

УДК 631.319.06:634.1.03

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДЬЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОКУЧИВАЕМОГО ВАЛКА

**А.И. Завражнов, С.Д. Алехин**

*ФГОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск*

*Рецензент С.В. Мищенко*

**Ключевые слова и фразы:** вегетативное размножение; окучиваемый валок; ширина междурядья.

**Аннотация:** Предложена методика определения оптимальной ширины междурядья при окучивании маточных растений в плодовом питомнике. Приведена формула определения ширины междурядья с учетом агротехнических параметров выбранной технологии выращивания вегетативно-размножаемых подвоев.

Наиболее широкое применение в производственных условиях находит выращивание клоновых подвоев яблони вегетативным размножением. Сущность метода заключается в том, что в маточных отделениях питомника высаживаются маточные растения, из которых выращивают маточные кусты и создают условия для укоренения отрастаемых побегов (отводков).

Как известно, оптимальным является такое размещение растений, при котором площадь питания обеспечивает использование растениями физиологических возможностей и нужных факторов внешней среды, а также прогрессивных технологических процессов с целью получения качественной продукции при минимальных затратах на ее производство.

Для теоретической оценки количества почвы, необходимой для формирования окучиваемого валка, используем схему (рис. 1), которая отражает основные особенности изучаемого процесса.

Сформированный валок получается в результате перемещения почвы из междурядий к окучиваемым побегам. Профиль гребня описывает сложная кривая, которую можно аппроксимировать степенными зависимостями.

---

Завражнов А.И. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАСХН, ректор МичГАУ; Алехин С.Д. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация производства и переработка сельскохозяйственной продукции» МичГАУ, г. Мичуринск.

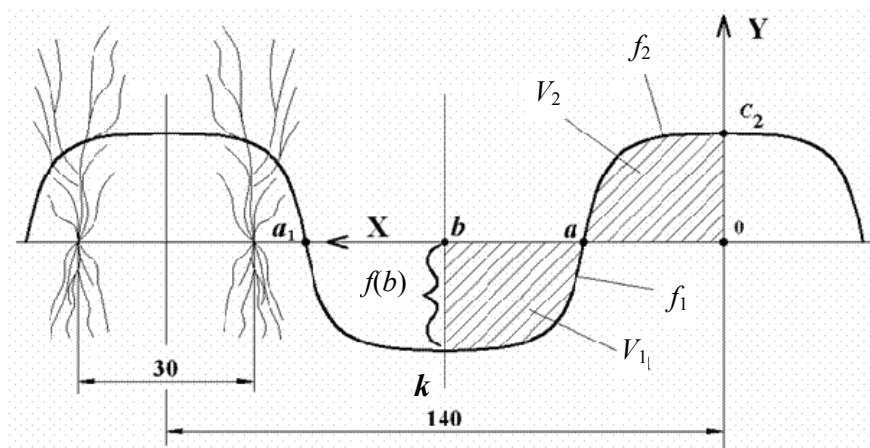


Рис. 1. Схема формирования окучиваемого валка

Статическим путем на основе экспериментальных данных установлено, что с вероятностью, близкой к единице,  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$  представляют собой параболы второй степени с коэффициентом детерминации в пределах 0,94...0,96.

Прежде, чем начать изучение процесса формирования валка, введем систему координат и обозначим оси:  $Y$  – от центра валка и вертикально вверх;  $X$  – от центра валка в сторону левого междурядья;  $0$  – начало координат, в середине окучиваемого ряда растений.

Обозначим:  $L$  – длина прохода агрегата;  $f_2(x)$  – профиль поверхности гребня;  $f_1(x)$  – профиль поверхности междурядья;  $S_2$  – половина площади сечения валка;  $S_1$  – половина площади сечения междурядья;  $0c_2$  – высота валка от нулевого уровня;  $0a$  – половина ширины валка;  $ab$  – половина ширины междурядья;  $V_2$  – половина объема почвы валка;  $V_1$  – половина объема почвы междурядья;  $bk$  – глубина междурядья относительно исходной поверхности.

