

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 10.07.2023 05:46:49
Уникальный программный ключ:
f7c6227919e4cdbfb4d7b682991f8553b37cafb

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского

Агрономический факультет
Кафедра земледелия и растениеводства

Статистические методы обработки экспериментальных данных

**для направления подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство»,
профиль «Общее земледелие, растениеводство»**

Методические указания

Иркутск 2017

Опубликовано по решению Ученого совета Агрономического факультета
Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского от 22 декабря 2017 года

Коллектив авторов: Бурлов С.П., к.с.-х.н., доцент,
Сагирова Р.А., д.с.-х.н., профессор,
Бояркин Е.В., к.б.н., доцент,
Абрамов А.Г., к.с.-х.н., доцент,
Абрамова И.Н., к.с.-х.н., доцент,
Большешапова Н.И., аспирант

Рецензенты: Афонина Т.Е., д.г.н., профессор Иркутского ГАУ
Султанов Ф.С., к.с.-х.н., с.н.с., ФГБНУ «Иркутский НИИСХ»

Допущено Учебно-методическим советом Агрономического факультета Иркутского ГАУ в качестве методического указания для аспирантов, обучающихся по направлениям агрономического образования.

Статистические методы обработки экспериментальных данных: методические указания / С.П. Бурлов, Р.А. Сагирова, Е.В.Бояркин и др. - Иркутск: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2017. - 31 с.

В методических указаниях рассмотрены современные методы обработки экспериментальных данных. Приведены задания для самостоятельного выполнения контрольных работ по дисциплине.

Пособие предназначено для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов агрономического факультета сельскохозяйственных вузов.

© Коллектив авторов, 2017 © ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
имени А.А. Ежевского

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели и задачи курса

Цель дисциплины: – формирование знаний и умений по статистическим методам обработки экспериментальных данных, планированию, техники закладки и проведению эксперимента и применению статистических методов анализа опытных данных.

Задачами дисциплины являются изучить:

- освоить применение статистических методов анализа в агрономических исследованиях.
- уметь планировать схему и структуру опыта.
- уметь статистически обработать результаты исследований методом дисперсионного, корреляционного, регрессионного анализов

Требования к уровню освоения содержания дисциплины:

В результате изучения дисциплины студенты должны:

Знать: - основы научных исследований в агрономии

- статистические методы анализа в агрономических исследованиях
- основы методики полевого опыта

Уметь: - планировать сельскохозяйственный эксперимент

- обработать данные эксперимента методом дисперсионного, корреляционного, регрессионного анализов
- применить программы статистических обработок данных на ПК

Иметь представление: - о новых разработках и методиках проведения опытов

1.2. Список рекомендуемой литературы

Основная:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: Агропромиздат, 1985.- с.351
2. Кирюшин Б.В. Основы научных исследований в агрономии. /Б.В. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев/. –М. «Колос», –2009. – с. 298 .

Дополнительная:

1. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Пер. с англ. М.: Колос, 1981.- с.319.
2. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка результатов. М.: Колос, 1978
3. Рычков В.А., Бурлов С.П. Основы научных исследований в агрономии / Учебное пособие., Иркутск: ИГСХА, 2005г.- с.111

РАЗДЕЛ 2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

2.1 Общие положения

Аспирант выполняет контрольную работу после усвоения теоретического материала по Доспехову (1). Объем контрольной работы не должен превышать размера школьной тетради. Текст писать разборчиво, оставляя поля по 3 см и каждую страницу пронумеровать. В конце работы привести список использованной литературы и других источников. Работу подписать и датировать. После проверки и получения работы, необходимо познакомиться с замечаниями, все их устранить, прилагая старый текст. Цифры при необходимости исправления зачеркнуть одной линией и записать нужную.

Контрольная работа предусматривает выполнение трех заданий. Ответы давать в последовательности, предусмотренной настоящим контрольным заданием.

В задании 1 предусматривается выявить теоретическую подготовку, необходимую для планирования конкретного полевого опыта в соответствии с заданием 2. основной источник информации – учебник, сведения полученные в опытном учреждении.

В задании 2 необходимо спланировать конкретный однофакторный полевой опыт. Источник информации – учебник, сведения, полученные в опытном учреждении, специальная сельскохозяйственная литература. По этому заданию должны быть сделаны конкретные разработки, которые нельзя заменить общими рассуждениями. Это задание строго индивидуальное. В противном случае работа не будет зачтена.

В задании 3 предусматривается обработать методом дисперсионного анализа данные по урожайности двух полевых опытов. Конкретное задание даны в текстовом задании.

Содержание контрольных заданий

Задание 1

1. Кратко охарактеризовать основные методы исследования, применяемые в научной агрономии.
2. Написать определения полевого опыта и сельскохозяйственного производственного опыта. Какое между ними различие, если оно есть?
3. Перечислить основные методические требования к полевому опыту.
4. Классификация полевых опытов. Какие опыты целесообразно проводить в условиях производства? Их краткая характеристика.
5. Перечислить основные элементы методики полевого опыта. Каково их влияние на точность полевого опыта.
6. Описать методы размещения делянок на опытном участке, повторений, вариантов.
7. Перечислить основные этапы научного исследования
8. Кратко описать технику разбивки и оформления полевого опыта на опытном участке.
9. Указать требования, предъявляемые к полевым работам на опытном участке.
10. Указать способы учета урожая и их особенности.

Задание 2

Планирование однофакторного полевого опыта

При выполнении этого задания нужно придерживаться указанной последовательности. Студентам желательно спланировать опыт с полевой, овощной культурой открытого и закрытого грунта. При выполнении этого задания придерживаться следующего плана:

1. Выбрать тему и сформулировать ее название.
2. Выдвинуть рабочую гипотезу. Рабочая гипотеза – это научное предвидение результатов опыта.
3. Сформулировать задачи исследования.
4. Указать объекты исследования (культура, сорт).
5. Разработать схему опыта (совокупность опытных и контрольных вариантов). Пример схемы однофакторного полевого опыта дан в учебнике 1, с. 74.
6. Описать все элементы методики полевого опыта. Указать площадь делянки (опытной и учетной), ее длину, ширину, повторность, метод размещения вариантов, метод размещения делянок, метод

размещения повторений. Метод учета урожая и повторность опыта во времени.

7. Подобрать опытный участок в поле конкретного полевого или овощного севооборота, соорудении защищенного грунта. Выбор обосновать.

8. Начертить схематический план полевого опыта (см. пример в учебнике 1, с. 89). Показать все размеры: общего контура опыта, контура повторений, делянок. Указать номера делянок, вариантов.

9. Дать схему дисперсионного анализа для обработки полученной в опыте информации. На с. 210 учебника приведены схемы дисперсионного анализа однофакторного опыта.

10. описать методику одного сопутствующего наблюдения.

