

УДК 634.1:58.084.2:519.233.4

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО
ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА В САДОВОДСТВЕ**

Лариса Викторовна Бобрович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

bobrovich63@mail.ru

Лариса Ивановна Никонорова

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

lenaniknrva@rambler.ru

Нина Васильевна Андреева

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

89158708767@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы практического применения алгоритмов обработки результатов многофакторного стационарного многолетнего опыта в садоводстве методом дисперсионного анализа. Показана целесообразность проведения таких экспериментов как наиболее приемлемых по организационным соображениям, а также по затратам, с соблюдением при этом всех требований методики эксперимента и математического анализа данных.

Ключевые слова: многофакторный стационарный опыт, дисперсионный анализ, варианты опыта, повторения.

Многофакторный опыт позволяет в отличие от однофакторного выяснить не только влияние двух или более факторов в одном стационарном опыте, но и их взаимодействия на тот или иной результативный показатель или их комплекс. Естественно, что многофакторные опыты несут значительно больше информации, чем однофакторные. Кроме этого, многофакторные опыты позволяют снизить затраты средств, труда и времени на научное решение тех или иных вопросов [3, 4, 7, 10].

Предположим, что требуется выяснить влияние глубины предпосадочной вспашки и предпосадочного удобрения на рост и плодоношение яблони. Если изучать влияние этих двух факторов по отдельности, то потребуется заложить два однофакторных опыта, большая площадь, большое количество посадочного материала и затрат времени и средств на проведение учетов и т.д. и в то же время, в этих двух опытах мы не получим ответа по влиянию взаимодействия этих двух факторов на ростовые показатели и плодоношение яблони, которое представляет особый интерес и, следовательно, нужен третий опыт. Если же заложить двухфакторный опыт по изучению этих интересующих нас факторов, то все отмеченные затруднения снимаются. Представляет интерес постановка и изучение более сложных схем по факторам и грациям многофакторных опытов.

Рассмотрим пример обработки результатов трехфакторного опыта с применением соответствующей схемы дисперсионного анализа [1, 2]. В опыте изучались два сорта земляники – Фестивальная ромашка (1) и Кама (2), два фона предпосадочной подготовки почвы – без удобрений (1) и навоз 30 т/га + P₆₀ K₆₀ (2) и два варианта удобрения земляничной плантации – без удобрений (1) и N₉₀ при дробном внесении (2), т.е. три фактора – сорт (фактор А), предпосадочное удобрение (фактор В) и удобрение плантации (фактор С), в двух грациях каждый (2x2x2).

Данные о средней урожайности за 4 года по изучавшимся вариантам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Трехфакторный опыт 2x2x2

Факторы			Повторения				Σ_{B1}	M
A	B	C	I	II	III	IV		
1	1	1	79	80	86	72	317	79
		2	96	106	105	104	411	103
	2	1	70	94	95	90	349	87
		2	91	104	113	91	399	100
2	1	1	72	72	83	78	305	76
		2	84	93	108	112	397	99
	2	1	73	84	89	90	336	84
		2	83	95	111	104	393	98
Σ_n			648	728	790	741	$\Sigma_X=2907$	$M_0=91$

В этой таблице обычным порядком вычисляют суммы по вариантам, повторениям и общую. А также средние по вариантам и опыту. После чего составляют следующую таблицу, в которую заносят суммы по вариантам (Σ_{B1}) в следующей последовательности (таблица 2).

Таблица 2

Таблица факторов и взаимодействий

Варианты	Σ_{B1}	\mathcal{E}_1	\mathcal{E}_2	Д	М
0	317	728	1476	2907	79
C	411	748	1431	293	103
B	349	702	144	47	87
BC	399	729	149	-79	100
A	305	94	20	-45	76
AC	397	50	27	5	99
AB	336	92	-44	7	84
ABC	393	57	-35	9	98

После соответствующей записи сумм урожаев по вариантам, находят так называемые эффекты (столбцы \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 и Д).

Затем вычисляют сумму квадратов общую, по вариантам и взаимодействиям.

Составляют таблицу дисперсионного анализа (таблица 3).

Таким образом установлено, что достоверное положительное влияние в опыте выявлено по фактору C (удобрение азотом земляничной плантации) и взаимодействия BC (предпосадочное удобрение + азот на плантации). Различия между сортами (фактор A), фонами предпосадочной подготовки почвы (фактор

В), а также по взаимодействиям АВ, АС, АВС не являются существенными.

