

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И АГРОБИЗНЕСА

КАФЕДРА АГРОНОМИИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА

ОПЫТНОЕ ДЕЛО И ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие для проведения
лабораторно-практических занятий со студентами направления
подготовки **35.03.07 Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции**

**Брянская область,
2021**

УДК 631.527.85:001.891 (076)

ББК 41.3:72.5

М 48

Мельникова, О. В. Опытное дело и основы научных исследований: учебно-методическое пособие для проведения лабораторно-практических занятий со студентами направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции / О. В. Мельникова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - 54 с.

В учебно-методическом пособии даны основные научные методы агрономических исследований; этапы планирования эксперимента; правила составления программы наблюдений и учетов; методику закладки и проведения опытов в агрономии, методику учета урожая сельскохозяйственных культур в опыте, порядок ведения документации и отчетности; статистические методы проверки гипотез, сущность и основы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов и их применение в агрономических исследованиях; применение компьютерных программ в опытном деле.

Пособие позволит студентам освоить технику математической обработки экспериментальных данных и закрепить лекционный материал.

Предназначено для проведения лабораторно-практических занятий со студентами бакалаврской подготовки направления 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Рецензент: доктор с.-х. наук, профессор Дронов А.В.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института экономики и агробизнеса ФГБОУ ВО Брянского ГАУ, протокол №1 от 12 октября, 2021 г.

© Мельникова О.В., 2021

© Брянский ГАУ, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕМА 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОПЫТНОГО ДЕЛА	4
Тема 2. ОПЫТ, ЭКСПЕРИМЕНТ В АГРОНОМИИ, РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОЛЕВОГО ОПЫТА	6
Тема 3. ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА, СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЕГО РАЗМЕЩЕНИЯ	9
Тема 4. АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИЗНАКА	13
Тема 5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ ПРИ КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ	17
Тема 6. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ. БРАКОВКА СОМНИТЕЛЬНЫХ ДАТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫПАВШИХ ДАННЫХ	19
Тема 7. ОСНОВЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА	22
Тема 8. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОДНОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА С ОРГАНИЗОВАННЫМИ ПОВТОРЕНИЯМИ	26
Тема 9. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА С РАЗНОЙ ПОВТОРНОСТЬЮ (С НЕПОЛНЫМИ ДАННЫМИ)	30
Тема 10. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МНОГОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА	33
Тема 11. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОПЫТА, РАЗМЕЩЕННОГО МЕТОДОМ ЛАТИНСКОГО КВАДРАТА И ЛАТИНСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНИКА	37
Тема 12. ЛИНЕЙНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ	43
Тема 13. КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ	48
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	53

ТЕМА 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОПЫТНОГО ДЕЛА

Опытное дело в агрономии зародилось одновременно с возникновением земледелия, когда с помощью примитивного орудия — заостренной палки — первобытный человек начал рыхлить почву и высевать в нее семена, передавая свой опыт из поколения в поколение.

Опытное дело совершенствовалось одновременно с возникновением и совершенствованием учебных заведений, особенно высших. Первым высшим учебным заведением в России была Киево-Могилянская академия, основанная в 1615 г., а ее первым ученым-естествоиспытателем, ботаником, метеорологом был Ионикий Галлятовский. В стенах академии учились многие выдающиеся русские ученые, в том числе М. В. Ломоносов, которому принадлежат слова: «Один опыт я ставлю выше тысячи мнений, рожденных единственно воображением».

Своеобразными зародышами научных исследований были аптекарские огороды, созданные в 1629 г. под Москвой, а затем и в других районах России. Научными исследованиями руководило «Вольное экономическое общество», организованное в 1765 г.

Первые опытные работы были начаты в 1790 г. М. Г. Ливановым в с. Богоявленское вблизи г. Николаева, а первое опытное учреждение (Бутырский хутор) создано под Москвой в 20-х гг. XIX столетия. В 1840 г. в Горы-Гореском (Белоруссия) было организовано первое опытное поле. По инициативе Д. И. Менделеева в 1867 г. были заложены еще четыре опытных поля в Московской, Петербургской, Смоленской и Симбирской губерниях.

В 1895—1897 гг. организованы первые опытные сельскохозяйственные станции: Вятская, Энгельгардская и Ивановская. В конце XIX в. в России уже работали 10 опытных и селекционных станций, 13 опытных полей, 2 лаборатории и 2 контрольно-семенные станции с 60 научными сотрудниками.

В 1913 г. из 214 научных учреждений было 44 опытные станции, 78 опытных полей и 92 лаборатории, но еще не было научно-исследовательских институтов. К 1940 г. число научных учреждений увеличилось более чем в 4 раза, а число научных сотрудников превысило 10 тыс. В составе научных учреждений было много институтов. Так, в 1922 г. был создан Центральный научно-исследовательский институт по сельскому хозяйству, в 1924 г. — Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, а в 1929 г. организована Всесо-

юзная академия сельскохозяйственных наук во главе с выдающимся ученым Н.И. Вавиловым. Академия располагала большой сетью научно-исследовательских институтов и новых опытных станций как отраслевого, так и зонального значения.

Еще больше увеличилось количество научных учреждений за послевоенные годы. Только в системе Министерства сельского хозяйства в 1973 г. функционировало 671 научное учреждение, в которых работало около 60 тыс. сотрудников. Научной работой занимаются ученые в сельскохозяйственных учебных заведениях России, а также в проблемных лабораториях и на тысячах гос-сортоучастков.

Огромный вклад в опытное дело внесли ученые В.В. Докучаев, П.А. Костычев, А.А. Измаильский, А.И. Душечкин, А.Г. Дояренко, Д.Н. Прянишников и многие другие. Особенно активно работал в области опытного дела А.Г. Дояренко, который в 1918, 1919, 1921 гг. организовывал Всероссийские съезды опытников. Он первым начал читать в 1907 г. курс опытного дела в Петровской сельскохозяйственной академии, усовершенствовал применение математической статистики в исследованиях, редактировал «Научно-агрономический журнал».

Первая кафедра опытного дела в России была организована П. Н. Константиновым, который написал фундаментальную работу «Основы сельскохозяйственного опытного дела». Известными методистами опытного дела были Н.Ф. Деревицкий, В.Н. Перегудов, П.Г. Найдин, А.С. Молостов и многие другие. Но особое место в совершенствовании и становлении методики за последние 30 лет принадлежит Б.А. Доспехову, заведующему кафедрой земледелия и методики опытного дела, автору учебника «Методика полевого опыта», выдержавшего пять изданий за 1965-1985 гг.

Опытное дело в агрономии — это научно-исследовательская работа, основная задача которой — разработка теории и практики повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, качества продукции при минимальных затратах труда и средств.

Тема 2. ОПЫТ, ЭКСПЕРИМЕНТ В АГРОНОМИИ, РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Научные исследования, эксперименты проводятся как в поле, так и в вегетационных домиках, теплицах, фитотронах, где строго регулируются условия жизни растений.

Опыт, эксперимент в агрономии — это искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов в процессе учетов и наблюдений.

Вариантами называют те различные условия, при которых выращивают растения в опытах. Вариантами могут быть отдельные агроприемы, элементы технологий и даже разные технологии, набор сортов, различные почвы, склоны. Различия между вариантами должны быть такими, чтобы между растениями можно было найти существенную, статистически доказуемую разницу. Среди многих вариантов опыта один или несколько являются *контрольными*, с ними сравнивают все остальные варианты.