Примерный план методики наблюдения:

- 1) название наблюдения;
- 2) на каких делянках оно проводится (на всех делянках или только на одного-двух повторений);
- 3) сроки проведения наблюдений;
- 4) количество отбираемых проб на делянке;
- 5) размер одной пробы;
- 6) метод отбора проб.

Пример планирования полевого опыта при выполнении выпускной квалификационной работы (Доспехов Б.А., 1985, с. 40-70; 72-91).

В данном задании аспирант должен самостоятельно запланировать тему своей будущей выпускной работы. Выбрать название темы и составить план исследования может самостоятельно или с помощью научного руководителя.

Перед выполнением задания необходимо проработать следующие вопросы:

1. Методические требования, предъявляемые к полевому опыту.
2. Классификация полевых опытов и проводимых в условиях хозяйства.
3. Требования к планированию полевого опыта.
4. Основные элементы методики полевого опыта.
5. Требования к схематическому плану полевого опыта, техника разбивки и оформления полевого опыта.
6. Схема дисперсионного анализа результатов полевого опыта..
7. Методика взятия образцов почвы, растений и других объектов исследования в полевом опыте.

После выбора темы необходимо кратко её обосновать, определить задачу, выработать рабочую гипотезу, составить схему опыта, определить методику ее определения, начертить схематический план с указанием повторений, опытных делянок, защитных полос и других элементов опыта. Указать основные работы по закладке и проведению опыта, разработать программу сопутствующих наблюдений, способы уборки и учета урожая.

Порядок выполнения работы следующий:

1. Сформулировать тему исследования, рабочую гипотезу, конкретные задачи полевого опыта и объекта исследования.
2. Разработать схему и элементы методики полевого опыта (студент-заочник планирует полей опыт в условиях хозяйства).
3. Подобрать опытный участок, учесть его особенности (склон, влияние различных второстепенных факторов).
При планировании полевого опыта в теплице учесть различный микроклимат.
4. Начертить схематический план полевого опыта.
Показать все размеры, размещение вариантов на делянках, повторения.
Предусмотреть применение сельскохозяйственной техники.
5. Определить схему дисперсионного анализа для получения в опыте достоверных урожайных данных.
6. Разработать подробную методику двух сопутствующих наблюдений, требующих взятия выборок.
Указать методику взятия образцов почвы, растений и др. объектов (сроки, делянки, место на делянке и др.).
7. Указать методику уборки урожая.

Пояснения к выполнению задания

Размеры опытной делянки показаны на рисунке 1.

Длина делянки 50 м, ширина 7,2 м, площадь опытной делянки 360 м². Ширина боковых защиток 1 м, концевых защитных полос 2 м. Площадь учетной части опытной делянки, соответственно, равна 46 м x 5,2 м = 239 м². Выбрать название темы и составить план исследования может помочь научный руководитель кафедры.

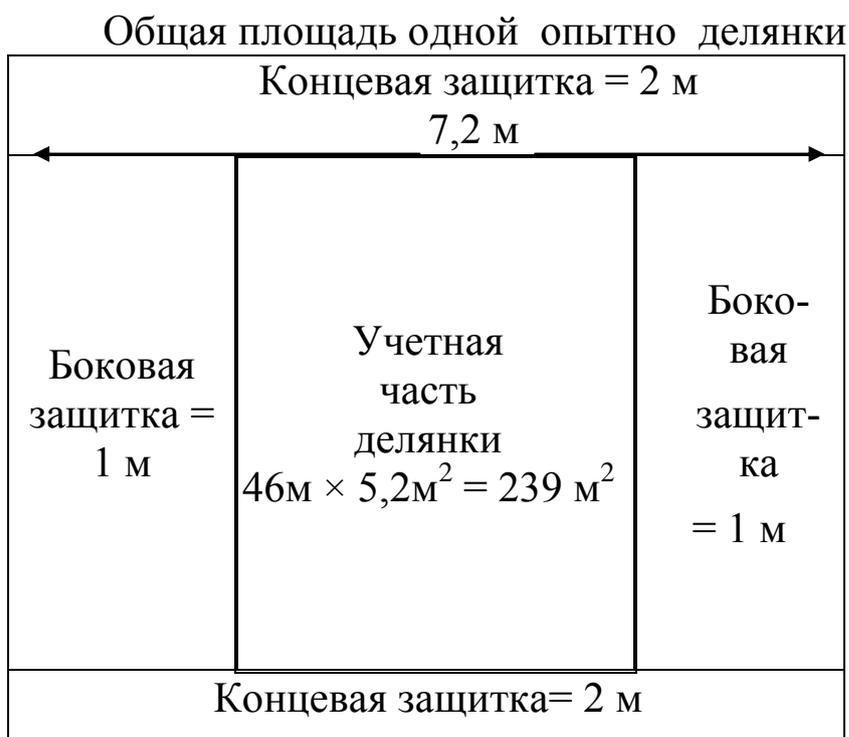


Рис. 1. Схема одной опытной делянки.

Программа сопутствующих наблюдений:

1) Фенологические наблюдения (дата посева, начало всходов, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная спелость, восковая спелость, полная спелость)

2) Полевая всхожесть по вариантам

3) Структура урожая пшеницы (число растений на 1 м^2 , число колосоносных растений на 1 м^2 , коэффициент кустистости, длина колоса, число колосков в колосе, масса зерна с колоса, масса соломы с растения, отношение зерна к соломе, масса одного колоса)

4) Физические показатели качества зерна (натура зерна, масса 1000 семян, стекловидность, энергия прорастания, всхожесть, содержание белка, клейковины)

Следует подробно описать методику проведения сопутствующих наблюдений.

Указать планирующиеся методы уборки урожая (учитывая возможность выключек и уборку механизированную либо ручную).

