

УДК 634.1: 58.084.2: 519.233.4

**ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХФАКТОРНОГО
ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА В САДОВОДСТВЕ**

Любовь Андреевна Михайлова

аспирант

Лариса Викторовна Бобрович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

bobrovich63@mail.ru

Нина Васильевна Андреева

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

89158708767@mail.ru

Лариса Ивановна Никонорова

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

lenaniknrva@rambler.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы практического применения метода дисперсионного анализа результатов стационарного многолетнего эксперимента в садоводстве на примере двухфакторной схемы для обработки данных, полученных в опыте по удобрению плантации земляники. Показано, что двухфакторный эксперимент с соблюдением всех требований методики и математической обработки данных позволяет получить значительно больше информации при сокращении организационных затрат.

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

Дисперсионный анализ – наиболее совершенный метод статистической обработки данных. Обычно дисперсионный анализ дает возможность оценить силу и достоверность влияния факторов на какой-либо количественный признак. Преимущества дисперсионного анализа заключаются в вычленении из общего варьирования его компонентов, в вычислении обобщенной ошибки всего опыта на основе большего числа наблюдений, чем индивидуальные ошибки отдельных вариантов в недисперсионных методах. В конце дисперсионного анализа обязательно вычисляют относительную ошибку всего опыта. По числовому значению относительной ошибки судят о точности опыта. Определение точности обязательно при анализе результатов любых исследований [1, 2, 4].

Дисперсионный анализ особенно ценен для многофакторных опытов, так как позволяет определить достоверность не только действия, но и взаимодействия факторов, и их воздействия на тот или иной результативный показатель либо 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, 11].

Тем не менее, к сожалению, до сих пор даже двух и более факторные эксперименты исследователи зачастую обрабатывают по каждому фактору отдельно, теряя значительную часть информации, которую можно было бы получить, используя более развернутые схемы дисперсионного анализа.

Рассмотрим пример обработки результатов двухфакторного опыта по изучению влияния удобрений на плодоношение земляники сорта Фестивальная ромашка [9,12]. Опыт был заложен методом рендомизированных повторений с 4-х кратной повторностью, изучалось предпосадочное удобрение и внесение азота на плантации земляники. Вариантами предпосадочного удобрения (фактор А) были: 0 – контроль, без удобрений, 1 – внесение фосфорно-калийных удобрений из расчета $P_{60} K_{60}$ и 2 – внесение навоза по 30 т/га + фосфор и калий $P_{60} K_{60}$. Внесение азота на плантации земляники (фактор В)

изучалось в следующих вариантах: 1- контроль (азот не внесли), 2 - N₄₅ весной, 3 - N₄₅ после уборки урожая, 4 – N_{22.5} весной + N_{22.5} после уборки урожая и 5 – N₄₅ весной + N₄₅ после уборки урожая. Необходимо установить наличие или отсутствие влияния предпосадочного удобрений и внесения азота на плантации, а так же их взаимодействия на урожайность земляники. Средние за 4 года поделяночные урожаи земляники в ц/га приведены в таблице 1.

В этой таблице подсчитывают суммы по вариантам (Σ_{B_1}), повторениям (Σ_n) и общую (Σ_X), а также средние урожаи по вариантам и опыту.

Таблица 1

Поделяночная урожайность земляники в двухфакторном опыте

Фактор А, предпосадочное удобрение	Фактор В, азотные удобрения на плантации	Повторения				Σ_{B_1}	Средние
		I	II	III	IV		
0	1	79	80	86	72	317	79
	2	88	88	89	92	357	89
	3	89	93	103	92	377	94
	4	92	89	98	95	374	94
	5	96	106	105	104	411	103
1	1	72	84	92	77	325	81
	2	85	90	100	88	363	91
	3	103	97	102	91	393	98
	4	91	109	91	93	384	96
	5	89	99	100	96	384	96
2	1	70	94	95	90	349	87
	2	87	87	100	97	371	93
	3	88	92	102	95	377	94
	4	88	108	104	95	395	99
	5	91	104	113	91	399	100
Σn		1308	1420	1480	1368	$\Sigma_X=5576$	$M_0=93$

Далее вычисляют общее количество делянок, корректирующий фактор, определяют суммы квадратов отклонений: общую, повторений, вариантов и случайных погрешностей [5-8, 10]. После этих вычислений, аналогичных однофакторному дисперсионному комплексу, в многофакторном опыте определяют суммы квадратов для каждого изучаемого фактора и их взаимодействий. В нашем примере для факторов А, В, и их взаимодействия АВ. [13-15]. Для этого составляют таблицу суммарных урожаев по вариантам и

вычисляют суммы для нахождения влияния изучавшихся факторов (таблица 2).