Контрольный вариант — это, как правило, условия агротехники, рекомендованные научными учреждениями конкретной зоны для данного хозяйства в период постановки опыта. Такие рекомендованные условия агротехники считаются в хозяйстве лучшими по урожайности и качеству продукции. Так, если под озимую пшеницу дозы вносимого азота составляли 60 кг/га, то среди пяти вариантов (30, 60, 90, 120, 150 кг/га) доза 60 кг/га должна быть контрольной, с ней сравнивают все остальные варианты. В данном опыте эта доза является производственным контролем. Иногда в научных целях используют *абсолютный контроль*: в опытах с дозами удобрений — вариант без удобрений; с пестицидами — вариант без пестицидов; в опытах с орошением — вариант без орошения.

Схема опыта — это перечень логично подобранных вариантов с определенными контролями (стандартами), объединенных конкретной темой, идеей. Так, для темы «Изучение предшественников озимой пшеницы» в лесостепной зоне схема опыта (предшественники) может быть такой: 1) черный пар; 2) многолетние травы; 3) кукуруза на силос; 4) горох; 5) однолетние травы.

Опытная деланка в полевых опытах — это земельная площадь прямоугольной формы определенного размера, на которой изучают только один из вариантов опыта — агроприем, технологию, сорт и т. д.

Опытные деланки состоят из учетной части (1), которая находится внутри, и защитной (2 и 3), которая ограничивает ее снаружи (рис. 1).

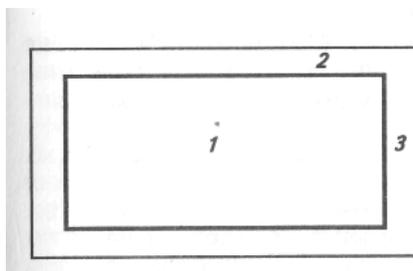


Рис. 1. Схема опытной деланки.

Повторение — это часть площади опыта с полным набором вариантов согласно схеме опыта. Повторность опыта необходимо соблюдать не только в пространстве, но и во времени.

Достоверность опыта методическая — это четкое соблюдение всех методических требований: планирование опыта на современном уровне знаний, правильный выбор условий и объектов исследований, безошибочное закладывание и проведение опытов, правильный выбор и применение соответствующих методов статистической обработки данных, а также объективное обобщение результатов исследований.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, запишите требования, предъявляемые к полевому опыту:

Типичность опыта -

Принцип единственного различия -

Воспроизводимость опыта -

Проведение опыта на специально выделенном участке -

Учёт урожая и достоверность опыта по существу -

Тщательное ведение документации -

Задание 2. Сформулируйте тему Вашего научного исследования (по плану НИРС) и запишите схему полевого опыта.

Тема научных исследований: _____

Обоснование темы и составление рабочей гипотезы:

Схема опыта

- | | |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 7. _____ |
| 2. _____ | 8. _____ |
| 3. _____ | 9. _____ |
| 4. _____ | 10. _____ |
| 5. _____ | 11. _____ |
| 6. _____ | 12. _____ |

Тема 3. ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА, СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЕГО РАЗМЕЩЕНИЯ

Элементы методики полевого опыта: число вариантов в схеме опыта, число контролей и их частота, размеры опытных делянок, ширина защитных полос, форма опытных делянок и их ориентация на местности, повторность и повторение в опытах, размещение вариантов, учеты и наблюдения и др.

Для одного и того же опыта можно составить несколько методик, но для работы необходимо выбрать одну, наиболее целесообразную, на все годы проведения данного опыта. Правильный выбор элементов методики опыта — весьма ответственная задача.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, опишите методы размещения вариантов в опыте:

1. Систематический метод размещения вариантов (рис. 2) -

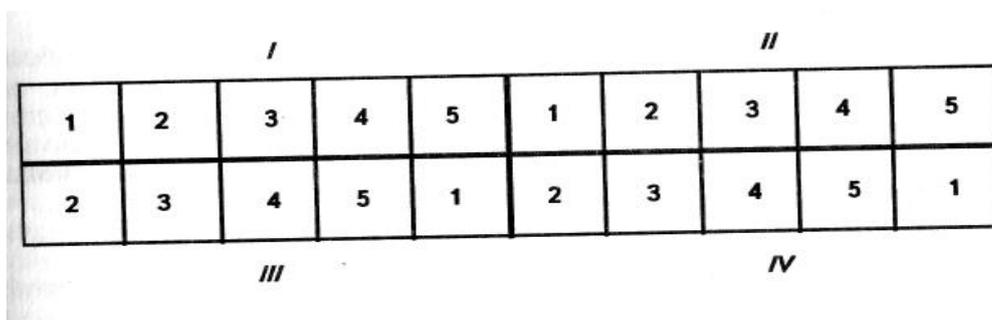


Рис.2. Размещение вариантов систематическим методом.

2. Рендомизированный метод размещения вариантов (рис. 3) -

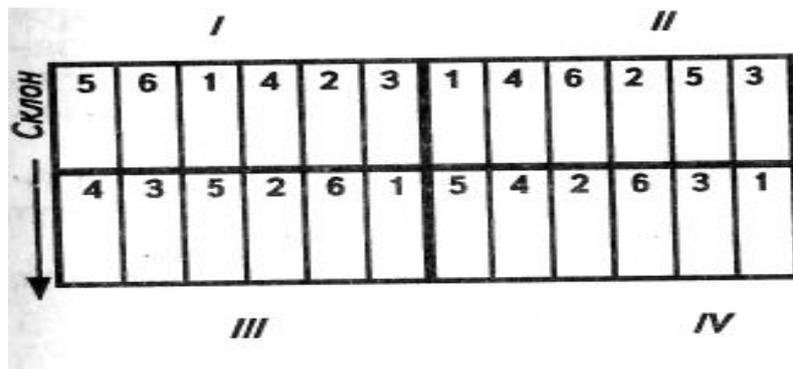


Рис. 3. Размещение вариантов опыта методом рендомизации с организованными повторениями.

3. Стандартный метод размещения вариантов –

ямб-метод (рис. 4) -

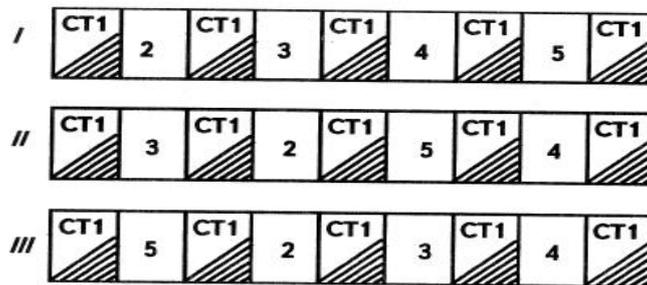


Рис. 4. Размещение вариантов опыта стандартным ямб-методом.