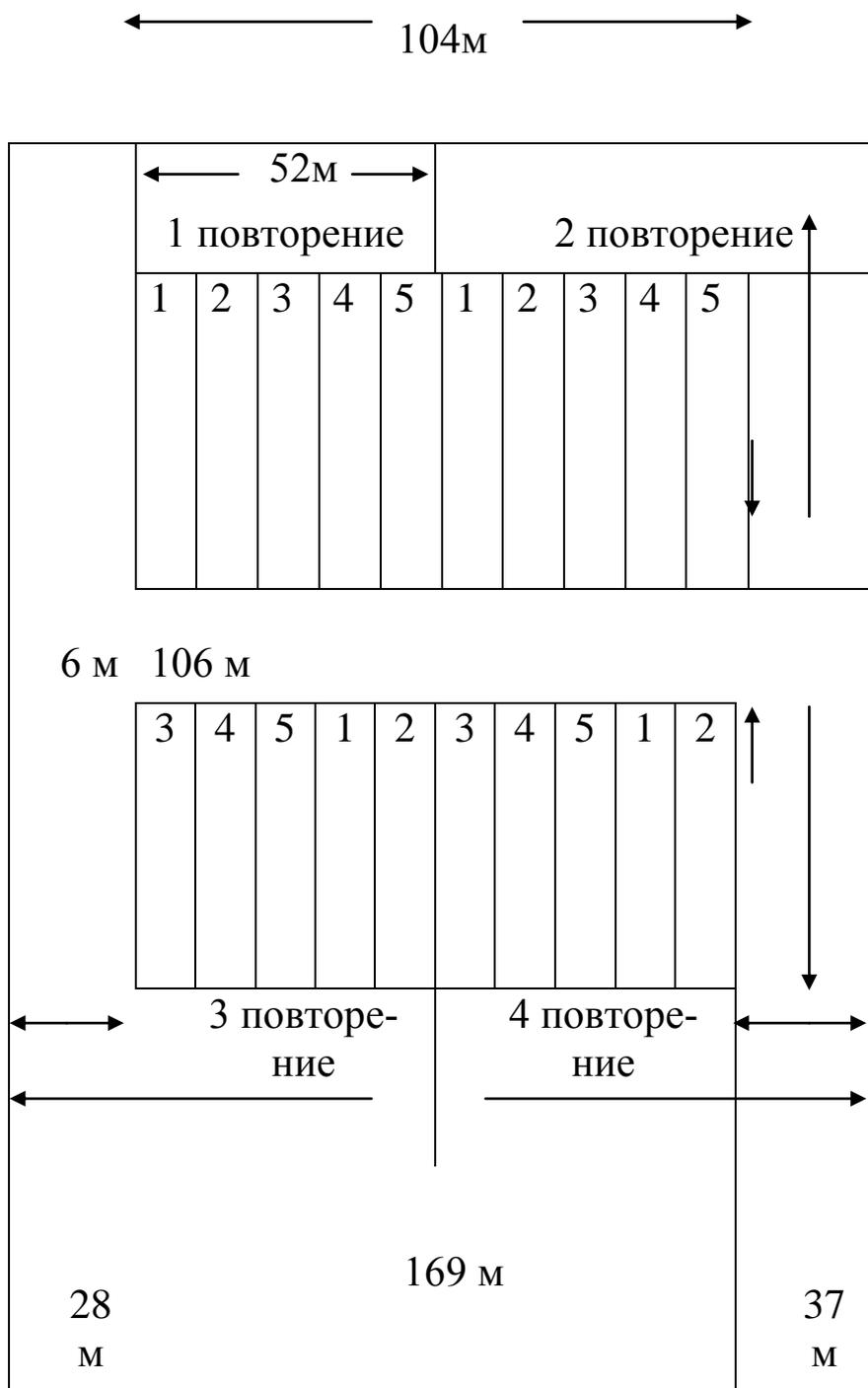


Рис.2. Схематический план полевого опыта.

Задание 3

Дисперсионный анализ урожайных данных однофакторного полевого опыта

В этом задании необходимо обработать данные с ячменем и капустой. Порядок расчетов показан в учебнике на с. 231-233.

Номера вариантов взять из таблицы 1 по двум последним цифрам шифра зачетной книжки.

Далее необходимо выполнить все расчеты в последовательности, как показано в данной методичке. После проведенных расчетов делается предварительный вывод. Для этого сравнивают критерий Фишера фактический ($F_{\text{фак}}$) с критерием Фишера табличным (F_{05}).

Если $F_{\text{фак}} < F_{05}$ это обозначает, что в опыте нет существенной разницы между вариантами опыта. В этом случае вычисляют только ошибку опыта ($x^{\bar{}}$)

Если $F_{\text{фак}} > F_{05}$, то делается предварительный вывод, что в опыте есть различие между вариантами и нулевая гипотеза отвергается. Для определения вариантов с существенной прибавкой вычисляют НСР и составляют итоговую таблицу. В учебнике показана таблица 45 с.233. различие между вариантами сравнивается с $НСР_{05}$. Если фактическая разность $d > НСР_{05}$, то она существенна, а если $d < НСР_{05}$. один из вариантов надо взять за контрольный вариант и сравнить с ним остальные.

Если отклонения средних урожаев от контроля с положительным знаком равны или больше $НСР_{05}$, такие варианты относятся к 1 группе.

Если отклонения с положительным или отрицательным знаком не выходят за пределы $НСР_{05}$ – 2 группа. Отклонения с отрицательным знаком больше по абсолютной величине $НСР_{05}$ – 3 группа.

Если получится, что оба варианта существенно превышают контроль, тогда надо сравнить их между собой и установить, есть ли между ними существенное различие, если оно есть, надо рекомендовать вариант с наибольшей урожайностью.

Таблица 1 – Номера вариантов для двух полевых опытов, урожайность которых обработать методом дисперсионного анализа

Пред-последняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	10,9,3	5,4,7	17,15,19	7,2,4	17,11,15	18,17,19	3,6,4	17,19,15	11,16,15	16,15,17
2	18,19,20	9,3,5	15,18,17	11,14,17	16,15,18	11,17,18	17,15,16	8,6,5	12,14,20	18,16,20
3	13,12,16	1,3,8	7,8,6	11,14,19	4,8,2	8,2,9	18,16,19	15,12,17	7,3,6	16,18,19
4	5,3,8	5,8,6	9,5,7	16,14,20	18,16,17	18,11,20	11,16,19	11,17,20	14,13,16	10,2,5
5	6,1,2	1,9,2	8,6,3	17,19,18	2,6, 10	1,3,6	4,2,5	11,13,16	9*,4,3	4,7,9
6	8,2,7	3,9, 8	7,,2,3	14,13,11	5,6,1	2,5,3	7,6,1	17,15,18	9,4,3	4,7,9
7	1,2,5	5,9,1	15,17,20	1,5,8	11,16,18	9,5,2	8,1,5	14,12,13	3,5,4	7,3,1
8	16,12,20	13,12,20	7,9, 10	11,18,19	5,9,7	11,19,20	1,3,2	1,9,3	13,12,14	8,3, 10
9	11,12,20	11,12,13	4,6,2	2,10,7	18,17,20	11,17,18	11,14,16	7,8,9	2,5,6	16,15,19
0	11,15,18	3,9,7	14,20,19	6,3,2	2,6,9	14,13,20	3,6,1	13,12,20	7,5,10	11,12,14

Таблица 2 – Урожайность ячменя для таблицы 4-А
(исходная для расчетов)