Таблица 2

Таблица сумм урожаев

Фактор А	Фактор В					Σ_A
	1	2	3	4	5	
0	317	357	377	374	411	1836
1	325	363	393	384	384	1849
2	349	371	377	395	399	1891
Σ_B	991	1091	1147	1153	1194	$\Sigma_X = 5576$

Здесь снова должно быть выдержано равенство $\Sigma_X = \Sigma_B + \Sigma_A$.

По данным таблицы 2 вычисляют сумму квадратов отклонений для факторов и их взаимодействия и составляют таблицу дисперсионного анализа (таблица 3).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта (3x5), проведенного методом рендомизированных повторений

Виды варьирования	Суммы квадратов, ΣQ	Степени свободы, γ	Дисперсия S^2	Критерий существенности	
				F_ϕ	$F_{0,95}$
Общее	4724	60-1=59	-	-	-
Повторений	1076	4-1=3	-	-	-
Фактор А (предпосадочного удобрения)	83	3-1=2	$\frac{83}{2} = 41,5$	$\frac{41,5}{29,6} = 1,40$	3,23
Фактор В (внесение азота на плантации земляники)	2055	5-1=4	$\frac{2055}{4} = 513,8$	$\frac{513,8}{29,6} = 17,4$	2,6
Взаимодействие АВ	270	(3-1)(5-1)=8	$\frac{270}{8} = 33,8$	$\frac{33,8}{29,6} = 1,14$	2,18
Случайные погрешности	1240	59-17=42	$\frac{1240}{42} = 29,6$	-	-

Из таблицы дисперсионного анализа видно, что предпосадочное удобрение (фактор А) не оказало существенного влияния на урожай земляники, т.к. $F_\phi < F_{0,95} = 1,40 < 3,23$, влияние же азота, внесившегося на плантации (фактор В) было достоверным, поскольку $F_\phi > F_{0,95} = 18,07 > 2,61$, а влияние взаимодействия предпосадочного удобрения и внесения азота в период роста

земляники (AB) также не существенно ($F_{\phi} < F_{0,95} = 0,79 < 2,18$). Однако этот вывод является слишком общим.

Для окончательного сопоставления средних урожаев вычисляют достоинства наименьших существенных различий.

Для оценки частных различий (между любыми средними величинами) –

$$Sd = \sqrt{\frac{2s^2c}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 29.6}{4}} = 3.81 \text{ ц / га}$$

$$НСР_{\text{ч}} = t \times Sd = 2.0 \times 3.81 = 7.62 \text{ ц/га.}$$

Для оценки различий по фактору А –

$$Sd = \sqrt{\frac{2s^2c}{n_B n}} = \sqrt{\frac{2 \times 29.6}{5 \times 4}} = 1.71 \text{ ц / га}$$

$$НСР_A = 2,0 \times 1,71 = 3,42 \text{ ц/га.}$$

Для оценки различий по фактору В и взаимодействия АВ –

$$Sd = \sqrt{\frac{2s^2c}{n_A n}} = \sqrt{\frac{2 \times 29.6}{3 \times 4}} = 2.22 \text{ ц / га,}$$

$$НСР_{\text{ВAB}} = 2,0 \times 2,22 = 4,44 \text{ ц/га.}$$

Для оценки различий между любой средней и средним урожаем по всему опыту -

$$Sd = \sqrt{\frac{s^2c(n_A-1)(n_B-1)}{n_F n_B n}} = \sqrt{\frac{29.6 \times 2 \times 4}{3 \times 5 \times 4}} = 2.0 \text{ ц / га,}$$

$$НСР_{\text{ВAB}} = 2,0 \times 2,0 = 4,0 \text{ ц/га.}$$

НСР_ч = 7,62 ц/га - для средних частных различий.

НСР_{ср} = 4,00 ц/га - для сравнения со средней урожайностью по опыту.

Для наглядности сравнений составляют заключительную таблицу 4.

Таблица 4

Влияние предпосадочного удобрения и внесения азота на плантации на урожайность земляники

Фактор А	Фактор В					Среднее по фактору А НСР _А =3,42
	1	2	3	4	5	
0	79	89	94	94	103	92
1	81	91	98	96	96	92
2	87	93	96	99	100	95
Среднее по фактору В НСР _В =4,45	82	91	95	96	100	М ₀ =93

Таким образом, в результате двухфакторного дисперсионного анализа рассмотренного опыта мы получили достаточно развернутую информацию по влиянию различных способов удобрения плантаций земляники на её урожайность.

Так, было установлено, что все варианты с внесением азота на плантации оказывают достоверное положительное влияние на урожай земляники в сравнении с вариантами, в которых азот не применяли. В вариантах с азотом лучшими являются N_{90} и N_{45} (5-й и 4-й) при дробном внесении, между ними же различие не существенно. В среднем по опыту не установлено влияние предпосадочного удобрения, однако это не говорит обо всех без исключения вариантах. По вариантам, в которых вносили азот, предпосадочный фон действительно не проявил себя, однако между вариантами навозно-фосфорно-калийного предпосадочного удобрения (87 ц/га) и контрольным (79 ц/га) установлено достоверное влияние предпосадочного фона и т.д.