дактиль-метод (рис. 5) -

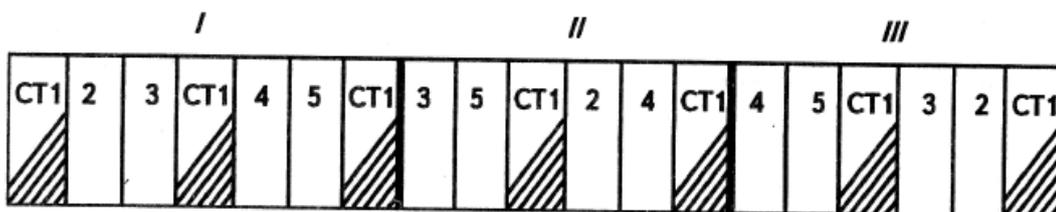


Рис. 5. Размещение вариантов опыта стандартным дактиль-методом.

Задание 2. Пользуясь материалом учебника, охарактеризуйте следующие виды опытов:

Опыты-пробы -

Точные сравнительные опыты -

Демонстрационные опыты -

Производственные опыты -

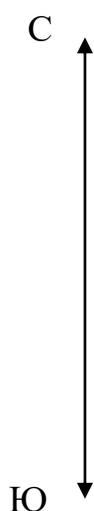
Опыты по учету эффективности новых агроприемов-

Задание 3. Установите рациональное сочетание элементов полевого опыта с учетом оптимального размера делянок и представьте схематичный план размещения вариантов методом _____ (по заданию преподавателя), если в опыте необходимо изучить 4 варианта с разными дозами удобрений ($N_0P_0K_0$ – контроль, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$), Земельный участок, отведенный под опыт (100м x 100 м) имеет уклон 1° с севера на юг.

Решение:

1. Число вариантов в опыте (l) –
2. Число повторений в опыте (n) –
3. Количество опытных делянок ($l*n$) –
4. Форма делянки (соотношение сторон) –
5. Общая площадь опытной делянки –
6. Учетная площадь опытной делянки –
7. Метод размещения вариантов –

Схематичный план размещения вариантов опыта
(указать размеры делянок, повторения и разворотные полосы)



Тема 4. АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИЗНАКА

Различают изменчивость *количественную* и *качественную*. Количественно изменяться могут масса урожая, процент сахара, кислот, витаминов, крахмала или белка в урожае, размеры растений, содержание питательных элементов в почве, т. е. все, что имеет массу, размер, объем и т. п.

Ход анализа вариационных рядов количественной изменчивости зависит от объема выборки — малого (< 30 единиц) или большого (> 30 единиц). Как для малых, так и для больших выборок вычисляют следующие основные статистические характеристики: среднюю арифметическую \bar{x} , дисперсию S^2 , стандартное отклонение S , ошибку средней арифметической, коэффициент вариации V , относительную ошибку средней арифметической. В конце анализа дают интервальную оценку средней арифметической.

Примером малых выборок может быть число повторностей, которое чаще всего колеблется от 3 до 6. К малым выборкам относится также число колосков в колосе, клубней картофеля в кусте, семян гороха в бобах и т. п.

Для малых выборок вычисляют такие статистические характеристики: средние арифметические, дисперсии, стандартные отклонения, коэффициенты вариации, ошибки выборочных средних, относительные ошибки и др.

Задание 1. Используя учебник, опишите основные статистические показатели:

Средняя арифметическая (\bar{x}) -

Дисперсия (S^2) -

Стандартное отклонение (S) -

Ошибка ($S\bar{x}$) и относительная ошибка ($S\bar{x}\%$) средней арифметической -

Коэффициент вариации (V) -

Доверительный интервал для среднего значения -

Уровень значимости (P_{05} , P_{01}) -

Число степеней свободы (ν) -

Критерий Стьюдента (t) -

Для **больших выборок** статистические характеристики можно вычислять способом произведений, но он трудоемок, особенно при наличии многозначных чисел и очень большом объеме выборки. Более удобен способ условной средней, т. е. от произвольного начала A . При этом способе все данные ранжируют, выделяют группы с определенным интервалом, определяют частоту f , т.е. число членов в каждой группе вариационного ряда.

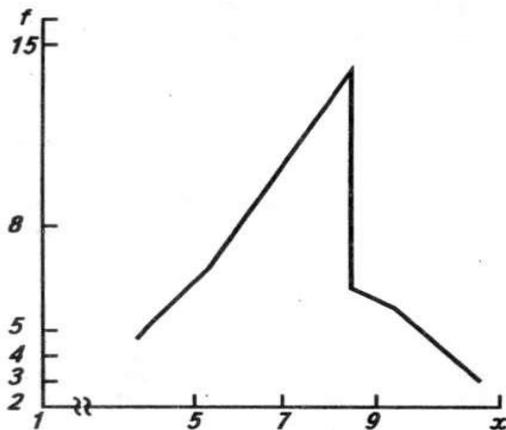


Рис. 6. Графическое изображение вариационного ряда:
 x - значение варьирующего показателя,
 f - частота признака.

Вариационный ряд — ряд ранжированных чисел, для которых указаны значения варьирующего признака и соответствующие им частоты (т.е. сколько раз повторяется тот или иной признак).

Если на графике кривая вариационного ряда имеет одну вершину (рис. 6), то это свидетельствует об **однородности выборки** и наоборот.

Задание 2. Сгруппируйте данные, полученные в результате наблюдений,

определите статистические показатели вариационного ряда и начертите кривую распределения, если техническая длина стебля льна (для 40 растений) составила (в см):

70,0 67,0 100,4 103,4 69,0 72,4 74,4 66,1 67,3 52,0
 79,1 78,0 83,9 92,2 93,2 81,3 82,0 86,4 89,1 93,5
 77,0 76,1 88,1 89,7 94,1 82,0 80,1 81,0 77,0 80,0
 92,1 91,5 76,7 79,0 73,5 84,4 79,7 84,0 79,6 84,1

Решение:

Ранжируем вариационный ряд чисел: _____

Число классов (групп) $K = \sqrt{n} =$

Классовый интервал $i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\text{числогрупп}} = \frac{R}{K} =$

Расчетная таблица
 (при $\max f$ условное значение средней $A =$)

Группа	Среднее значение группы X	Частота f	Отклонения $X-A$	$f(X-A)$	$(X-A)^2$	$f \cdot (X-A)^2$
		$\sum f = n =$		$\sum f(X-A) =$		$\sum f(X-A)^2 =$

Произвольный момент $b = \sum f(X-A)/n =$ _____

Средняя арифметическая $\bar{x} = A + b =$ _____

Корректирующий фактор (поправка) $C = [\sum f(X-A)]^2/n =$ _____

Дисперсия $S^2 = \frac{\sum f(X - A)^2 - C}{n - 1} =$ _____

Стандартное отклонение $S = \sqrt{S^2} =$ _____

Коэффициент вариации $V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% =$ _____

Ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$ _____

Интервальная оценка средней арифметической: $\bar{x} \pm t_{05} S_{\bar{x}} =$ _____

Графическое изображение вариационного ряда



Вывод:

Тема 5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ ПРИ КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

При качественной изменчивости в выборке имеется одна из двух возможностей (альтернатив) — данный признак либо есть, либо отсутствует. Таковую изменчивость называют *альтернативной*.

В опытах с качественной изменчивостью вместо измерения какого-либо показателя подсчитывают число объектов с тем или иным признаком. Примеры качественной изменчивости: число поврежденных и здоровых растений, число подмерзших растений, число испортившихся и здоровых клубней картофеля в хранилище и т. п.