Условием процесса формирования валка является то, что объем почвы, забираемый из междурядий, должен быть равен объему валка, направленному на окучивание  $V_1 = V_2$ . Так как длина валка равна длине междурядья, то соответственно  $S_1 = S_2$ .

Объем почвы, забираемый из половины междурядья, –  $V_1 = S_1 L$ . Объем почвы половины валка –  $V_2 = S_2 L$ .

Уравнение половины площади сечения валка может быть записано в виде параметрической функции, при изменении интеграла от 0 до  $a$

$$S_2 = \int_0^a f_2(x) dx. \quad (1)$$

Уравнение параболы второй степени имеет вид функции

$$f_2(x) = a_2x^2 + b_2x + c_2, \quad (2)$$

где  $a_2, b_2, c_2$  – параметры параболы.

Проведем исследование уравнения

$$\begin{aligned} f_2 &= a_2x^2 + b_2x + c_2 = a_2 \left( x^2 + \frac{b_2x}{a_2} \right) + c_2 = a_2 \left( x^2 + \frac{2b_2x}{2a_2} + \frac{b_2^2}{4a_2^2} - \frac{b_2^2}{4a_2^2} \right) + c_2 = \\ &= a_2 \left( x + \frac{b_2}{2a_2} \right)^2 + c_2 - \frac{b_2^2}{4a_2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Найдем экстремальные значения параболы  $f_2(x)$  в точке  $c_2$ , пересечения с осью  $Y$

$$f_2(0) \rightarrow \max, \quad f_2'(0) = 0.$$

Подставим значения параметров параболы в формулу (2)

$$f_2 = 2a_2x^2 + b_2 = 0;$$

$$x = -\frac{b_2}{2a_2}; \quad -\frac{b_2}{a_2} = 0; \quad b_2 = 0.$$

Уравнение параболы примет вид

$$f_2(x) = a_2x^2 + c_2.$$

Поскольку параметр  $x$  в точке 0 равен нулю, то  $f_2(0) = c_2$ .

Значения величины параболы в нулевой точке равно максимальному значению  $c_2$ , то есть высоте валка от нулевого уровня.

Найдем значение  $f_2(x)$  в точке  $a$  пересечения параболы с осью  $X$

$$f_2(a) = 0.$$

Подставим значение  $f_2(a)$  в формулу (2)

$$a_2a^2 + c_2 = 0; \quad a_2 = -\frac{c_2}{a^2};$$

$$f_2(x) = -\frac{c_2}{a^2}x^2 + c_2 = c_2 \left( 1 - \frac{x^2}{a^2} \right).$$

Полученная зависимость показывает связь оценки формы валка с его параметрами.

Подставим в полученное выражение формулу (1) для определения половины площади сечения формируемого валка

$$S_2 = \int_0^a f_2(x) dx = \int_0^a c_2 \left( 1 - \frac{x^2}{a^2} \right) dx = c_2 \left( x - \frac{x^3}{3a^2} \right) \Big|_0^a = c_2 \left( a - \frac{a}{3} \right) = \frac{2}{3}ac_2.$$

Площадь сечения валка,  $a$ , следовательно, и его объем определяются параметрами, задаваемыми агротехникой выращивания подвоев.

Уравнение половины площади сечения междурядья может быть записано в виде параметрической функции при ее изменении в пределах от  $a$  до  $b$

$$S_1 = -\int_a^b f_1(x) dx. \quad (4)$$

Уравнение параболы второй степени имеет вид  $f_1 = a_1x^2 + b_1x + c_1$ .

Выделим полный квадрат

$$f_1 = a \left( x + \frac{b_1}{2a_1} \right)^2 + c_1 - \frac{b_1^2}{4a_1}. \quad (5)$$

Найдем значения параболы в точке  $b$  пересечения с осью  $X$ :

$$f_1(b) \rightarrow \min; \quad f'(b) = 0; \quad f_1 = 2a_1x + b_1 = 0; \quad x = -\frac{b_1}{2a_1},$$

отсюда видим, что в точке  $a$  значение параболы равно нулю  $f_1(a) = 0$ .

