

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН КОМБИНИРОВАННЫМ СОШНИКОМ С РАЗНОВЕЛИКИМИ ДИСКАМИ

О. П. ЛАБУРДОВ, канд. техн. наук, доцент
А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель, магистр техн. наук
С. А. СИДОРОВ, ст. преподаватель, магистр техн. наук

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горьки, Республика Беларусь

Введение. Доля зернового клина в структуре посевных площадей РБ существенна, поэтому повышение урожайности зерновых культур, при суммарном снижении издержек является актуальной задачей. Частичное решение поставленной задачи достигается за счёт совмещения операций посева и одновременного внесения основной дозы минеральных удобрений. Таким образом, статья посвящена решению части локальной задачи. В ней опытным путём, для выделенного критерия оптимизации сошника с разновеликими дисками, устанавливаются конструктивные параметры (угол атаки тукового диска, угол атаки семенного диска, толщина семенного диска). В качестве критерия оптимизации выбрано среднеквадратическое отклонение глубины заделки семян, которое, должно быть выдержано в строгих пределах, так как оказывает существенное влияние на урожайность зерновых.

Основная часть. Реализация процесса оптимизации среднеквадратического отклонения глубины заделки семян от параметров комбинированного сошника:

Движение в область оптимума. В соответствии с методикой проведения оптимизационных экспериментов [1–3] для отыскания оптимального сочетания выделенных при отсеивающих экспериментах факторов, влияющих на выбранный критерий y (среднеквадратическое отклонение глубины заделки семян) была реализована матрица планирования полного факторного эксперимента 2^3 , включающая 8 опытов, а также выполнена программа крутого восхождения по поверхности отклика. Эксперимент проводился в трехкратной повторности в рандомизированном порядке.

На основании результатов эксперимента были подсчитаны коэффициенты регрессии и проведена их статистическая оценка по известным формулам [1].

После проведенных расчетов и сравнения абсолютных значений коэффициентов регрессии с абсолютной величиной их доверительного интервала, то есть проверки существенности влияния, оказываемого на критерий оптимизации линейными факторами и их парными взаимо-

действиями, было составлено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 0,69 + 0,165X_4 - 0,1125X_5 - 0,0625X_6 + 0,045X_{4,5}. \quad (1)$$

Полученное уравнение не является линейным, так как одним из его слагаемых является результат парного взаимодействия факторов X_4 и X_5 .

Используя расчетное значение критерия Фишера, устанавливаем адекватность представления результатов эксперимента полиномом первой степени:

$$F_p = \frac{S_{LF}^2}{S_{\varepsilon}^2} = \frac{0,012}{0,0025} = 4,8 \quad F_T = 3,0 \Rightarrow F_p > F_T. \quad (2)$$

Таким образом, на основании неравенства (2) можно утверждать, что линейная модель, не может дать адекватного представления результатов эксперимента с 95%-ной вероятностью. Но, несмотря на это, с целью установления более благоприятных сочетаний факторов, для назначения границ и интервалов варьирования выделенных факторов при планировании и определении полинома второго порядка была выполнена программа крутого восхождения. Анализ результатов крутого восхождения показал, что выбранный ранее центр эксперимента находится вблизи области оптимума, поскольку наилучшие результаты ($Y = 0,33$ см) получены после 2...3-го шага. После четвертого шага эксперименты прекратились, поскольку дальнейшее уменьшение угла атаки тукового диска приводит к невозможности внесения удобрений из-за малой ширины открываемой бороздки. Лучшим значениями критерия оптимизации соответствуют следующие значения факторов: угол атаки тукового диска $X_4 = 5-6^\circ$; угол атаки семенного диска $X_5 = 10-11^\circ$; толщина семенного диска $X_6 = 7,5-9$ мм.

Обработка опытных данных и расчеты коэффициентов регрессии проводились по известным формулам [1]. В результате вычислений получили:

$$b_0 = 0,3433; b_4 = 0,1125; b_5 = 0,0625; b_6 = 0,025; b_{4,5} = 0;$$

$$b_{4,6} = -0,025; b_{5,6} = 0,025; b_{4,4} = 0,05; b_{5,5} = 0,113; b_{6,6} = 0,097.$$

После расчета коэффициентов составили уравнение регрессии второго порядка:

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,1125X_4 + 0,0625X_5 + 0,025X_6 + 0,025X_{5,6} - 0,025X_{4,6} + 0,05X_4^2 + 0,113X_5^2 + 0,097X_6^2. \quad (3)$$

После расчетов доверительных интервалов [5, 6] установлено, что все коэффициенты регрессии значимы, за исключением коэффициента парного взаимодействия факторов X_4 и X_5 .