Для анализа качественной изменчивости вычисляют следующие статистические характеристики: долю наличия признака p , долю отсутствия признака q , показатель изменчивости качественного признака S , коэффициент вариации V_p , ошибку выборочной доли S_p . Общий объем выборки обозначают буквой N , а число объектов с данным признаком - n .

Задание 1. Опишите статистические показатели качественной изменчивости признака:

Доля наличия признака (p) -

Доля отсутствия признака (q) -

Изменчивость качественного признака (S) -

Максимальная изменчивость (S_{max}) -

Коэффициент вариации (V) -

Ошибка выборочной доли (S_p) -

Интервальная оценка выборочной доли -

Задание 2. Вычислите статистические показатели качественной изменчивости, если в выборке из 130 клубней картофеля сорта Темп паршой поражено 30 клубней, а в выборке из 100 клубней сорта Пригожий –поражено паршой - 20 клубней. Определите доверительный интервал для доли признака в совокупности, сделайте вывод.

Решение:

1-я выборка (сорт Темп)	2-я выборка (сорт Пригожий)
n_1 (больные клубни) = _____	n_1 (больные клубни) = _____
n_2 (здоровые клубни) = _____	n_2 (здоровые клубни) = _____
$N_1 = n_1 + n_2 =$ _____	$N_2 = n_1 + n_2 =$ _____
$p_1 = n_1 : N_1 =$ _____	$p_2 = n_1 : N_2 =$ _____
$q_1 = 1 - p_1 =$ _____	$q_2 = 1 - p_2 =$ _____
$S_1 = \sqrt{p_1 q_1} =$ _____	$S_2 = \sqrt{p_2 q_2} =$ _____
$Sp_1 = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{N_1}} =$ _____	$Sp_2 = \sqrt{\frac{p_2 q_2}{N_2}} =$ _____
$Vp_1 = \frac{S_1}{S_{\max}} \cdot 100\% =$ _____	$Vp_2 = \frac{S_2}{S_{\max}} \cdot 100\% =$ _____
$P_1 \pm t_{05} \cdot Sp_1 =$ _____	$P_2 \pm t_{05} \cdot Sp_2 =$ _____
$t_{05} =$ _____ ($v = N-1$)	$t_{05} =$ _____ ($v = N-1$)

Вывод:

Тема 6. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ. БРАКОВКА СОМНИТЕЛЬНЫХ ДАТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫПАВШИХ ДАННЫХ

Перед статистической обработкой данные необходимо соответствующим образом подготовить: округлить, вычислить средние арифметические по каждой опытной деланке и варианту, выбраковать сомнительные и восстановить выпавшие данные, преобразовать их.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, опишите следующие понятия:

1. «Сомнительная» дата вариационного ряда -

2. Критерий для проверки «сомнительности» даты -

3. От каких показателей зависят значения критерия $\tau_{\text{теор}}$ -

4. Критерий $\tau_{\text{факт}}$. вычисляют по отношениям -

5. Сущность гипотезы о принадлежности «сомнительной» даты -

6. «Восстановление» выпавшей даты -

Сомнительные данные, которые значительно отличаются от всех остальных данных какого-либо варианта, определяют только с помощью мате-

матической статистики. Субъективная браковка данных недопустима.

Задание 2. Статистически определить принадлежность дат к вариационному ряду на 95 % и 99 % -ном уровне значимости, если в вегетационном опыте в варианте с двойной дозой азота (6-кратная повторность), учли массу растений (г/сосуд) и получили следующие результаты:

23,8 19,1 10,3 19,7 21,0 22,0.

Решение:

1. Ранжируем вариационный ряд в возрастающем порядке ($x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$):

2. Наиболее «сомнительными» являются крайние даты (x_1 и x_n), их принадлежность к вариационному ряду проверяется расчетом критерия $\tau_{\text{факт.}}$:

$$\text{проверка даты } x_1 - \tau_1 = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1} =$$

$$\text{проверка даты } x_n - \tau_n = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2} =$$

3. По таблице находим критерии τ теоретические (табл. 7 приложений в учеб. Моисейченко В.Ф. и др.) при $n=6$:

$$\tau_{0,95} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\tau_{0,99} = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Сравниваем критерии τ расчетные с теоретическими

5. Вывод о принадлежности «сомнительных» дат к вариационному ряду:

Обработка экспериментальных данных часто осложняется выпадением результатов на некоторых делянках опыта (повреждения растений птицами,

вредителями, затопление делянки после ливней, проезд транспорта и т. д.). Из-за выпадения данных средние арифметические в вариантах могут быть либо завышены (если выпал результат с очень низким числовым значением), либо занижены (если выпал результат с наибольшим числовым значением). Из-за этого возникают ошибки, которые можно устранить, только если **восстановить выпавшие данные**, т. е. вычислить их наиболее вероятные значения. Восстановленный результат ставят на выпавшее место и выполняют соответствующий статистический анализ данных.

Задание 3. Провести восстановление выпавшего результата в полевом опыте, где в четырех вариантах изучали влияние гербицидной обработки на величину урожайности зерна кукурузы. Повторность в опыте трехкратная. В третьем варианте, втором повторении опыта «выпал» результат, который необходимо «восстановить».

Урожайность зерна кукурузы (ц/га) в зависимости от внесения доз гербицида

Варианты опыта	Урожайность зерна по повторениям			Средняя по варианту
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	
1. Без гербицида	38	37	36	
2. Агелон (1 кг/га)	39	40	42	
3. Агелон (1,5 кг/га)	43	-	45	
4. Агелон (2,0 кг/га)	44	47	46	

Решение:

$$X_{вос.} = \frac{lV + nP - \sum X}{(l-1)(n-1)}, \text{ где}$$

l - число вариантов;

V - сумма данных в варианте, где выпал результат;

n - число повторностей в опыте;

P - сумма данных в повторности, где выпал результат;

$\sum X$ – сумма данных во всем опыте, за исключением выпавшего результата.

$$X_{вос.} = \underline{\hspace{10em}}$$

Вывод: _____

Тема 7. ОСНОВЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА

Слово «дисперсия» означает рассеивание данных опыта и расчленение общего варьирования изучаемых показателей на составные части. Отсюда и название метода — дисперсионный анализ. Для дисперсионного анализа представляют интерес *дисперсия вариантов* и *дисперсия ошибки*. Соотношение дисперсий — это тот критерий, который позволяет дать общую оценку достоверности различий между средними арифметическими опыта. В честь автора дисперсионного анализа критерий обозначили первой буквой его фамилии F (*критерий Фишера*). F вычисляют по формуле $F = S^2_v/S^2_z$.

Расчетный фактический критерий $F_{\text{факт}}$ сравнивают с теоретическим $F_{\text{теор}}$, который находят по таблицам. **Если $F_{\text{факт}}$ больше (или равен) $F_{\text{теор}}$, то достоверность различий в опыте доказана**, т. е. имеется одна или несколько пар вариантов средние арифметические которых достоверно различаются.