Минимальное значение функции  $f_1(x)$

$$f_{1\min} = c_1 - \frac{b_1^2}{4a_1} = f_1(b); \quad f_{1\min} = f_1(b).$$

Значение функции  $f_1(x)$  в самой нижней точке междурядья равно глубине междурядья  $f_1(b)$ .

Ее значение в точке  $a_1$  равно  $f(2b+a) = 0$ .

Для определения  $S_1$  проинтегрируем  $f_1(x)$  в пределах от  $a$  до  $b$

$$S_1 = -\int_a^b f_1(x) dx = -\int_a^b (a_1x^2 + b_1x + c_1) dx = -\left( \frac{ax^3}{3} + \frac{b_1x^2}{2} + c_1x \right) \Big|_a^b =$$

$$= \left( \frac{a_1b^3}{3} + \frac{b_1b^2}{2} + c_1b - \frac{a_1a^3}{3} - \frac{b_1a^2}{2} - c_1a \right) = \frac{a_1(a^3 - b^3)}{2} + \frac{b_1(a^2 - b^2)}{2} + c_1(a - b).$$

Найдем связь коэффициентов функций с параметрами валка и междурядья:

$$\begin{cases} a_1a^2 + b_1a + c_1 = 0; \\ a_1(2b - a)^2 + b(2b - a) + c_1 = 0; \\ a_1b^2 + b_1b + c_1 = f(b). \end{cases}$$

Решим систему уравнений методом Гаусса:

$$\begin{array}{ccc|ccc} a^2 & a & 1 & a & a^2 & a & 1 & 0 \\ b^2 & b & 1 & f(b) & b^2 - a^2 & b - a & 1 & f(b) \\ (2b - a)^2 & (2b - a) & 1 & 0 & 4b^2 - 4ab & 2b - 2a & 1 & 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc|ccc} a^2 & a & 1 & 0 & a^2 - 2ab & 0 & 1 & 0 \\ b + a & 1 & 0 & \frac{f(b)}{b - a} & a - b & 0 & 0 & \frac{f(b)}{b - a} \\ 2b & 1 & 0 & 0 & 2b & 1 & 0 & 0 \end{array}$$

$$a_1 = -\frac{f(b)}{(b-a)^2}; \quad b_1 = -2ba_1 = \frac{2bf(b)}{(b-a)^2};$$

$$c_1 = -(a^2 - 2ab)a_1 = \frac{(2ab - a^2)f(b)}{(b-a)^2}.$$

Подставим полученные значения в (5):

$$\begin{aligned} f_1(x) &= -\frac{f_1(b)}{(b-a)^2}x^2 + \frac{2bf_1(b)x}{(b-a)^2} + \frac{(2ab - a^2)f_1(b)}{(b-a)^2} = \\ &= \frac{f_1(b)(x^2 - 2bx + 2ab - a^2)}{(b-a)^2}. \end{aligned}$$

Подставим значения коэффициентов  $f(x)$  в формулу площади сечения междуружья

$$\begin{aligned} S_1 &= -\frac{f_1(b)(a^3 - b^3)}{3(b-a)^2} + \frac{bf_1(b)(a^2 - b^2)}{(b-a)^2} + \frac{(2ab - b^2)f_1(b)(a-b)}{(b-a)^2} = \\ &= \frac{f_1(b)(b^2 + ab + a^2)}{3(b-a)} - \frac{bf_1(b)(b+a)}{b-a} - \frac{(2ab - b^2)f_1(b)}{b-a}. \end{aligned}$$

