

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕОРТОГОНАЛЬНЫХ СХЕМ  
ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА В СТАЦИОНАРНОМ  
ОПЫТЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ПЛОДОВОДСТВУ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НЕОБХОДИМОГО  
РАСЧЕТНОГО ЧИСЛА ПОВТОРНОСТЕЙ**

**Л.И. Никонорова, Л.В. Бобрович, С.В. Фролова**

*ФГОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет»*

*Рецензент А.И. Завражнов*

**Ключевые слова и фразы:** дисперсионный анализ; опытные данные; подвой; саженцы; штамбы.

**Аннотация:** Рассмотрен подход к обработке экспериментальных данных в исследованиях по плодоводству в случае частичной потери опытных данных методом дисперсионного анализа по неортогональной схеме с попарным сравнением по вариантам опыта.

Наиболее простой случай применения дисперсионного анализа представляет обработка данных однофакторного полевого опыта с небольшим числом вариантов. В связи с широким воздействием различных стресс-факторов окружающей среды на объекты исследований в плодоводстве в последнее время, и, прежде всего, на сами плодовые деревья – морозные зимы, чрезмерное выпадение осадков, заболачивание местности, нанесение вреда грызунами и т.д. – исследователи сталкиваются с проблемой утраты некоторых данных в поставленных экспериментах. Поэтому, на наш взгляд, очень важным является вопрос обработки экспериментальных данных однофакторного опыта с учетом их частичной потери, с определенной степенью точности.

В исследованиях с плодоносящими деревьями яблони ряда сортов на карликовом подвое 62-396 в интенсивном садовом агроценозе в условиях средней зоны садоводства РФ (учхоз «Комсомолец» МичГАУ) по показателям роста и плодоношения было проведено (наряду с другими учетами) измерение длин окружностей штамбов как интегративного показателя, характеризующего активность ростовых процессов деревьев.

---

Никонорова Л.И. – старший преподаватель кафедры математики и физики МичГАУ; Бобрович Л.В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агроэкологии и защиты растений МичГАУ; Фролова С.В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры информатики МичГАУ.

Для обработки результатов учетов были сформированы исходные выборки по 10 значений по каждому варианту (сорт) – табл. 1.

Таблица 1

**Длина окружности штамба яблони**

№	Сорт	Длина окружности штамбов, см
1	Уэлси	17,0; 19,2; 20,2; 17,0; 17,5; 15,2; 16,5; 19,0; 18,0; 16,5
2	Лобо	29,5; 19,0; 27,2; 20,0; 31,5; 25,8; 28,3; 17,8; 22,0; 21,9
3	Спарган	35,4; 35,2; 36,2; 35,7; 35,3; 36,1; 36,5; 35,9; 36,0; 36,1
4	Синап орловский	21,0; 20,5; 19,5; 24,2; 23,6; 27,3; 20,0; 24,2; 23,5; 21,0

Исследуем каждую выборку по сортам на необходимое число повторностей с использованием формулы

$$n_{\text{lim}} = \frac{t^2 [(1 \pm k) \cdot \sigma^2]}{\Delta^2}, \quad (1)$$

где  $n_{\text{lim}}$  – необходимое количество повторностей в доверительном интервале;  $t$  – критерий Стьюдента (2,00 для  $P = 0,05$ );  $\sigma^2$ ,  $\sigma$  – дисперсия и среднее квадратическое отклонение (по пробным выборкам конкретных показателей);  $k$  – коэффициент (по В.С. Пугачеву, 1979);  $\Delta$  – допустимая погрешность (определяется исследователем в соответствии со смысловым значением изучаемого показателя, обычно до 10 % от средних арифметических величин).

Получаем, что в случае потери части опытных данных (например, в связи с гибелью деревьев) минимальным количеством учетных единиц (в данном случае деревьев) для правомерной обработки оставшегося материала по вышеуказанным сортам являются в среднем 4 единицы. С учетом этого, мы удалили некоторые элементы для каждого сорта, предположив, что они могли выпасть по каким-либо причинам (табл. 2).

Исходная таблица проведения дисперсионного анализа (см. табл. 4) в данном случае по неортогональной схеме имеет следующий вид (табл. 3).

Таблица 2

**Длина окружности штамба яблони с выпавшими данными**

№	Сорт	Длина окружности штамбов, см
1	Уэлси	17,0; 19,2; 20,2; 17,5; 15,2; 16,5
2	Лобо	27,2; 20,0; 31,5; 25,8; 28,3; 17,8; 22,0; 19,0
3	Спарган	36,1; 35,4; 35,2; 36,2; 35,7; 35,3
4	Синап орловский	20,5; 19,5; 24,2; 23,6; 21,0; 27,3; 20,0; 24,2; 23,5