Вегетационные опыты чаще всего представляют собой статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок – вариантов. Независимость сопоставимых вариантов достигается регулярным перемещением вегетационных сосудов на вагонетке. Следовательно, в вегетационных опытах обычно нет территориально организованных повторений. Поэтому общее варьирование результативного признака разлагается на два компонента - варьирование вариантов и случайное варьирование: $S_y = S_v + S_z$. В полевом опыте имеются организованные повторения, поэтому $S_y = S_v + S_p + S_z$.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, опишите понятия:

1. Сущность дисперсионного анализа -

2. Критерий Фишера (F) -

3. Нулевая гипотеза ($H_0: d=0$), используемая для оценки значимости действия изучаемых факторов по критерию F -

4. Схема дисперсионного анализа данных вегетационного опыта -

5. В вегетационном опыте общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов (S_y), расчленяется на _____ (S_v) и _____ (S_z).

6. Общее число степеней свободы ($N-1$), расчленяется на два компонента: число степеней свободы для варианта _____ и число степеней свободы для случайного варьирования (ошибки) _____ .

7. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа:

общее число наблюдений в опыте $N =$ _____

корректирующий фактор (поправка) $C =$ _____

общая сумма квадратов $S_y =$ _____

сумма квадратов для вариантов $S_v =$ _____

сумма квадратов для ошибки (остатка) $S_z =$ _____

дисперсия вариантов $S_v^2 =$ _____

дисперсия ошибки $S_z^2 =$ _____

расчетный критерий Фишера $F =$ _____

8. Наименьшая существенная разность (НСР) -

9. Обобщенная ошибка опыта $S_{\bar{x}} =$ _____

10. Ошибка разности средних $S_d =$ _____

11. Наименьшая существенная разность для 5%-го уровня $HCP_{05} =$ _____

12. Наименьшая существенная разность для 1%-го уровня $HCP_{01} =$ _____

Задание 2. Проведите дисперсионный анализ данных однофакторного вегетационного опыта (с одинаковым числом наблюдений по вариантам), если в четырех вариантах изучали действие форм азотных удобрений на урожай овсяницы луговой. Установите, значимо ли действие удобрений, проверить нулевую гипотезу ($H_0: d=0$). Проверьте результаты с помощью программы STRAZ.

Урожай овсяницы (г на сосуд)

Варианты опыта	Урожай, X				Число наблюдений, n	Суммы, V	Средние по вариантам
	1	2	3	4			
1. Без удобр. (контроль)	16,0	17,2	14,4	15,8	4		
2. Сульфат аммония	29,4	30,4	30,3	28,1	4		
3. Аммиачная селитра	26,0	29,2	26,7	27,1	4		
4. Мочевина	25,3	24,8	26,1	23,2	4		
$N = \sum n =$					$\sum x =$		$\bar{x} =$

Решение:

Схема дисперсионного анализа: $S_y = S_v + S_z$

Таблица преобразованных дат ($A =$ _____)

Варианты	$X_1 = X - A$				V	X_1^2				V^2
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1										
2										
3										
4										
общая сумма $\sum X_{1i} =$										

Общее число наблюдений: $N = l \cdot n =$ _____

Корректирующий фактор: $C = (\sum X_1)^2: N =$ _____

Суммы квадратов:

общая $C_y = \sum X_1^2 - C =$ _____

вариантов $C_v = \sum V^2: n - C =$ _____

остатка $C_z = C_y - C_v =$ _____

Таблица дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы, ν	Средний квадрат S^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
Общая		$N-1 =$	-	-	-
Вариантов		$l-1 =$	$S_v^2 =$		
Остаток		$N-l =$	$S_z^2 =$		

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2_z}{n}} =$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S^2_z}{n}} =$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d =$$

Урожайность (в г/сосуд)

Варианты	Средняя урожайность	Отклонение от контроля ($HCP_{05} =$)
1. Без удобрений (контроль)		-
2. Сульфат аммония		
3. Аммиачная селитра		
4. Мочевина		

Вывод:

Тема 8. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОДНОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА С ОРГАНИЗОВАННЫМИ ПОВТОРЕНИЯМИ

Дисперсионный анализ — наиболее совершенный метод статистической обработки данных, но он применим только к опытам, размещенным методом рендомизации. Преимущества дисперсионного анализа заключаются в вычлениении из общего варьирования его компонентов, в вычислении обобщенной ошибки всего опыта на основе большего числа наблюдений, чем индивидуальные ошибки отдельных вариантов в недисперсионных методах.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, опишите понятия:

1. Организованные повторения в опыте –

2. Полная рендомизация в опыте –

3. В однофакторном полевом опыте с организованными повторениями общая сумма квадратов (C_y), расчленяется на _____ (C_v),
_____ (C_p),
_____ (C_z).

4. Общее число степеней свободы ($N-1$), расчленяется на число степеней свободы для варианта _____, число степеней свободы для повторений _____ и случайного варьирования (ошибки) _____.

5. Схема дисперсионного анализа данных полевого опыта с организованными повторениями -

6. Схема дисперсионного анализа данных полевого опыта, заложенного методом полной рендомизации (без повторений) -

7. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа однофакторного полевого опыта с организованными повторениями:

общее число наблюдений в опыте $N =$ _____

корректирующий фактор (поправка) $C =$ _____

общая сумма квадратов $C_y =$ _____

сумма квадратов для вариантов $C_v =$ _____

сумма квадратов для повторений $C_p =$ _____

сумма квадратов для ошибки (остатка) $C_z =$ _____

дисперсия вариантов $S_v^2 =$ _____

дисперсия ошибки $S_z^2 =$ _____

расчетный критерий Фишера $F =$ _____

Задание 2. Освойте технику расчетов при дисперсионном анализе данных полевого опыта, в котором изучали урожайность сортов озимой пшеницы. Проведите дисперсионный анализ данных, определите НСР₀₅ и сгруппируйте сорта по отношению к стандарту. Проверьте нулевую гипотезу $H_0: d=0$ и сделайте вывод.

Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, ц/га

Варианты (сорта)	Повторения, X				Суммы V	Среднее
	I	II	III	IV		
1 (стандарт)	45,7	47,9	43,4	42,1		
2	51,6	50,5	48,6	46,0		
3	44,7	40,0	41,4	38,7		
4	46,0	45,0	43,9	43,7		
5	39,8	38,0	41,0	49,6		
Суммы P					$\Sigma X =$	$\bar{x} =$

Решение:

Таблица преобразованных дат ($A = \underline{\hspace{2cm}}$)

Варианты	$X_1 = X - A$				Суммы V	X_1^2				Суммы V^2
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
1										
2										
3										
4										
5										
Суммы P										
общая сумма $\sum X_1 =$										

Схема дисперсионного анализа: $C_y = C_v + C_p + C_z$

Общее число наблюдений: $N = l \cdot n = \underline{\hspace{4cm}}$

Корректирующий фактор: $C = (\sum X_1)^2 : N = \underline{\hspace{4cm}}$

Суммы квадратов:

общая $C_y = \sum X_1^2 - C = \underline{\hspace{4cm}}$

вариантов $C_v = \sum V^2 : n - C = \underline{\hspace{4cm}}$

повторений $C_p = \sum P^2 : l - C = \underline{\hspace{4cm}}$

остатка $C_z = C_y - C_v - C_p = \underline{\hspace{4cm}}$

Таблица дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат S^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
Общая C_y		$N - 1 =$	-	-	-
Повторений C_p		$n - 1 =$			
Вариантов C_v		$l - 1 =$	$S_v^2 =$		
Остаток C_z		$(l - 1)(n - 1) =$	$S_z^2 =$		

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

Тема 9. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА С РАЗНОЙ ПОВТОРНОСТЬЮ (С НЕПОЛНЫМИ ДАННЫМИ)

Особенностью обработки данных вегетационного опыта с разной повторностью по вариантам является необходимость вычисления нескольких значений наименьшей существенной разности (НСР), так как не все средние равнозначны, поскольку опираются на разное количество наблюдений (n). Разную повторность в вариантах также необходимо учесть при вычислении суммы C_v и ошибки разности средних S_d .

