи-

зико-механических свойств почвы, колебания рамы посевной машины и ее сошника по вертикальной, продольно-поперечной плоскостях.

В этих условиях ввиду сложности процесса, не поддающегося адекватному описанию средствами классической механики и математики, весьма результативным является применение методов математической теории планирования эксперимента [3].

При подходе к решению многофакторных экстремальных задач имеет место обоснованное планирование эксперимента, который проводится в несколько этапов: сначала предварительное изучение объекта исследования, затем построение соответствующей математической модели и ее интерпретация. В заключении осуществляется техническая реализация полученных результатов.

Во время предварительного изучения объекта исследования решается задача, заключающаяся в том, чтобы точно сформулировать цель работы, собрать и обработать имеющуюся априорную информацию об объекте исследования, правильно выбрать параметры оптимизации и независимые переменные, четко сформулировать возможные ограничения.

Построение математической модели объекта исследования является следующей задачей. На математическом языке эта задача формулируется следующим образом: необходимо получить некоторое представление о модели типа:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (1)$$

где y – параметр (критерий) оптимизации; x_1, x_2, \dots, x_k – независимые переменные (факторы), которыми можно варьировать при постановке эксперимента.

Зависимость (1) может представлять с собой некоторую геометрическую поверхность, которую называют поверхностью отклика.

При построении математической модели объекта исследования в случае решения многофакторных экстремальных задач в первую очередь должны быть проведены отсеивающие экспери-

менты, чтобы исключить незначимые факторы и сократить объем дальнейших исследований. Затем ведется поиск области оптимума.

Применение математических методов планирования эксперимента позволяет при поиске области оптимума определять необходимое число опытов и расположение экспериментальных точек в факторном пространстве на основании некоторых математически обоснованных правил. Поэтому уже на первых этапах работы, с помощью сравнительно небольшого числа опытов удается правильно найти направление, в котором нужно проводить дальнейшие эксперименты, а затем, двигаясь кратчайшим путем, найти уже оптимальные условия. После определения области оптимума ставят дополнительно некоторое, сравнительно небольшое число опытов по плану, который является оптимальным на данной стадии. Это позволяет получить достаточно полное представление о поверхности отклика вблизи оптимума в виде некоторой математической модели, посредством которой можно выбирать оптимальные условия при изменении отдельных независимых переменных.

В случае использования математических методов планирования эксперимента функцию отклика (1) аппроксимируют полиномом

$$y = \beta_0 + \sum_1^k \beta_i x_i + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_1^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (2)$$

где $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}, \dots$ – теоретические коэффициенты регрессии.

В результате эксперимента получают расчетные коэффициенты регрессии $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}, \dots$, которые являются оценками теоретических коэффициентов. После этого уравнение (2) принимает вид:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_1^k b_i x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_1^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (3)$$

где \hat{y} – расчетное значение параметра оптимизации.

По величине коэффициентов регрессии можно судить об эффектах степени влияния соответствующих факторов.

Значимость коэффициентов регрессии свидетельствует о значимости соответствующих эффектов.

Результаты исследований и их обсуждение. Требуется определить влияние конструктивных и технологических параметров на равномерность распределения семян по площади. В качестве таких параметров могут быть приняты: x_1 – высота установки направлятеля относительно семенного ложа; x_2 – угол наклона направлятеля относительно вертикальной плоскости; x_3 – скорость движения сошника; x_4 – скорость движения зерновки при сходе с направлятеля; x_5 – плотность семенного ложа; x_6 – влажность семенного ложа.

Выбор основных параметров и уровни варьирования являются одними из ответственных этапов исследования. Для получения необходимой информации воспользовались методом априорного ранжирования факторов.

Априорное ранжирование факторов основано на том, что факторы, которые согласно априорной информации могут иметь существенное влияние, ранжируются в порядке убывания вносимого ими вклада. Вклад каждого фактора оценивается по величине ранга — места, которое отведено исследователем (специалистом при опросе, автором статьи и т. п.) данному фактору при ранжировании всех факторов с учетом их предполагаемого влияния на параметры оптимизации, количественно неизвестного. При сборе мнений путем опроса специалистов каждому из них предлагается заполнить анкету, где перечислены факторы, их размерность и предполагаемые интервалы варьирования. Заполняя анкету, специалист определяет место факторов в ранжированном ряду, может включить дополнительные факторы или высказать мнение об изменении интервалов варьирования (табл. 1).

Таблица 1 – Факторы влияющие на параметры оптимизации

| Условное обозначение | Факторы | Уровень варьирования факторов | | Значимость факторов по степени влияния на параметр оптимизации | | | | |
|----------------------|--|-------------------------------|---------|--|---|---|---|---|
| | | нижний | верхний | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| X_1 | Высота установки направлятеля, м | 0,05 | 0,07 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| X_2 | Угол наклона направлятеля, рад | 0,523 | 1,047 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| X_3 | Поступательная скорость сошника, м/с | 2,2 | 3,2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| X_4 | Скорость движения зерна при сходе, м/с | 3,5 | 3,9 | 5 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| X_5 | Влажность почвы, % | 12 | 18 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 |
| X_6 | Плотность семенного ложа, МПа | 0,3 | 0,4 | 6 | 4 | 6 | 6 | 5 |

По результатам опроса специалистов составляем матрицу рангов в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Матрица рангов

| | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 |
| 2 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 |
| 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 5 |
| 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | 6 | 5 |
| Σ | 8 | 10 | 12 | 24 | 24 | 27 |
| ?i | 9.5 | 7.5 | 5.5 | - 6.5 | - 6.5 | - 9.5 |
| Δi^2 | 90.25 | 56.25 | 30.25 | 42.25 | 42.25 | 90.25 |

По данным, приведенным в таблице 2, рассчитывали коэффициент конкордации:

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)} = \frac{12 \cdot 351.5}{5^2(6^3 - 6)} = 0,8 \quad (4)$$

где s – сумма квадратов отклонений Δi^2 , m – число специалистов, k – число факторов.