Таблица 3

**Исходные данные дисперсионного анализа**

Сорт	Длина окружности штаббов	$\Sigma A$	Число повторностей $n$	$\bar{X}$	$(\Sigma A)^2$
Уэлси	17,0; 19,2; 20,2; 17,0; 17,5; 15,2; 16,5	122,6	7	17,5	15030,8
Лобо	27,2; 20,0; 31,5; 25,8; 28,0; 17,8; 22,0; 21,9	194,5	8	24,3	37830,3
Спарган	22,0; 23,1; 24,3; 28,3; 29,1	126,8	5	25,4	16078,2
Синап орловский	20,5; 19,5; 24,2; 23,6; 21,0; 27,3; 20,0; 24,2; 23,5	203,8	9	22,6	41534,4
$\Sigma$		647,7	29		

$$\Sigma x^2 = 647,7^2 = 419515,3;$$

$$\Sigma Q_0 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{\Sigma n} = 419515,3 - 14466,04 = 500,33;$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q_A &= \frac{(\Sigma A_1)^2}{n_1} + \frac{(\Sigma A_2)^2}{n_2} + \frac{(\Sigma A_3)^2}{n_3} + \frac{(\Sigma A_4)^2}{n_4} - \frac{(\Sigma x)^2}{n} = \\ &= \frac{(122,6)^2}{7} + \frac{(194,5)^2}{8} + \frac{(126,8)^2}{5} + \frac{(203,8)^2}{9} - \frac{(647,7)^2}{29} = \\ &= 2147,25 + 4728,78 + 3215,65 + 4614,94 - 14466,04 = \\ &= 14706,62 - 14466,04 = 240,58; \end{aligned}$$

$$\Sigma Q = \Sigma x^2 - \left[ \frac{(\Sigma A_1)^2}{n_1} + \frac{(\Sigma A_2)^2}{n_2} + \frac{(\Sigma A_3)^2}{n_3} \right] = 419515,3 - 14706,62 = 259,75.$$

Таблица 4

**Результаты дисперсионного анализа**

Варьирование	Сумма квадратов, $\Sigma Q$	Число степеней свободы, $df$	Дисперсия, $S^2$	$F_{\Phi}$
Общее	500,33	29	–	–
Вариантов	240,58	3	80,19	7,72
Остаточное	259,75	27	9,62	–

Частные различия в неортогональных схемах дисперсионного анализа оценивают путем определения ошибок разностей и НСР<sub>05</sub> для каждой сравниваемой пары средних величин. В нашем примере число повторностей в первом и третьем вариантах составляет 7 и 5, соответственно, т.е.  $n_1 = 7$  и  $n_3 = 5$ . При этом ошибка разности средних арифметических:

$$S_d = \sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_3}} = \sqrt{\frac{9,6}{7} + \frac{9,6}{5}} = 1,8 \text{ см};$$

$$\text{НСР}_{05} = tS_d = 3,89.$$

Расчетное число повторностей в первом и втором вариантах равно 7 и 8, т.е.  $n_1 = 7$  и  $n_2 = 8$ , следовательно, ошибка разности средних арифметических  $\text{НСР}_{05} = 3,44$ . Для второго и третьего вариантов  $n_2 = 8$  и  $n_3 = 5$ ,  $\text{НСР}_{05} = 3,79$ . Для первого и третьего вариантов  $n_1 = 7$  и  $n_3 = 5$ ,  $\text{НСР}_{05} = 3,89$ . Для первого и четвертого вариантов  $n_1 = 7$  и  $n_4 = 9$ ,  $\text{НСР}_{05} = 3,35$ . Для второго и четвертого вариантов  $n_2 = 8$  и  $n_4 = 9$ ,  $\text{НСР}_{05} = 3,23$ . Для третьего и четвертого вариантов  $n_3 = 5$  и  $n_4 = 9$ ,  $\text{НСР}_{05} = 3,70$ .

Далее, по учетным данным Л.И. Никоноровой, полученным при изучении роста и развития двухлетних саженцев яблони трех сортов на слаборослом клоновом полукарликовом подвое 54-118 в питомнике учхоза «Комсомолец» МичГАУ (2003 г.), мы постарались проанализировать зависимость точности вычислений по оценке различий между вариантами (сортами) в опыте от процента утраченных в процессе проведения исследований учетных данных. Взяв для обработки экспериментальных данных исходно по 30 повторностей по величинам диаметра штабиков изучаемых саженцев, мы получили табл. 5.