Учитывая, что площади междуружья и валка равны  $S_1 = S_2$ , найдем уравнения связи параметров валка и междуружья:

$$\frac{f_1(b)}{b-a} \left( \frac{b^2 + ab + a^2}{3} - b(b+a) - 2ab + b^2 \right) = \frac{2ac_2}{3};$$

$$f_1(b) \left( \frac{1}{3}b + \frac{1}{3}ab + \frac{1}{3}a^2 - b^2 - a^2 - 2ab - b^2 \right) = \frac{2}{3}a(b-a)c_2;$$

$$f_1(b) \left( \frac{b^2}{3} - \frac{5ab}{3} - \frac{2a^2}{3} \right) = \frac{2a(b-a)c_2}{3};$$

$$f_1(b)(b^2 - 5ab - 2a^2) = 2a(b-a)c_2;$$

$$\frac{b^2 - 5ab - 2a^2}{2a(b-a)} = \frac{c_2}{f_1(b)}.$$

Технология производства клоновых подвоев предусматривает создание валка определенного профиля, размеры которого задаются параметрами, соответствующими выбранной технологии выращивания подвоев:

- количеством почвы над корневой системой  $0c_2$ ;
- шириной валка  $aa_1$ ;
- глубиной междурядий относительно исходной поверхности  $bk$ .

Исходя из условия равенства  $S_1 = S_2$ , найдем основной определяющий параметр – ширину междурядья  $b$

$$b^2 - 5ab - 2a^2 = 2ab \frac{c_2}{f_1(b)} - 2a^2 \frac{c_2}{f_1(b)};$$

$$b^2 - \left(5a + \frac{2ac_2}{f_1(b)}\right)b + \frac{2a^2c_2}{f_1(b)} - 2a^2 = 0.$$

Исходя из приведенного расчета, получим формулу минимальной полуширины междурядья.

$$b = \frac{a}{2} \left( 5 - \frac{2c_2}{f_1(b)} + \sqrt{\left( \frac{-2c_2}{f_1(b)} + 3 \right)^2 + 24} \right). \quad (6)$$

Соответственно ширина междурядья будет равна  $2b$ .

Для расчета минимально необходимой ширины междурядья при окучивании маточных растений в плодовом питомнике необходимо подставить в формулу (6) технологические значения параметров валка и междурядий.

Проведенные расчеты позволяют определить оптимальные размеры формируемого валка, который удовлетворяет агротехническим требованиям при выращивании вегетативно-размножаемых подвоев, обеспечивая поддержание оптимального почвенно-воздушного режима в зоне образования корней.

#### *Список литературы*

1. Алехин, С.Д. Совершенствование технологии окучивания маточных растений в питомнике / С.Д. Алехин, А.Н. Манаенков // Достижения сельскохозяйственной науки – развитию агропромышленного комплекса ; Плодоовощной институт им. И. В. Мичурина. – Мичуринск, 1988. – 41 с.
2. Бабук, В.И. Фотометрические характеристики листового полога на маточнике клоновых подвоев яблони при различной плотности размещения маточных кустов / В.И. Бабук, И.Я. Мунтян. – Кишнев, 1987. – 87 с.

3. Бабук, В.И. Выращивание отводков подвоев яблони в маточных питомниках интенсивного типа / В.И. Бабук, И.Я. Мунтян, Ф.К. Попович // Садоводство и виноградарство Молдавии. – 1988. – №1. – С. 8.

4. Долгов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Долгов, Г.К. Васильев. – М. : Машиностроение, 1967. – 204 с.

5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 1977. – 478 с.

---

### **Theoretical Base of Optimal Width of Row Spacing for Hilling Roller Creation**

**A.I. Zavrazhnov, S.D. Alekhin**

*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk*

**Key words and phrases:** vegetative reproduction; hilling roller; width of row spacing.

**Abstract:** The methodology of defining optimal width of row spacing while hilling mother plants in a fruit plants nursery has been suggested. The formula for defining the width of row spacing with regard for agro-technical parameters of the selected technology of growing vegetative propagated rootstocks has been offered.

---

© А.И. Завражнов, С.Д. Алехин, 2007