В целом по опыту, для практического применения на основании проведенного анализа можно рекомендовать дробное внесение азота на плантации земляники N_{45} весной + N_{45} после уборки урожая как наиболее эффективный вариант. Однако приведенная обработка данных показала, что и 4-й вариант не менее эффективен, но он в два раза дешевле.

Обработка каждого варианта опыта по однофакторной схеме дисперсионного анализа не дала бы нам такое количество обобщающей информации по полученным результатам и потребовала бы дополнительных затрат труда и времени на её получение. Следует также отметить, что рассмотренная схема может быть использована не только исследователями в области садоводства, но и в работе с самыми разными биологическими объектами.

Список литературы:

1. Алферьев Д.А., Федулова Л.И. Применение однофакторного дисперсионного анализа при решении задач АПК // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 68-й студенческой научной конференции. 2017. С. 353-358.
2. Ганичева А.В., Ганичев А.В., Королева Ю.С. Дисперсионный анализ урожайности топинамбура // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 438-442.
3. Иерархический анализ экспериментальных данных / Л.В. Бобрович, Н.В. Картечина, Н.В. Андреева, С.О. Чиркин // Наука и Образование. 2019. Т. 3. № 3. С. 2.
4. Каталажнова И.Н. Приложение дисперсионного анализа к анализу статистической устойчивости экспериментальных данных // Успехи современного естествознания. 2004. № 4. С. 52-53.
5. Клугман И.Ю., Ковылов Н.Б., Соколов И.Л. Способ дисперсионного анализа // Авторское свидетельство SU 303585 А1, 13.05.1971. Заявка № 1206812/23-4 от 28.12.1967.
6. Кудайбергенова Ж.А., Аскарлова Н.А., Сагындыкова К.Ж. Компьютерная обработка дисперсионного анализа // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. № 6 (42). С. 199-202.
7. Лазарева Н. Дисперсионный анализ как средство оценки результатов // Комбикорма. 2016. № 11. С. 95-98.
8. Лорсанова З.М. Дисперсионный анализ, как метод решения задач статистики в программе excel // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 12-4 (56). С. 147-152.
9. Многофакторный дисперсионный анализ в садоводстве / С.В. Фролова, Л.И. Никонорова, Н.В. Картечина, Л.В. Бобрович, З.Н. Тарова, И.Н.

Мацнев // Почвы и их эффективное использование: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора В.В. Тюлина. 2018. С. 250-255.

10. Плотникова С.В., Беришвили О.Н. Дисперсионный анализ данных вегетационного опыта // Инновации в системе высшего образования: сборник научных трудов Международной научно-методической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. 2018. С. 260-263.

11. 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.

12. Практическое применение дисперсионного анализа данных многофакторных опытов в садоводстве / Л.В. Бобрович, Н.В. Андреева // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 239.

13. Соловьёв А.И. Дисперсионный анализ структуры сельскохозяйственных угодий агропромышленного комплекса муниципальных образований // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 3 (39). С. 33-35.

14. Уварова Л.А., Бураева Е.В. Применение дисперсионного анализа при исследовании фактора эффективности в аграрном секторе // Глобализация - путь к объединению: сборник научных статей Международной научно-практической конференции / под редакцией: Бычковой Л.В., Кузьминой В.М.; Юго-Западный государственный университет. 2015. С. 245-248.

15. Худяков В.Н. Дисперсионный анализ в научном исследовании // Подготовка профессиональных управленческих кадров: опыт, проблемы, инновационные образовательные технологии: материалы второй Международной научно-практической конференции. 2011. С. 193-199.

**ADVANTAGES OF USING TWO-FACTOR ANALYSIS
OF VARIANCE IN HORTICULTURE**

Lyubov A. Mikhailova

graduate student

Larisa V. Bobrovich

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

bobrovich63@mail.ru

Nina V. Andreeva

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

89158708767@mail.ru

Larisa I. Nikonorova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

lenaniknrva@rambler.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article discusses the practical application of the method of dispersion analysis of the results of a stationary long-term experiment in horticulture on the example of a two-factor scheme for processing data obtained in the experiment on fertilizing a strawberry plantation. It is shown that a two-factor experiment with compliance with all the requirements of the methodology and mathematical data processing makes it possible to obtain significantly more information while reducing organizational costs.

Key words: stationary experience, variants of experience, repetition, two-factor analysis of variance, gardening.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 08.12.2021; принята к публикации 24.12.2021. The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 08.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.