Вари-ант(номер)	Урожайность по повторениям для таблицы 4-А, т/га				Вари-ант(номер)	Урожайность по повторениям для таблицы 4-А, т/га			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1	2,41	2,64	2,56	2,72	11	6,08	5,74	6,18	5,98
2	2,19	2,05	2,37	2,08	12	5,82	6,15	6,16	5,97
3	2,64	2,87	2,59	2,71	13	6,25	6,34	6,53	5,97
4	2,87	3,15	2,70	2,94	14	5,88	6,15	5,96	6,24
5	2,67	2,47	2,33	2,61	15	4,95	5,32	5,07	4,83
6	2,82	2,68	2,86	2,79	16	5,41	5,52	5,61	5,48
7	2,94	3,12	2,98	2,76	17	5,76	5,92	5,68	5,87
8	2,26	2,43	2,19	2,38	18	5,64	8,80	5,85	5,73
9	2,05	2,27	1,98	2,16	19	5,66	5,89	5,57	5,76
10	2,39	2,26	2,43	2,41	20	6,18	5,88	5,97	6,02

Таблица 3 – Урожайность кочанов капусты для таблицы 4-Б
(исходная для расчетов)

Вари-ант(номер)	Урожайность по повторениям для таблицы 4-Б, т/га				Вари-ант(номер)	Урожайность по повторениям для таблицы 4-Б, т/га			
	1	2	3	4					
1	36,4	36,0	38,0	37,5	11	40,8	39,7	42,2	38,9
2	38,1	39,6	41,5	40,8	12	32,8	29,6	31,5	30,6
3	59,9	57,0	61,5	60,7	13	34,5	35,9	36,0	35,2
4	39,1	40,2	38,4	41,5	14	37,5	38,7	36,9	38,8
5	33,0	33,6	29,0	31,0	15	42,3	45,7	44,0	43,5
6	40,5	39,7	41,6	42,0	16	36,7	32,5	34,9	34,5
7	42,1	41,6	44,0	43,6	17	40,5	38,9	41,5	40,0
8	64,8	62,5	65,5	66,0	18	27,1	29,6	28,7	29,0
9	42,0	42,1	43,5	44,0	19	31,0	31,5	30,7	31,9
10	36,6	37,5	35,7	38,0	20	23,7	25,0	22,4	23,5

Таблица 4-А – Урожайность зерна ячменя, т/га

Вариант (номер в скобках - номер из таблицы 1	Повторения ,X				Сумма V (ΣV)	Средняя \bar{x}
	1	2	3	4		
1(18)	5,64	5,80	5,85	5,73	23,02	5,76
2(16)	5,41	5,52	5,61	5,48	22,02	5,50
3(17)	5,76	5,92	5,68	5,87	23,23	5,81
Сумма P (ΣP)	16,81	17,24	17,14	17,08	$\Sigma X=68,27$	$\bar{x}_0=5,69$

Таблица 4-А – Урожайность кочанов капусты, т/га

Вариант (номер в скобках - номер из таблицы 1	Повторения ,X				Сумма V (ΣV)	Средняя \bar{x}
	1	2	3	4		
1(18)	27,1	29,6	28,7	29,0	114,4	28,6
2(16)	36,7	32,5	34,9	34,5	138,6	34,6
3(17)	40,5	38,9	41,5	40,0	160,9	40,2
Сумма P (ΣP)	104,3	101,0	105,1	103,5	$\Sigma X=413,9$	$\bar{x}_0=34,5$

1. ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Математическая статистика – это один из разделов математики, позволяет делать умозаключения о всей (генеральной) совокупности на основе наблюдений над выборочной совокупностью, или выборкой.

Основа математической статистики – теория вероятностей, наука, изучающая общие закономерности в массовых случайных явлениях различной природы, и применяется везде, где приходится иметь дело с планированием экспериментов и обследований, с

оценкой параметров и проверкой гипотез, с принятием решений при изучении сложных систем.

Результаты опытов всегда подвержены тем или иным посторонним влияниям, помимо изучаемых, т.е. содержит некоторый элемент случайности, который измеряется величиной экспериментальной ошибки.

Знание современных методов статистической обработки необходимо для количественной характеристики наблюдений и данных, при планировании опыта и интерпретации окончательных результатов. Но сами по себе эти методы не могут заставить плохо поставленный опыт дать хорошие результаты.

При постановке добротных, целенаправленных опытов, математическая статистика помогает агрономическому исследованию в выборе оптимальных условий для проведения опыта, дает объективную, количественную оценку экспериментальным данным.

Всякое массовое, множественное явление (группа растений или животных) представляет собой совокупность особей, случаев, фактов, предметов, т.е. некоторых условных единиц, каждая из которых индивидуальна и отличается от других рядом признаков (массой, высотой, количеством продукции и т.д.).

Свойство условных единиц отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях называется **изменчивостью** или варьированием. Оно присуще всем предметам в природе (двух совершенно одинаковых предметов не существует) и определяется случайными причинами.

Варьирующими признаками у растений являются, например, их высота, количество и масса зерен в колосе, масса и количество клубней в гнезде, содержание крахмала, клейковины, протеина и др.

Вся группа объектов, подлежащая изучению называется **генеральной совокупностью**. Но т.к. не всегда возможно исследовать всю совокупность, изучают лишь часть ее.

Часть объектов, которая попала на проверку, исследование называется выборочной совокупностью или просто выборкой.

Главная цель выборочного метода – по статистическим показателям выборки возможно точнее охарактеризовать всю генеральную совокупность.

Возможные значения варьирующего признака X называют вариантами и обозначают $X_1, X_2, X_3 \dots X_{II}$.

При этом каждое значение варианта повторяется неодинаковое число раз.

Числа, которые характеризуют, сколько раз повторяется каждое значение признака у членов данной совокупности, называются частотами признака и обозначаются f .

Сумма всех частот ($\sum f$) равна объему выборки, т.е. числу членов ряда – n .

Вариационным рядом называется такой ряд данных в которых указаны возможные значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им частоты.

Различают **два типа изменчивости**: количественную, которая может быть измерена, и качественную, которая не поддается измерению.

Под **количественной изменчивостью** понимают такую, в которой различия между вариантами выражаются количеством (массой, высотой, числом зерен, содержанием в % и т.д.).

Различают два вида количественной изменчивости: прерывистая, или дискретная (число зерен в колосе, число растений на m^2), которая выражается целыми числами, и непрерывную, у которой значения вариантов выражаются мерами объема, длины, массы и т.д., между которыми ограничений переходов нет.

Качественной изменчивостью называется такое варьирование, когда различия между вариантами выражаются качественными показателями, которые одни варианты имеют, а другие нет (цвет, вкус, форма изучаемого объекта и др.).

Если признак принимает только два взаимоисключающих друг друга значения (больной – здоровый, остистый – безостый и пр.), то изменчивость называется альтернативной, т.е. дwoяковоzможной.

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Дисперсионный анализ разработал и ввел в практику сельскохозяйственных и биологических исследований английский ученый Р.А. Фишер, который открыл закон распределения отношения средних квадратов (дисперсий):

$$\frac{\text{средний квадрат выборочных средних}}{\text{средний квадрат объектов}} = F$$

Дисперсионный анализ является наиболее совершенным методом математической обработки полученных опытных данных.