Таблица 5

**Исходные данные для проведения дисперсионного анализа по неортогональной схеме с тремя вариантами (сортами)**

Сорт	Диаметр штамба, см
Синап орловский	12,5; 11,0; 13,2; 10,5; 13,3; 10,0; 14,5; 15,0; 14,8; 14,9; 13,5; 15,5; 16,0; 13,0; 15,0; 15,5; 12,8; 17,5; 14,5; 14,0; 15,0; 12,5; 14,0; 16,5; 13,8; 12,0; 11,8; 17,5; 16,8; 16,5
Спартан	10,1; 10,9; 10,5; 11,5; 9,0; 10,7; 9,0; 9,0; 10,5; 10,3; 11,5; 9,5; 12,3; 11,5; 11,3; 8,0; 11,7; 10,7; 12,6; 10,3; 11,5; 11,5; 15,5; 14,0; 12,3; 15,5; 14,5; 12,0; 15,4; 10,5; 12,5
Уэлси	10,2; 9,5; 10,1,8; 10,2; 10,0; 9,8; 11,5; 10,0; 12,3; 11,0; 7,7; 12,3; 10,0; 11,2; 9,0; 9,0; 12,0; 10,5; 13,0; 10,5; 12,2; 13,5; 11,0; 9,4; 9,5; 15,0; 13,0; 14,5; 12,4; 12,1

Затем, на основании данных табл. 5 сначала по всем 30-ти выборочным значениям, а затем по произвольно оставленным 20-ти значениям для каждого варианта, по указанной выше формуле (1), мы обработали каждый вариант на определение необходимого числа повторностей, и получили следующие результаты дисперсионного анализа по неортогональной схеме (табл. 6).

Если количество повторностей в опыте по каждому сорту укладывается в расчетное минимально допустимое по формуле (1), то при этом остается всего для сравнений и сопоставлений в среднем 27,5 % данных; в этом случае для опыта в целом  $HCP_{05}(30) = 0,88$ ,  $HCP_{05}(20) = 1,16$ .

Если количество оставшихся в опыте данных после частичной их потери определяется средним значением необходимого числа повторностей  $n_{cp}$ , рассчитанного по формуле (1), то при этом в опыте в среднем по каждому варианту остается около 50 % первичных данных (табл. 7).

В настоящее время имеется несколько модификаций формулы (1) по определению необходимого числа повторностей и дальнейшие наши исследования направлены на оптимизацию определения необходимого числа повторностей именно для неортогональных схем дисперсионного анализа. Кроме того, продолжаются исследования по оценке допустимой погрешности при применении неортогональной схемы дисперсионного анализа для конкретных данных, результаты которых регулярно публикуются.

Таблица 6

**Расчетное минимально допустимое количество повторностей  $n_{min}$  и попарное сравнение различий  $HCP_{05}$**

Пробная выборка из 30-ти исходных значений			Пробная выборка из 20-ти исходных значений		
Варианты (сорта)	$n_{min}$	$HCP_{05}$	Варианты (сорта)	$n_{min}$	$HCP_{05}$
1 и 2	$n_1=6$ $n_2=9$	2,10	1 и 2	$n_1=4$ $n_2=8$	2,22
1 и 3	$n_1=6$ $n_3=7$	2,22	1 и 3	$n_1=4$ $n_3=4$	2,56
2 и 3	$n_2=9$ $n_3=7$	2,01	2 и 3	$n_2=3$ $n_3=4$	2,22

Таблица 7

**Расчетное среднее количество повторностей  $n_{cp}$  в опыте и попарное сравнение различий  $HCP_{05}$**

Пробная выборка из 30-ти исходных значений			Пробная выборка из 20-ти исходных значений		
Варианты (сорта)	$n_{cp}$	$HCP_{05}$	Варианты (сорта)	$n_{cp}$	$HCP_{05}$
1 и 2	$n_1=8$ $n_2=12$	1,69	1 и 2	$n_1=6$ $n_2=13$	1,79
1 и 3	$n_1=8$ $n_3=10$	1,76	1 и 3	$n_1=6$ $n_3=7$	2,02
2 и 3	$n_2=12$ $n_3=10$	1,59	2 и 3	$n_2=13$ $n_3=7$	1,70

В заключение следует сказать, что для такого рода обработки результатов исследований, с учетом частично выпавших опытных данных, в Ми-чуринском государственном аграрном университете доцентом С.В. Фроловой [3] создана компьютерная программа «ASTRA».

#### *Список литературы*

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. Колос, 1965. – 422 с.
2. Потапов, В.А. Методы обработки экспериментальных данных в плодоводстве / В.А. Потапов, В.И. Кашин, А.Г. Курсаков. – М.: Колос, 1997. – 144 с.
3. Фролова, С.В. К вопросу обработки опытных данных при их частичной утрате в стационарном опыте / С.В. Фролова, Л.И. Никонорова, Л.В. Бобрович // Экологические проблемы отраслей народного хозяйства : сборник трудов международной конференции. – Пенза, 2006 (в печати).

---

### **Application of Non-Orthogonal Schemes of Disperse Analysis in Stationary Experiment for Fruit Growing Research Depending on the Required Estimated Number of Repetitions**

**L.I. Nikonorova, L.V. Bobrovich, S.V. Frolova**

*Michurinsk State Agricultural University*

**Key words and phrases:** disperse analysis; experimental data; stock; young plants; boles.

**Abstract:** The approach to experimental data processing in fruit growing research in case of data loss by means of disperse analysis using non-orthogonal scheme with pair comparison of experiment variants is studied.

---

© Л.И. Никонорова, Л.В. Бобрович, С.В. Фролова, 2006