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, формулы для расчета следующих показателей:

1. Сумма квадратов вариантов с разной повторностью вычисляется по формуле

$$C_v = \underline{\hspace{15em}}$$

2. Ошибку разности средних вариантов с одинаковой повторностью вычисляют по формуле:

$$S_d = \underline{\hspace{15em}}$$

3. Ошибку разности средних по вариантам с разной повторностью вычисляют по формуле :

$$S_d' = \underline{\hspace{15em}}$$

4. Теоретическое значение критерия Стьюдента (t) находят по числу степеней свободы дисперсии $\underline{\hspace{15em}}$

5. Теоретическое значение критерия Фишера (F) находят по степеням свободы дисперсии $\underline{\hspace{15em}}$ (в числителе) и дисперсии $\underline{\hspace{15em}}$ (в знаменателе).

Задание 2. Освойте технику дисперсионного анализа данных опыта с неполным набором данных, если в вегетационном опыте с водной культурой томата изучали действие разных соотношений N: P: K на урожай плодов. В опыте отсутствуют данные по двум повторениям. Проведите дисперсионный анализ результатов опыта и сделайте вывод об эффективности питания растений томатов. Проверьте результаты с помощью программы STRAZ.

Урожай плодов томатов (г/сосуд)

Варианты опыта (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O)	Урожайность, X						Число наблюдений, n	Суммы V	Средние
1. 1:1:1 (st)	454	470	430	500	460	452	6		
2. 1:2:1	502	550	490	507	530	525	6		
3. 1:2:2	601	670	550	607	650	612	6		
4. 2:1:1	407	412	475	402	-	-	4		
5. 2:2:1	418	470	460	412	-	-	4		
							$\Sigma X =$		$\bar{x} =$

Решение:

Таблица преобразованных дат (A=____)

Варианты	$X_1 = X - A$						Суммы V	X_1^2						Суммы V ²
1.														
2.														
3.														
4.					-	-						-	-	
5.					-	-						-	-	
							$\Sigma X_1 =$							$\Sigma X_1^2 =$

Схема дисперсионного анализа: $C_y = C_v + C_z$

Общее число наблюдений: $N = l \cdot n - n_{\text{вып. даты}} =$ _____

Корректирующий фактор: $C = (\Sigma X_1)^2 : N =$ _____

Суммы квадратов:

общая $C_y = \Sigma X_1^2 - C =$ _____

вариантов $C_v = \left(\frac{V_1^2}{n_1} + \frac{V_2^2}{n_2} + \dots + \frac{V_k^2}{n_k} \right) - C =$ _____

остатка $C_z = C_y - C_v =$ _____

Таблица дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат S^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
Общая C_y		$N - 1 =$	-	-	-
Вариантов C_v		$l - 1 =$	$S_v^2 =$		
Остаток C_z		$N - l =$	$S_z^2 =$		

1. При сравнении x_1, x_2 и x_3 ($n=6$) ошибка разности средних равна:

$$S_d' = \sqrt{\frac{2S^2_z}{n}} =$$

$$HCP_{05}' = t_{05} \cdot S_d' =$$

2. При сравнении x_1, x_2, x_3 с x_4, x_5 ($n_1=6$ и $n_2=4$) ошибка разности средних:

$$S_d'' = \sqrt{S^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} =$$

$$HCP_{05}'' = t_{05} \cdot S_d'' =$$

3. При сравнении x_4 и x_5 ($n=4$) ошибка разности средних равна:

$$S_d''' = \sqrt{\frac{2S^2_z}{n}} =$$

$$HCP_{05}''' = t_{05} \cdot S_d''' =$$

Вывод:

Тема 10. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МНОГОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Дисперсионный анализ особенно ценен для многофакторных опытов, так как позволяет определить достоверность не только действия, но и взаимодействия факторов. В полевом эксперименте часто эффект от совместного применения изучаемых факторов больше (синергизм) или меньше (антагонизм) суммы эффектов от отдельного применения каждого из них.

Многофакторный дисперсионный комплекс – это совокупность исходных наблюдений (дат), позволяющих статистически оценить действие и взаимодействие нескольких изучаемых факторов на изменчивость результативного признака.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Многофакторный опыт -

2. В двухфакторном опыте сумма квадратов вариантов (C_v) расчленяется на _____ (C_A), _____ (C_B) и _____ (C_{AB}).

3. Схема дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта -

4. В трехфакторном опыте сумма квадратов вариантов (C_v) расчленяется на _____ (C_A), _____ (C_B), _____ (C_C), _____ (C_{AB}), _____ (C_{AC}), _____ (C_{BC}), _____ (C_{ABC}).

5. Схема дисперсионного анализа трехфакторного полевого опыта -

6. Степени свободы для: (C_A) - _____

(C_B) - _____

(C_C) - _____

(C_{AB}) - _____

(C_{AC}) - _____

(C_{BC}) - _____

(C_{ABC}) - _____

Задание 2. Уясните сущность многофакторного опыта, освоите технику дисперсионного анализа двухфакторного опыта, проведенного методом рендомизированных повторений и сделайте выводы.

В двухфакторном полевом опыте (2x3) изучали действие двух доз азота (a_0, a_1) и трех доз фосфора (b_0, b_1, b_2) на урожайность зерна ячменя. Провести дисперсионный анализ данных и проверить результаты с помощью программы STRAZ.

Урожайность зерна ячменя, ц/га

Фактор А (азот)	Фактор В (фосфор)	Повторения, X				Суммы, V	Средние
		I	II	III	IV		
a_0	b_0	23,1	24,8	23,0	26,8		
	b_1	28,4	29,5	30,2	26,5		
	b_2	28,7	30,4	32,6	28,0		
a_1	b_0	31,7	35,4	34,6	32,0		
	b_1	46,7	45,6	47,1	46,2		
	b_2	59,4	50,6	65,5	62,1		
$N = l_a \cdot l_b \cdot n =$						$\sum X =$	$\bar{x} =$

Решение:

Схема дисперсионного анализа: $C_y = C_v + C_p + C_z$,

так как $C_v = C_A + C_B + C_C$, следовательно

$$C_y = (C_A + C_B + C_C) + C_p + C_z$$

Корректирующий фактор: $C = (\sum X)^2 : N =$ _____

Суммы квадратов:

общая $C_y = \sum X^2 - C =$ _____

вариантов $C_v = \sum V^2 : n - C =$ _____

повторений $C_p = \sum P^2 : l_a l_b - C =$ _____

остатка $C_z = C_y - C_v - C_p =$ _____

Таблица для определения сумм для главных эффектов и взаимодействия

Фактор А (азот)	Фактор В (фосфор)			Суммы А
	В ₀	В ₁	В ₂	
a ₀				
a ₁				
Суммы В				Σ X =