Он лучше других подходит для планирования и обработки полевых экспериментов, позволяет оценить методику и результаты опыта в целом, установить различия между вариантами опыта, плодородием опытного участка.

Задачей дисперсионного анализа является определить доли и степени влияния различных факторов в отдельности, а также суммарного их воздействия на изменчивость изучаемого признака.

В результате дисперсионного анализа получаем данные характеризующие 4 вида рассеивания:

- 1) Общее рассеивание или общую дисперсию, которая определяется действием всех факторов опыта;
- 2) Частная дисперсия или факториальная - результат действия организованных в опыте факторов (вариантов);
- 3) Дисперсия повторений – результат действия неоднородности (пестроты) плодородия почвы опытного участка;
- 4) Дисперсия остатка – результат действия неизвестных факторов.

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части-компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию.

Раскроем дисперсионный анализ на примере:

Число вариантов $\ell = 3$; повторность $n = 4$;

План опыта

1			2			3			4			ℓ
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	N
1												

Порядок решения:

Общая дисперсия: $C_Y = C_V + C_P + C_Z$

Общее число степеней свободы:

$$N-1 = (\ell-1) + (n-1) + (\ell-1)(n-1)$$

$$11 = 2 + 3 + 6$$

$\nu_Z = (\ell-1)(n-1)$ – число степеней свободы остатка (ошибки)

Вычисляем:

1) Общее число наблюдений $N = \ell \times n = 3 \times 4 = 12$

2) Корректирующий фактор $C = (\sum X)^2 : N$ или $C = (\sum X - A)^2 : N$

3) Общую сумму квадратов

$$C_Y = \sum (X - \bar{x}_0)^2 = \sum (X - A)^2 - C = \sum X^2 - C$$

4) Сумму квадратов повторений

$$C_P = \sum (\bar{x}_p - \bar{x}_0)^2 = \sum (\bar{x}_p - A)^2 : \ell - C = \sum \bar{x}_p^2 : \ell - C$$

5) Сумму квадратов вариантов

$$C_V = \sum (\bar{x}_v - \bar{x}_0)^2 = \sum (\bar{x}_v - A)^2 : n - C = \sum \bar{x}_v^2 : n - C$$

6) Сумму квадратов для ошибки (остаток) $C_Z = C_Y - C_V - C_P$

Две последние суммы квадратов C_V и C_Z делят на соответствующие им степени свободы, т.е. получают два средних квадрата (дисперсии):

$$\text{Вариантов } S_V^2 = \frac{C_V}{\ell - 1} \text{ и ошибки } S_Z^2 = \frac{C_Z}{(n-1)(\ell-1)}$$

Критерий Фишера – это отношение дисперсии вариантов к дисперсии ошибки (остатка):

$$F_{\text{факт}} = S_V^2 : S_Z^2$$

Если $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$, то нулевая гипотеза принимается, между средними нет существенных различий, и на этом проверка заканчивается.

Если $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$, то нулевая гипотеза отвергается, между выборочными средними имеются существенные различия, далее оценивают существенность частных различий по НСР и определяют, между какими средними имеются значимые разности.

Теоретические значения критерия F , по числу степеней свободы для дисперсии вариантов и остатка, находят в приложении 2-3. В большинстве случаев избирают 5%-ный, а при более строгом подходе 1%-ный уровень значимости.

В нашем случае $\nu_Z = (\ell-1)(n-1) = 6$; $\nu_V = (\ell-1) = 2$

$$F_{05} = 5,14$$

$$F_{01} = 10,92$$

Оцениваем значимость разности между средними по наименьшей существенной разности (НСР):

$$1) \text{ Ошибка средней } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} ;$$

$$2) \text{ Ошибка разности средних } S_d = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = 1,41 S_{\bar{x}}$$

$$3) \text{ НСР}_{05} = t_{05} S_d ;$$

где t_{05} – критерий Стьюдента находим по числу степеней свободы ошибки (остатка) в приложении 1.

Если прибавка $d \geq \text{НСР}_{05}$ то она существенна на 5 %-ном уровне значимости. Затем делается вывод.

2. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОДНОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА С ОДНОЛЕТНИМИ КУЛЬТУРАМИ.

Доспехов Б. А., 1985.- с. 207-217, 230-235.

Контрольные вопросы.

1. Сущность метода дисперсионного анализа?
2. Нулевая гипотеза и критерий Фишера?
3. Как определить дисперсии (общую, повторений, вариантов, остаточную или ошибок?)
4. Как определить ошибку средней арифметической (S_x); относительную ошибку средней арифметической ($S_x\%$); ошибку разности (S_d); наименьшую существенную разность (НСР_{05}) ?

Пример обработки данных методом дисперсионного анализа.

Обработка данных однофакторного опыта с пшеницей, имеющего четыре варианта (L) и три повторения (n).

Таблица 5 Урожайность пшеницы в зависимости от минеральных удобрений, ц/га

Вариант	Повторность			Сумма ΣV	Средние \bar{x}_v
	1	2	3		
1. P60 K60 - фон	15,0	16,2	17,4	48,6	16,2
2. N60 - фон	18,4	17,5	18,4	54,3	18,1
3. N90- фон	20,2	19,0	19,9	59,1	19,7
4. N120 - фон	16,5	15,1	17,1	48,7	16,3
Сумма ΣP	70,1	67,8	72,8	$\Sigma X = 210,7$	$\bar{x}_0 = 17,5$

Ход решения следующий.

1. Составляем таблицу урожаев, в которую заносим данные приведенные к 14 % влажности и 100 % чистоте.
2. Находим общее число делянок в опыте: $N = l \times n = 4 \times 3 = 12$.
3. Находим суммы по вариантам сложением данных всех трех повторений каждого варианта: $15,0 + 16,2 + 17,4 = 48,4$ и т. д., полученные суммы вписываем в пятый столбец таблицы 1.
4. Находим суммы по повторениям сложением данных каждой повторности, например: $15,0 + 18,4 + 20,2 + 16,5 = 70,1$ и т. д.
5. Правильность расчетов определяем по равенству: $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X = 70,1 + 67,8 + 72,8 = 48,6 + 54,3 + 59,1 + 48,7 = 210,7$.
6. Находим средние арифметические (\bar{x}) по каждому варианту делением суммы вариантов на число повторностей: $48,6 : 3 = 16,2$ и т. д.
7. Среднюю арифметическую опыта (\bar{x}_0) - делением общей суммы на число делянок в опыте: $210,7 : 12 = 17,5$.

Возьмем А равное 15.

1/ составляем таблицу отклонений поделяночных урожаев:

первое отклонение равно $X_1 - A = 15 - 15 = 0$;
 второе $X_2 - A = 16,2 - 15 = 1,2$;
 третье $X_3 - A = 17,4 - 15 = 2,4$;
 четвертое $X_4 - A = 18,4 - 15 = 3,4$ и т. д.