Таблица 3

Таблица дисперсионного анализа
трехфакторного опыта: 2x2x2

Виды варьирования	Суммы квадратов, ΣQ	Степени свободы, γ	Дисперсия S^2	Критерий существенности	
				F_{ϕ}	$F_{0,95}$
Общее	5150,2	31	-	-	-
Повторений	1300,8	3	-	-	-
Фактор С	2682,8	1	2682,8	67,5	
Фактор В	6,9	1	69,0	1,73	
Взаимодействия ВС	195,0	1	195,0	4,91	4,32
Фактор А	63,3	1	63,3	0,02	
Взаимодействия АС	0,8	1	0,8	0,02	
Взаимодействия АВ	1,5	1	1,5	0,04	
Взаимодействия АВС	2,5	1	2,5	0,06	
Случайные погрешности	896,6	21	39,7	-	-

Далее вычисляем НСР для частных различий и взаимодействий факторов АВС

$$S_d = \sqrt{\frac{2 * S_c^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 * 39,7}{4}} = 4,45 \text{ ц/га},$$

$$НСР_{\phi} = t + S_d = 2,08 * 4,45 = 9,26 \text{ ц/га},$$

($t = 2,08$ для $\gamma = 21$ случайных погрешностей),

по факторам А, В, С –

$$S_d = \sqrt{\frac{2 * S_c^2}{n * n_{\phi}}} = \sqrt{\frac{2 * 39,7}{4 * 2}} = 3,15 \text{ ц/га},$$

$$НСР_{A,B,C} = t + S_d = 2,08 * 3,15 = 6,55 \text{ ц/га},$$

для сравнения со средней по опыту –

$$S_d = \sqrt{\frac{S_c^2 (n_A - 1)(n_B - 1)(n_C - 1)}{n_A + n_B + n_C}} = \sqrt{\frac{39,7 * 1}{2 * 2 * 2}} = 2,2 \text{ ц/га},$$

$$HCP_{cp} = t + S_d = 2,08 * 2,2 = 4,64 / \text{гга}.$$

Сравнения различий по НСР подтверждают результаты дисперсионного анализа и оценку вариантов по F-критерию.

В заключение следует сказать, что в многолетних исследованиях коллектива авторов Мичуринского агроуниверситета отработан целый комплекс методов математической обработки результатов исследований в плодоводстве, в т.ч. рассмотрены различные пути применения дисперсионного анализа неравномерных комплексов (неортогональная схема) при частичной утрате опытных данных; предложена компактная схема дисперсионного анализа четырехфакторного опыта; разработаны компьютерные программы, позволяющие осуществлять дисперсионный анализ и давать заключение о существенности различий в исследованиях. Практически весь предложенный комплекс оптимизации исследований может быть использован не только учеными плодоводами, но и исследователями самых разных научных направлений в работе с другими биологическими объектами [1, 5, 6, 8].

Список литературы:

1. Биометрия плодовых культур / В.А. Потапов, А.И. Завражнов, Л.В. Бобрович, В.Н. Петрушин. Мичуринск, 2004. 332 с.
2. Бобрович Л.В., Андреева Н.В. Практическое применение дисперсионного анализа данных многофакторных опытов в садоводстве // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 239.
3. Болдырь Д.А., Селиванова В.Ю. Корреляционная зависимость урожайности яровой пшеницы от запасов влаги в почве и осадков вегетационного периода при выращивании по основным обработкам на светло-каштановых почвах // Научно-агрономический журнал. 2018. № 2 (103). С. 15-17.
4. Макова Н.Е. Оценка варьирования биометрических показателей смородины черной // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 16.

5. Макова Н.Е., Богданов О.Е. Статистические свойства показателей роста и плодоношения смородины // Вестник КрасГАУ. 2020. № 1 (154). С. 12-17.
6. Методика вегетационных (микрополевых) опытов с многолетними садовыми культурами / Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, А.Ю. Медеяева, И.В. Куличихин, Н.Е. Макова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (59). С. 9-12.
7. Повышение точности определения вариационно-статистических характеристик и оценки различий в исследованиях / Л.В. Бобрович, Н.В. Андреева, Н.В. Картечина, Л.И. Никонорова, Н.В. Пчелинцева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 69-75.
8. Статистико-морфометрический анализ листьев смородины с использованием цифровых технологий / Н.Е. Макова, О.Е. Богданов, Н.В. Картечина, Л.И. Никонорова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (59). С. 27-30.
9. Статистическая оценка динамики роста и плодоношения яблони [Текст] / Н.В. Картечина, А.И. Бутенко, Л.В. Брижанский, Н.В. Пчелинцева, Л.В. Бобрович // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 31-36.
10. Факторный анализ данных по урожайности раннего картофеля в полевом опыте и обработка результатов имитационного моделирования / В.В. Бородычев, Ю.П. Добрачев, А.А. Бубер, С.А. Меньшикова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 404-419.

UDC 634.1:58.084.2:519.233.4

**PRACTICAL APPLICATION OF MULTIVARIATE ANALYSIS
OF VARIANCE IN HORTICULTURE**

Larisa V. Bobrovich

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

bobrovich63@mail.ru

Larisa I. Nikonorova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

lenaniknrva@rambler.ru

Nina V. Andreeva

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

89158708767@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article deals with the practical application of algorithms for processing the results of multifactorial stationary long-term experience in horticulture by the method of variance analysis. The expediency of conducting such experiments as the most acceptable for organizational reasons, as well as for costs, while observing all the requirements of the experimental methodology and mathematical data analysis.

Key words: multifactor stationary experience, analysis of variance, variants of experience, repetition.

Статья поступила в редакцию 19.11.2021; одобрена после рецензирования 02.12.2021; принята к публикации 21.12.2021.

The article was submitted 19.11.2021; approved after reviewing 02.12.2021; accepted for publication 21.12.2021.