Раскодированное уравнение регрессии будет иметь вид:

$$Y_2 = 18,016 - 0,3623a_1 - 2,323a_2 - 1,51c_2 + 0,0167a_2c_2 - 0,0167a_1c_2 +$$

$$+ 0,05\alpha_2^2 + 0,113\alpha_2^2 + 0,097c_2^2, \quad (4)$$

где α_1 – угол атаки тукового диска, град.;
 α_2 – угол атаки семенного диска, град.;
 c_2 – толщина семенного диска, мм.

Изучение поверхности отклика с помощью двумерных сечений.
 Двумерные сечения поверхности отклика, характеризующие средне-квадратическое отклонение глубины заделки семян в зависимости от двух из трех выделенных факторов, получим, подставляя поочередно в уравнение (3) $X_4 = 0$; $X_5 = 0$; $X_6 = 0$.

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,0625X_5 + 0,025X_6 + 0,025X_{5,6} + 0,113 X_5^2 + 0,097 X_6^2; \quad (5)$$

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,1125X_4 + 0,025X_6 - 0,025X_{4,6} + 0,05X_4^2 + 0,097X_6^2; \quad (6)$$

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,1125X_4 + 0,0625X_5 + 0,05X_4^2 + 0,113X_5^2. \quad (7)$$

Согласно методике [1–4], определяем для всех двумерных сечений координаты центра поверхности, угол поворота координатных осей в точке S , составляем уравнения регрессии в канонической форме, считываем оси эллипсов [1].

$$X_{4S} = -1,125; X_{5S} = -0,28; \alpha = 0$$

$$Y - 0,27 = 0,05X_4^2 + 0,113X_5^2; \quad (8)$$

$$X_{5S} = -0,26; X_{6S} = -0,15; \alpha = 29^\circ$$

$$Y - 0,33 = 0,12X_5^2 + 0,09X_6^2; \quad (9)$$

$$X_{4S} = -1,195; X_{6S} = -0,28; \alpha = -29^\circ$$

$$Y - 0,28 = 0,071X_4^2 + 0,076X_6^2. \quad (10)$$

Графические изображения сечений приведены на рис. 1.

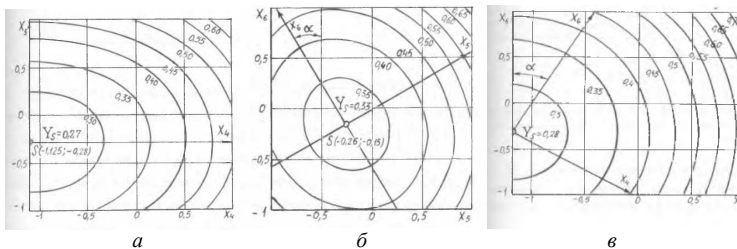


Рис. 1. а – двумерные сечения поверхности отклика для факторов X_4 и X_5 при оптимизации параметра Y_2 ; б – двумерные сечения поверхности отклика для факторов X_5 и X_6 при оптимизации параметра Y_2 ; в – двумерные сечения поверхности отклика для факторов X_4 и X_6 при оптимизации параметра Y_2

Заключение. Анализ двумерных сечений показывает, что на величину среднеквадратического отклонения глубины заделки семян наибольшее влияние оказывает угол атаки семенного диска (α_2). В меньшей степени на параметр оптимизации оказывает воздействие угол атаки тукового диска (α_1) и толщина семенного диска (c_2). Раскодировав значения параметров X_4 , X_5 , X_6 из рисунков, можно установить, что оптимальные значения параметр оптимизации будет принимать при:

- α_1 (угол атаки тукового диска) $< 6,5^\circ$;
- α_2 (угол атаки семенного диска) $= 9\text{--}11^\circ$;
- c_2 (толщина семенного диска) $= 6\text{--}9$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1980. – 168 с.
2. Зедгенидзе, И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгенидзе. – М.: Наука, 1976. – 150 с.
3. Тихомиров, В. Б. Математические методы планирования эксперимента при изучении нетканых материалов / В. Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 159 с.
4. Маркова, Е. В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. – М.: Наука, 1973.
5. Лабурдов, О. П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками: дис. ... канд. техн. наук / О. П. Лабурдов; БГСХА. – Горки, 2002. – 168 с.
6. Лабурдов, О. П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. П. Лабурдов. – Горки, 2002. – 29 с.

Аннотация. Представлены результаты определения параметров комбинированного сошника с разновеликими дисками опытным путем. Анализ полученных двумерных сечений позволяет установить параметры рабочего органа, при которых обеспечивается оптимальное значение параметра оптимизации – величина среднеквадратического отклонения глубины заделки семян зерновых культур, при использовании на сеялке комбинированных сошников.

Ключевые слова: уравнение регрессии, комбинированный сошник, среднеквадратическое отклонение, поверхность отклика.