Полученные отклонения заносим в таблицу 6

Таблица 6 – Таблица отклонений от произвольного числа А=15

Варианты	Отклонения (X - 15)*			Сумма ΣVA
	1	2	3	
1.	0	1,2	2,4	3,6
II.	3,4	2,5	3,4	9,3
III.	5,2	4,0	4,9	14,1
IV.	1,5	0,1	2,1	3,7
Сумма (ΣP_A)	10,1	7,8	12,8	$[\Sigma(X - A)] = 30,7$

*** Примечание: отклонения могут быть положительными и отрицательными значениями.**

Промежуточные расчеты ведутся с точностью до второго знака после запятой, конечные результаты округляются с точностью до исходных данных.

2/ проверяем правильность найденных сумм отклонений:

$$\Sigma P_A = \Sigma V_A = [\Sigma(X - A)] = 10,1 + 7,8 + 12,8 = 3,6 + 9,3 + 14,1 + 3,7 = 30,7;$$

3/ общее число наблюдений (N) в опыте находим умножением числа вариантов на число повторений:

$$N = l \times n = 4 \times 3 = 12;$$

4/ корректирующий фактор (C) по формуле:

$$C = [\Sigma(X - A)]^2 : N = 30,7^2 : 12 = 942,49 : 12 = 78,54$$

5/ общую сумму квадратов отклонений по формуле:

$$C_y = \Sigma(X - A)^2 - C = 0^2 + 1,2^2 + 2,4^2 + 3,4^2 + 5,2^2 + 4,0^2 + 4,9^2 + 1,5^2 + 0,1^2 + 3,4^2 - 78,54 = 31,79$$

6/ сумма квадратов отклонений повторений:

$$C_p = \Sigma P_A^2 : l - C = (10,1^2 + 7,8^2 + 12,8^2) : 4 - 78,54 = 3,14$$

7/ сумма квадратов отклонений вариантов определяется:

$$C_v = \Sigma V_A^2 : n - C = (3,6^2 + 9,3^2 + 14,1^2 + 3,7^2) : 3 - 78,54 = 25,45$$

8/ сумма квадратов отклонений ошибок (остатка):

$$C_z = C_y - C_p - C_v = 31,79 - 3,14 - 25,45 = 3,20.$$

ВТОРОЙ СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ ВИДОВ ВАРЬИРОВАНИЯ (C_y ; C_p ; C_v ; C_z).

При $A = 0$, формула: $C_y = \Sigma(X - A)^2 - C$, принимает вид: $C_y = \Sigma X^2 - C$, где $C = (\Sigma X)^2 : N$

При определении сумм квадратов отклонений при $A = 0$, данные берем из таблицы 5.

Определяем:

1/ корректирующий фактор: $C = (\Sigma X)^2 : N = (210,7)^2 : 12 = 44394 : 12 = 3699,5$.

2/ общее варьирование: $C_y = \Sigma X^2 - C = 15,2^2 + 16,2^2 + 17,4^2 + 18,4^2 + 20,2^2 + 19,0^2 + 19,9^2 + 16,5^2 + 15,1^2 + 17,1^2 - 3699,5 = 31,79$

3/ повторений: $C_p = \Sigma P^2 : l - C = (70,1^2 + 67,8^2 + 72,8^2) : 4 - 3699,5 = 3,14$

4/ вариантов $C_v = \Sigma V^2 : n - C = (48,6^2 + 54,3^2 + 59,1^2 + 48,7^2) : 3 - 3699,5 = 25,45$.

5/ остатка: $C_z = C_y - C_p - C_v = 31,79 - 3,14 - 25,45 = 3,20$

Следовательно, идентичные суммы, полученные как первым, так и вторым способом, одинаковы и их можно заносить в следующую таблицу 7.

Таблица 7 –Результаты дисперсионного анализа

Вид рас- сеяния	Сумма квадра- тов от- клоне- ний	Число степе- ней сво- боды (ν)	Дис- пер- сия (s^2)	Отношение дисперсий	
				Fфак т	Fтабл
Общее (C_y)	31,79	11	-	-	-
Повторе- ний (C_p)	3,17	2	-	-	-
Вариантов (C_v)	25,45	3	8,49	16,33	4,76
Остатка (C_z)	3.20	6	0,53	-	-

Определяем число степеней свободы (ν) - число наблюдений без единицы. Рассчитываем и заносим в третий столбец (таблица 7).

Число степеней свободы общего варьирования: $\nu_{C_y} = N - 1 = l \times n - 1 = 4 \times 3 - 1 = 12 - 1 = 11$;

Число степеней свободы повторений: $\nu_p = n - 1 = 3 - 1 = 2$;

Число степеней свободы вариантов $\nu_v = l - 1 = 4 - 1 = 3$;

Число степеней свободы остатка (ошибок) можно определить двумя способами: первый способ по разнице: $\nu_z = \nu_{C_y} - \nu_p - \nu_v = 11 - 2 - 3 = 6$ или число степеней свободы остатка (ошибок) равно произведению числа степеней свободы повторений на число степеней вариантов: $\nu_z = (n - 1)(l - 1) = (3 - 1)(4 - 1) = 2 \times 3 = 6$.

Определяем дисперсии:

а) вариантов по формуле $S^2_v = C_v : (l - 1) = 25.45 : 3 = 8.49$;

б) дисперсию остатка (ошибок) $S^2_z = C_z : (n - 1)(l - 1) = 3.20 : 6 = 0.53$. Результаты определения дисперсий заносим в четвертый столбец (таблица 7).

Определяем отношение дисперсий (критерий Фишера F):

а) фактический - $F_{\text{факт}} = S^2_v : S^2_z = 8.49 : 0.53 = 16.33$, фактический критерий Фишера записываем в столбец 5 (табл. 7);

б) табличное значение критерия Фишера ($F_{\text{табл.}}$) находим в таблице 2 приложения на пересечении трех степеней свободы дисперсии вариантов (числитель) по горизонтали и шести степеней свободы дисперсии остатка (знаменатель) по вертикали и находим,

что табличное значение критерия Фишера равно 4,76. Табличное значение критерия Фишера записываем в столбец 6 (табл.7).

На основании найденных показателей F делаем общий вывод о наличии в опыте вариантов, существенно отличающихся от других.

При $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{табл}}$ нулевая гипотеза отвергается ($H_0 : d \neq 0$). Это означает, что в опыте есть варианты с достоверными прибавками.

При $F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$ нулевая гипотеза принимается ($H_0 : d = 0$). В этом случае разности между средними вариантов находятся в пределах ошибки опыта.

8. Для нахождения частных различий между вариантами опыта необходимо определить НСР (наименьшая средняя разность или предельная ошибка опыта (тройная ошибка опыта)).