Значимость коэффициента конкордации проверяем по критерию χ^2 – Пирсона:

$$\begin{aligned} \chi^2 &= m(k-1)W = \frac{S}{\frac{1}{12}mk(k-1)} \\ &= \frac{351.5}{\frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 6(6+1)} = \frac{351.5}{17.5} = 20.09 \end{aligned} \quad (5)$$

при $f=k-1=5$ – число степеней свободы из справочных данных находим

$$\chi^2 = 10.70$$

В нашем случае

$$\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$$

Значит, гипотеза о наличии согласия специалистов может быть принята.

Оценив согласованность мнений всех специалистов, строят среднюю диаграмму рангов, откладывая по одной оси факторы, а по другой соответствующие суммы рангов. Чем больше сумма

рангов данного фактора, тем выше его место на диаграмме рангов. С помощью полученной диаграммы ведется оценка значимости факторов. Из диаграммы (рис. 1) видно, что распределение не является равномерным, возрастание – не монотонное. Поэтому по результатам априорного ранжирования были определены следующие наиболее весомые факторы – x_1, x_2, x_3 . Предполагается, что они наиболее значимо влияют на эффективность распределения семян по площади. После выбора факторов для каждого из них необходимо установить основной уровень и интервалы варьирования (табл. 1). Условия проведения опытов в зависимости от изменения факторов можно представить в виде таблицы 3.

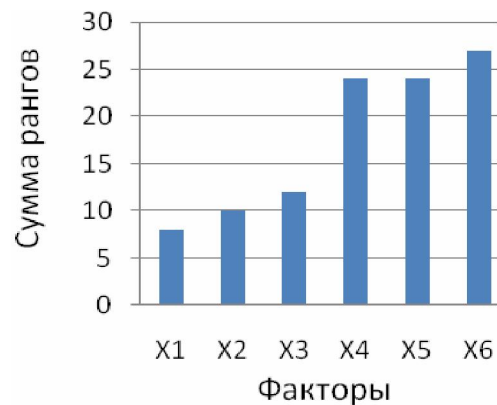


Рисунок 3 – Средняя априорная диаграмма рангов при изучении процесса

Таблица 3 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

| Уровни и интервал варьирования факторов | Факторы | | |
|---|---|--|---------------------------------------|
| | высота установки рассеивателя относительно семенного ложа h , м | Угол наклона рассеивателя относительно вертикальной плоскости α , рад | Скорость движения сошника u , м/сек |
| | $x_1(h)$ | $x_2(\alpha)$ | $x_3(u)$ |
| +1 | 0,07 | 1,047 | 3,2 |
| 0 | 0,06 | 0,785 | 2,7 |
| -1 | 0,05 | 0,523 | 2,2 |
| ϵ | 0,01 | 0,262 | 0,5 |

Для определения параметров сошника, удовлетворяющего параметр оптимизации, проведен факторный эксперимент вида 2^3 . Полученное линейное уравнение после проверки гипотезы адекватности не может быть принято,

потому что расчетное значение критерия Фишера (F_p) превышает его табличное значение (F_m). Поэтому для дальнейшего исследования необходимо использовать планирование второго порядка, позволяющее получить поверхность откли-

ка с помощью уравнения второй степени. Для реализации эксперимента использовали центральное композиционное ротатабельное униформ-планирование второго порядка. После расчета коэффициентов регрессии было получено уравнение:

$$y = 0,032 + 0,0023x_1 + 0,0025x_2 + 0,0087x_3 + 0,003x_1x_2 + 0,009x_1x_3 + 0,001x_2x_3 - 0,0007x_1^2 + 0,0017x_2^2 + 0,0079x_3^2 \quad (6)$$

Заключение. Получена математическая модель в виде уравнения регрессии второго порядка, которая позволяет проводить ее анализ на предмет экстремума для получения оптимального варианта сочетания факторов в исследуемом объекте с целью отыскания режима оптимального функционирования для выбранных факторов.

Библиографический список

1. Раднаев Д.Н. Совершенствование разбросного посева семян зерновых культур дисковым сошником /Д.Н. Раднаев, В.М. Дринча //Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №3. – С.33-35.
2. Патент на изобретение № 2427124 МПК А01С 7/20. Сошник /В.В. Тумурхонов, Д.Н. Раднаев, И.Ф. Лобанов, С.Н. Прокопьев //Заявитель и патентообладатель Бурятская госсельхозакадемия. – Заявка № 2010110214/21 от 17.03.2010. – Оpubл. 27.08.2011. – Бюл. № 24.
3. Раднаев Д.Н. Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья [Текст]: дис ... д-ра техн. наук: 05.20.01: защищена 11.10.13: утв. 10.02.14/Раднаев Даба Нимаевич. – Улан-Удэ, 2013. – 377 с.