Вычисляем:

1) **ошибку средней:** $Sx = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0.53}{3}} = 0.42$ ц/га;

2) **ошибку разности** $Sd = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = 1.41Sx = \sqrt{\frac{2 \times 0.53}{3}} = 0.59$ ц/га;

3) **наименьшую существенную разность (НСР):**

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \times Sd = 2.45 \times 0.59 = 1.44 \text{ ц/га.}$$

Критерий Стьюдента (t_{05}) находим в приложении 1. Значение критерия находим на пересечении числа степеней свободы остатка (у нас равно 6, таблица 3, столбец 3) и 5 % уровня значимости. Для примера t_{05} равно 2,45;

4) **наименьшую существенную разность в процентах:**

$$\text{НСР}_{05}\% = \text{НСР}_{05} : x_0 \times 100 = 1,43 : 17,6 \times 100 = 7,95 \%$$

5) **Ошибку опыта:** $Sx \% = Sx : x_0 \times 100 = 0,42 : 17,6 \times 100 = 2,4\%$.

При $d \geq \text{НСР}_{05}$ эффект получен за счет изучаемого приема или фактора; если $d < \text{НСР}_{05}$, то существенного различия между вариантами и контролем нет или оно получено за счет ошибки, то есть случайно.

9. Составляем итоговую таблицу результатов опыта и статистической обработки (она составляется, если есть достоверные прибавки в опыте).

Таблица 8–Урожайность яровой пшеницы

Удобрения	Средняя. урожайность, ц/га	Прибавка урожая (d)	
		ц/га	%
Р60 К60 - фон (контроль)	16,2	-	-
N 60 + фон	18,1	1,9	11,7
N 90 + фон	19,7	3,5	21,7
N 120 + фон	16,3	0,1	0,6
НСР ₀₅	-	1,4	8,2

Прибавку урожая (d) находим: $d_1 = 18,1 - 16,2 = 1,9$; $d_2 = 19,7 - 16,2 = 3,5$; $d_3 = 16,3 - 16,2 = 0,1$. Прибавки урожая записываем в третий столбец таблицы 8. Прибавку урожая в процентах: $d_1\% = \frac{d_1}{\bar{x}_1} \times 100 = \frac{1,9}{16,2} \times 100 = 11,7\%$;

$d_2\% = 3,5 : 16,2 \times 100 = 21,7\%$; $d_3 = 0,1 : 16,2 \times 100 = 0,6\%$. Прибавки урожая в процентах записываем в четвертый столбец таблицы 8.

Для характеристики частных различий показатель НСР₀₅ сравниваем с прибавками урожая (d) опытных вариантов. Прибавку урожая (d) находим по разности урожаев опытных и контрольных вариантов. Разницу урожая находим не только в сравнении с контролем (стандартом), но и также среди опытных вариантов для нахождения наиболее оптимального варианта или оптимальных вариантов.

При $d \geq \text{НСР}_{05}$ эффект получен за счет изучаемого приема или фактора; если $d < \text{НСР}_{05}$, то существенного различия между вариантами и контролем нет или оно получено за счет ошибки, то есть случайно.

10. **Вывод:** прибавки урожая (1,9 и 3,5 ц/га) второго и третьего вариантов достоверны, они существенно отличаются от контроля, так как обе превышают $\text{НСР}_{05} = 1,4$ ц/га.

Оптимальным вариантом в опыте является третий, так как прибавка урожая (d) третьего варианта по отношению ко второму составляет 1,6 ц/га ($19,7 - 18,1 = 1,6$ ц/га и она больше, чем $\text{НСР}_{05} = 1,4$ ц/га).

Приложение 1

Значения критерия t на 5- и 1 % уровне значимости

Число степеней свободы ошибки	Уровень значимости	
	0,05	0,01
1	12,71	63,66
2	4,30	9,93
3	3,18	5,84
4	2,78	4,60
5	2,57	4,03
6	2,45	3,71
7	2,37	3,50
8	2,31	3,36
9	2,26	3,25
10	2,23	3,17
11	2,20	3,11
12	2,18	3,06
13	2,16	3,01
14	2,15	2,98
15	2,13	2,95
16	2,12	2,92
17	2,11	2,90
18	2,10	2,88
19	2,09	2,86
20	2,09	2,85
21	2,08	2,83
23	2,07	2,81
25	2,06	2,79

Приложение 2

Значение критерия F_{α} на 5 % уровне значимости (вероятность 95 %)

Степ своб. для мень- шей дисп.	Степени свободы для большей дисперсии (числителя) (вариантов)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	249	252	
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,41	19,45	19,47	
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,58	
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,70	
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,44	
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,75	
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,32	
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	3,03	
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,80	
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,64	
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,50	
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69	2,50	2,40	
13	4,34	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,32	
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,24	
15	4,54	3,60	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,18	
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,13	

Краткий указатель терминов

Асимметричное или скошенное распределение – распределение, отличающееся от нормального увеличением частот правой или левой части вариационной кривой.

Блок – часть повторения, компактная группа нескольких делянок опыта; в зарубежной литературе термин применяется как для обозначения обычных повторений, так и собственно блоков – неполных повторений.

Вариабельность (изменчивость) – свойство условных единиц – растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и т.п. отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях.

Вариационный ряд - ряд данных, в которых указаны значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им численности объектов – частоты.

Вариант опыта – изучаемое растение, сорт, условия возделывания, агротехнический прием или их сочетание.

Вероятность – мера объективной возможности события, отношение числа благоприятных случаев к общему числу всех возможных случаев. Обозначается вероятность буквой Р.

Выключка – часть учетной делянки, исключенной из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта.

Дактиль-метод – стандартное размещение вариантов, при котором контрольный вариант (стандарт) размещается через два опытных.

Делянка опытная – элементарная единица полевого опыта, часть площади опыта, имеющая размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта.

Делянка учетная – часть площади опытной делянки, предназначенная для учета урожая (без боковых и концевых защиток и выключек)

Дисперсионный анализ – метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака, например урожая, на части-компоненты, соответствующие повторениям, вариантам, ошибкам случайного порядка и т.д. Значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов оценивают по F-критерию и $НСР_{05}$.

Дисперсия выборочная – показатель вариации, изменчивости изучаемого признака.

Достоверность опыта – правильно спланированные и реализованные схема и методика проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследователем задачам, правильный выбор объекта, условий проведения опыта и метода статистической обработки данных.

Дробный учет – учет урожая рекогносцировочного посева одинаковыми деланками.

Защитная полоса, защита - краевые части деланок, которые не подвергаются учету и служат для исключения влияния растений соседних вариантов, для предохранения учетной части деланки от случайных повреждений, для разворота машин и орудий.

Значимость (существенность) – мера объективной возможности (риск) сделать ошибочное заключение при оценке результатов опыта.

Изменчивость – вариабельность, вариация, колеблемость индивидуальных значений признаков X около среднего значения x . Основной мерой изменчивости является дисперсия S^2 и стандартное отклонение S .

Контроль (стандарт) – один или несколько вариантов, с которыми сравнивают опытные варианты.

Корректирующий фактор – поправка в дисперсионном анализе при расчете квадратов отклонений от условной и средней произвольного начала. Обозначается буквой C .

Корреляционный анализ – статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками.

Корреляция – взаимосвязь между признаками, заключающаяся в том, что средняя величина значений одного признака меняется в зависимости от изменения другого признака.

Коэффициент вариации (изменчивости) - относительный показатель изменчивости признака, представляет отношение стандартного отклонения S к средней арифметической, выраженное в процентах. Обозначается буквой V .

Коэффициент детерминации - d_{yx} показывает процент (долю) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора; равняется квадрату коэффициента корреляции r^2 .

Коэффициент корреляции – статистический показатель тесноты (силы) связи между признаками. Обозначается буквой r .

Коэффициент регрессии - b_{yx} – число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем зависимая переменная y (результативный признак) при изменении независимой переменной X на единицу измерения.

Латинский квадрат – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте, в котором делянки располагаются рядами и столбцами (4×4 , 5×5 , 6×6 и т.д.). В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы (повторения) и, следовательно, в латинском квадрате число повторений равно числу вариантов, и общее число делянок равно квадрату числа вариантов.

Латинский прямоугольник – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте. В основе лежит латинский квадрат, который определяет повторность опыта, число рядов и столбцов. Число вариантов должно быть кратным повторности ($4 \times 4 \times 3$), (повторность $n=4$, число вариантов $l=4 \times 3=12$).

Метод расщепленных (сложных) делянок – эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки другого. Делянки первого порядка расщепляются на делянки второго порядка, а последние на более мелкие делянки третьего порядка. Метод расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов используют для закладки многофакторных опытов.

Метод рендомизированных (случайных) повторений – эксперимент, в котором варианты по делянкам размещены в случайном порядке по таблице случайных чисел или по жребью. Это наиболее распространенный метод размещения вариантов.

Методика полевого опыта – совокупность слагающих её элементов: число вариантов, площадь делянок, их форма и направление, повторность, система размещения вариантов, повторений и делянок на территории, метод учета урожая, организация опыта во времени, а также метод статистического анализа данных.

Наименьшая существенная разность (НСР) – величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте; это та минимальная разность в урожаях между средними, которая в данном опыте признается существенной при 5 %-ном ($НСР_{05}$) или 1 %-ном ($НСР_{01}$) уровне значимости.

Ошибка опыта, выборки – мера расхождения между результатом выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины. При обработке результатов полевого опыта методом

дисперсионного анализа определяется обобщенная ошибка средних, выражаемая в тех же единицах, что и изучаемый признак. Ошибка $S_{\bar{x}}$, выраженная в процентах от соответствующей средней, называется относительной ошибкой опыта или выборки ($S_{\bar{x}}\%$). В полевом опыте величина $S_{\bar{x}}\%$ (старое обозначение $m\%$ или P) часто без учета уровня урожайности используется в качестве показателя, характеризующего «точность опыта».

Повторение – часть площади опытного участка, включающего деланки с полным набором вариантов схемы опыта.

Повторность – число одноименных деланок каждого варианта в данном полевом опыте. Повторность опыта во времени – число лет испытания агротехнических приёмов или сортов.

Полевой опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов на урожай растений и его качество.

Рекогносцировочный посев (разведывательный) – сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке полевого опыта и проводимый для выявления степени однородности (путемдробного учета урожая) почвенного плодородия на площади опыта.

Рендомизированное (случайное) размещение вариантов – такое расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении определяется по жребию или таблице случайных чисел.

Ямб-метод – стандартное размещение вариантов, при котором опытный вариант чередуется со стандартом.

Систематическое размещение вариантов - такое расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе (последовательно, в шахматном порядке).

Стандартное размещение вариантов - такое расположение полевого опыта, когда контрольные варианты (стандарты) располагаются через 1-2 опытных варианта.

Схема опыта – совокупность опытных и контрольных вариантов, объединенных общей идеей.

Типичность (репрезентативность) – соответствие условий проведения опыта почвенно-климатическим и агротехническим условиям сельскохозяйственного производства данной зоны.

Точность опыта (относительная ошибка) $S_{\bar{x}}\%$ - ошибка средней $S_{\bar{x}}\%$, выраженная в процентах от соответствующей средней (см. ошибка опыта).

Уравнительный посев – сплошной посев одной культуры для повышения плодородия почвы участка, выбранного для закладки опыта.

Учет урожая по пробным снопам – метод учета урожая, при котором взвешивают и учитывают общую массу урожая со всей площади каждой учетной делянки, а товарную часть (зерно, сено и т.п.) рассчитывают по данным учета с пробных снопов, отбираемых от общей массы урожая перед ее взвешиванием в поле.

Учёт урожая сплошной – метод учета урожая, при котором всю товарную часть продукции (зерно, клубни, волокно, сено и т.п.) взвешивают и учитывают со всей площади каждой учетной делянки полевого опыта.

Факториальный опыт (ПФЭ) – многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания факторов, что позволяет установить действие и взаимодействие изучаемых факторов.

Число степеней свободы – число свободно варьирующих величин. Обозначается буквой ν и в простейшем случае равно числу всех наблюдений минус единица ($n - 1$).

Шахматное размещение вариантов – разновидность систематического размещения, когда повторения в опыте располагаются в несколько ярусов и для более равномерного размещения вариантов по площади опыта расположение их в каждом ярусе сдвигается на частное от деления числа вариантов на число ярусов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985
2. Литл Т, Хилз Ф. Сельскохозяйственное дело. Планирование и анализ. (Пер. с английского Б.Д. Кирюшина, М. Колос, 1981.
3. Пирс С. Полевые опыты с плодовыми деревьями (Перев. с англ. М., Колос, 1989.

4. Опытное дело в полеводстве (С.С. Сдобников, А.А. Зенин, К.Н. Саранин и др. : под редакцией проф. Г.Ф. Никитенко. М.: Россельхозиздат, 1982
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый /Под редакцией д. с.-х. н. М.А. Федина. М., 1979.
6. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Под ред. Д. с.-х.н. В.Ф. Белина, и к.б.н. Г.Л. Бондаренко.
7. Рычков В.А., Наумова М.С. Задания и методические указания по курсу «Методика опытного дела». Иркутск 1988.
8. Васильев И.П., Усманов Р.Р. Основы научных исследований в агрономии. Программа для высших учебных заведений по агрономическим специальностям. – М.: Издательство МСХА, 1998.

Методические указания
Коллектив авторов
Статистические методы обработки экспериментальных данных
Компьютерная верстка С.П. Бурлов
Печ. л. 2,0. Печатное издание, 2017 г., 100 экз.
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А.Ежевского»