Сумма квадратов для фактора А (азот):

$$C_A = \frac{\sum A^2}{l_B n} - C = \underline{\hspace{10em}}$$

при степени свободы $\nu = l_A - 1 = \underline{\hspace{10em}}$

Сумма квадратов для фактора В (фосфор):

$$C_B = \frac{\sum B^2}{l_A n} - C = \underline{\hspace{10em}}$$

при степени свободы $\nu = l_B - 1 = \underline{\hspace{10em}}$

Сумма квадратов для взаимодействия факторов А и В:

$$C_{AB} = C_V - (C_A + C_B) = \underline{\hspace{10em}}$$

при степени свободы $\nu = (l_A - 1)(l_B - 1) = \underline{\hspace{10em}}$

Таблица дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта (2x3)
с рендомизированными повторениями

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат S ²	F _{факт.}	F ₀₅
Общая (C _y)			-	-	-
Повторений (C _p)			-	-	-
Фактора А (C _A)					
Фактора В (C _B)					
Взаимодействия (C _{AB})					
Остаток C _z				-	-

Оценка существенности частных различий:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{n}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{2S_Z^2}{n}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = \underline{\hspace{10cm}}$$

Оценка существенности главных эффектов и взаимодействия:

для фактора А : $Sd = \sqrt{\frac{2S_Z^2}{nl_B}} = \underline{\hspace{10cm}}$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = \underline{\hspace{10cm}}$$

для фактора В и взаимодействия АВ:

$$Sd = \sqrt{\frac{2S_Z^2}{nl_A}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = \underline{\hspace{10cm}}$$

Действие азотных и фосфорных удобрений на урожайность зерна ячменя, ц/га

Дозы азота (фактор А)	Дозы фосфора (фактор В)			Средние по фактору А (HCP ₀₅ = _____)
	В ₀	В ₁	В ₂	
a ₀				
a ₁				
Средние по фактору В (HCP ₀₅ = _____)				

HCP₀₅ = _____ для сравнения частных средних

Вывод:

Тема 11. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОПЫТА, РАЗМЕЩЕННОГО МЕТОДОМ ЛАТИНСКОГО КВАДРАТА И ЛАТИНСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНИКА

Метод рендомизированных латинских квадратов — это размещение вариантов таким образом, чтобы в каждой строчке и в каждом столбике присутствовали все варианты в соответствии со схемой опыта и ни один из них не повторялся (рис. 7).

	<i>Столбцы</i>			
	2	4	1	3
Ряды	1	3	2	4
	4	1	3	2
	3	2	4	1

Рис. 7. Размещение вариантов опыта методом рендомизированного латинского квадрата (4x4).

Метод латинского квадрата целесообразно использовать в таких условиях, когда плодородие почвы изменяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях (например, в одном направлении — вдоль склона, а перпендикулярно — под влиянием лесополосы или грунтовой дороги).

Так как ни один из вариантов не повторяется ни в крайних столбиках, ни в крайних рядах, то при соседстве опыта с лесополосами, дорогами, изгородями все варианты опыта находятся в одинаковых условиях.

Рендомизированный латинский прямоугольник — случайное размещение всех вариантов в пределах каждого ряда и каждого отдельного блока (рис. 8).

I	4	9	11	1	7	2	8	12	10	6	3	5
II	1	5	2	6	10	12	4	3	7	11	9	8
III	12	6	8	3	4	9	1	5	11	2	7	10
IV	3	7	10	5	8	11	9	2	6	4	1	12
	I			II				III			IV	
	<i>Блоки (столбцы)</i>											

Рис. 8. Размещение вариантов опыта методом рендомизированного латинского прямоугольника (4x4 x12).

Метод латинского прямоугольника эффективен в том случае, если плодородие почвы изменяется не только в двух взаимно перпендикулярных направлениях, но и по диагонали. Условия метода латинского прямоугольника: число вариантов должно быть кратным числу повторности, т. е. при 9 вариантах в опыте может быть 3 повторности, при 12 — 3 и 4, при 15 — 3 и 5; повторения организуются и по рядам, и по блокам, в пределах которых должен быть полный набор вариантов.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Схема дисперсионного анализа данных опытов, размещенных методом латинского квадрата и латинского прямоугольника - _____

2. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом латинского квадрата:

общее число наблюдений в опыте $N =$ _____

корректирующий фактор (поправка) $C =$ _____

общая сумма квадратов $S_y =$ _____

сумма квадратов для столбцов $S_c =$ _____

сумма квадратов для рядов $S_r =$ _____

сумма квадратов для вариантов $S_v =$ _____

сумма квадратов для ошибки (остатка) $S_z =$ _____

дисперсия вариантов $S_v^2 =$ _____

дисперсия ошибки $S_z^2 =$ _____

расчетный критерий Фишера $F =$ _____

3. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом латинского прямоугольника:

общее число наблюдений в опыте $N =$ _____

корректирующий фактор (поправка) $C =$ _____

общая сумма квадратов $S_y =$ _____

сумма квадратов для столбцов $S_c =$ _____

сумма квадратов для рядов $S_r =$ _____

сумма квадратов для вариантов $C_v =$ _____

сумма квадратов для ошибки (остатка) $C_z =$ _____

дисперсия вариантов $S_v^2 =$ _____

дисперсия ошибки $S_z^2 =$ _____

расчетный критерий Фишера $F =$ _____

Задание 2. Изучить и освоить технику дисперсионного анализа данных опытов, заложенных методом латинского квадрата (пример 1) и прямоугольника (пример 2), определить критерий F и сделать выводы. Проверить результаты с помощью программы STRAZ.

Пример 1. В полевом опыте с озимой пшеницей изучали сорта озимой пшеницы (сорт A , сорт B , сорт C , сорт D , сорт E). Варианты (сорта) заложены по схеме латинского квадрата (5x5), провести дисперсионный анализ данных.

Схема размещения опыта
и урожайность зерна озимой пшеницы, ц/га

Ряды	Столбцы					Суммы по		Средние по вариантам
	1	2	3	4	5	рядам P	вариантам, V	
1	33,2 D	31,1 C	33,6 A	34,5 B	33,8 E		A	A
2	40,9 B	32,7 A	39,6 E	37,7 C	36,3 D		B	B
3	35,8 E	28,7 B	37,9 D	32,8 A	34,5 C		C	C
4	34,2 A	35,6 D	36,8 C	40,2 E	34,9 B		D	D
5	31,2 C	34,7 E	26,8 B	33,7 D	31,2 A		E	E
Суммы C по столбцам							$\sum X =$	$\bar{x} =$

Правильность вычисления сумм проверяют по равенству: $\sum P = \sum C = \sum V = \sum X$

Решение:

Таблица преобразованных дат ($A =$ _____)

Ряды	Столбцы					Суммы	
	$X_1 = X - A$					P	V
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
Суммы, C							$\sum X_1 =$ _____

Схема дисперсионного анализа: $C_y = C_c + C_p + C_v + C_z$

Общее число наблюдений $N = n \cdot n =$ _____

Корректирующий фактор: $C = (\sum X_1)^2 : N =$ _____

Суммы квадратов:

общая $C_y = \sum X_1^2 - C =$ _____

столбцов $C_c = \sum C^2 : n - C =$ _____

рядов $C_p = \sum P^2 : n - C =$ _____

вариантов $C_v = \sum V^2 : n - C =$ _____

остатка $C_z = C_y - C_c - C_p - C_v =$ _____

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат, S^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
Общая (C_y)			-	-	-
Столбцов (C_c)			-	-	-
Рядов (C_p)			-	-	-
Вариантов (C_v)					
Остаток (C_z)				-	-

Оценка существенности частных различий:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{2cm}} \quad Sd = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = \underline{\hspace{2cm}} \quad HCP_{05} = \frac{t_{05} \cdot Sd}{x} \cdot 100 \% = \underline{\hspace{2cm}}$$

Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, ц/га

Варианты (сорта)	Средняя урожайность	Отклонение от стандарта		Группа
		т/га	%	
<i>A (st)</i>		-	-	<i>st</i>
<i>B</i>				
<i>C</i>				
<i>D</i>				
<i>E</i>				
HCP_{05}	-			-

Вывод:

Пример 2. В полевом опыте изучали продуктивность сортов кукурузы по показателю урожая зеленой массы. Варианты опыта (сорта–А,В,С,Д,Е,Ф,Г,Н) заложены методом латинского прямоугольника (4x4x8). Провести дисперсионный анализ, разгруппировать сорта кукурузы и сделать вывод.

Схема размещения опыта и урожайность зеленой массы кукурузы, т/га

Ряды	Столбцы				Суммы по		Средние по вариантам
	1	2	3	4	рядам P	вариантам, V	
1	47 E	64 G	37 B	51 D		A	A
	41 A	66 C	46 F	60 H		B	B
2	65 G	41 E	55 D	34 B		C	C
	66 C	41 A	53 H	35 F		D	D
3	42 F	50 H	40 E	51 G		E	E
	42 B	48 D	36 A	60 C		F	F
4	52 H	45 F	54 G	30 E		G	G
	61 D	37 B	59 C	46 A		H	H
Суммы C по столбцам						$\sum X =$	$\bar{x} =$

Правильность вычисления сумм проверяют по равенству: $\sum P = \sum C = \sum V = \sum X$

Решение:

Схема дисперсионного анализа: $C_y = C_c + C_p + C_v + C_z$

Общее число наблюдений $N = n \cdot l =$ _____

Корректирующий фактор: $C = (\sum X)^2 : N =$ _____

Суммы квадратов:

общая $C_y = \sum X^2 - C =$ _____

столбцов $C_c = \sum C^2 : l - C =$ _____

рядов $C_p = \sum P^2 : l - C =$ _____

вариантов $C_v = \sum V^2 : n - C =$ _____

остатка $C_z = C_y - C_c - C_p - C_v =$ _____

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат, S^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
Общая (C_y)			-	-	-
Столбцов (C_c)			-	-	-
Рядов (C_p)			-	-	-
Вариантов (C_v)					
Остаток (C_z)				-	-

Оценка существенности частных различий:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{2cm}} \quad S_d = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = \underline{\hspace{2cm}} \quad HCP_{05} = \frac{t_{05} \cdot S_d}{x} \cdot 100 \% = \underline{\hspace{2cm}}$$

Урожайность зеленой массы кукурузы, т/га

Варианты (сорта)	Средняя урожайность	Отклонение от стандарта		Группа
		т/га	%	
<i>A (st)</i>		-	-	<i>st</i>
<i>B</i>				
<i>C</i>				
<i>D</i>				
<i>E</i>				
<i>F</i>				
<i>G</i>				
<i>H</i>				
HCP_{05}	-			-

Вывод:

Тема 12. ЛИНЕЙНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

Между варьирующими явлениями, объектами, условиями среды, ростом, продуктивностью растений и другими показателями существуют определенные взаимосвязи: значение средней величины одного признака изменяется при изменении другого признака. Взаимосвязи между варьирующими признаками называют *корреляцией*.

Корреляции подразделяют по направлению, форме и числу связей. По *направлению* корреляция может быть прямой или обратной. При *прямой корреляции* с увеличением значения признака X увеличивается значение признака Y . Примеры прямой корреляции: чем быстрее нарастает число клубней картофеля определенных размеров, тем выше урожай; чем больше длина листа, тем больше его площадь; чем лучше освещены растения, тем интенсивнее синтез органических веществ, и т. п.

При *обратной корреляции* с увеличением значения признака X значение признака Y уменьшается. Например, при постоянном увеличении массы корней свеклы уменьшается их сахаристость.

По *форме* корреляция бывает линейной и криволинейной. *Линейная корреляция* имеет место, когда с увеличением признака X соответственно увеличивается второй признак Y . Например, площадь листьев возрастает с увеличением их длины; урожай увеличивается с увеличением числа полноценных зерен; ростовые процессы улучшаются при увеличении площади питания растений.

При *криволинейной корреляции* значения X и Y изменяются сначала в одном направлении, а затем в противоположных. Так, при постоянно возрастающих дозах фактора X (азотные или другие удобрения, влажность почвы, ее плотность и т. п.) урожай Y сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака X снижается.

По *числу связей* корреляция может быть *простой*, когда имеется связь между двумя признаками, и *множественной*, когда связано три признака и более. Например, урожай зависит от дозы азота, фосфора, калия, норм орошения и других факторов. По силе связи корреляция бывает полной, сильной, средней, слабой; она может быть также достоверной и недостоверной.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Коэффициент корреляции (r) - _____

2. Коэффициент детерминации (d) - _____

3. При каких значениях коэффициента корреляции связь между зависимыми признаками :

полная – $r =$ _____

сильная – $r =$ _____

средняя – $r =$ _____

слабая – $r =$ _____

4. Запишите формулы для расчета:

коэффициента корреляции $r =$ _____

ошибки коэффициента корреляции $Sr =$ _____

критерия существенности корреляции $t_r =$ _____

5. Теоретическое значение Стьюдента t находят по числу степеней свободы равном $\nu_r =$ _____

6. Регрессия - _____

7. Уравнение регрессии имеет вид:

8. Запишите формулы для расчета:

коэффициентов регрессии $R_{yx} =$ _____

$R_{xy} =$ _____

ошибки коэффициента регрессии $S_{R_{yx}} =$ _____

$S_{R_{xy}} =$ _____

критерия существенности регрессии $t_R =$ _____

Задание 2. Изучите корреляционно-регрессионный метод анализа резуль-

татов исследований. Вычислите коэффициенты прямолинейной корреляции и регрессии, составьте уравнение регрессии и представьте данные графически.

Проанализируйте корреляционно-регрессионную зависимость между длиной листьев озимой пшеницы (см) и их площадью (см²).

Вычисление корреляционной зависимости между длиной листьев озимой пшеницы (признак X) и их площадью (признак Y)

Но мер пар	Значение признаков		Отклонения		Произведения (X- \bar{x})(Y- \bar{y})	Квадраты отклонений	
	длина листьев, см (X)	площадь листьев, см ² (Y)	X- \bar{x}	Y- \bar{y}		(X- \bar{x}) ²	(Y- \bar{y}) ²
1	16,0	6,2					
2	17,3	8,5					
3	18,5	10,1					
4	18,9	10,6					
5	20,1	11,4					
6	20,9	12,5					
7	21,3	13,3					
8	21,7	13,7					
9	22,3	14,2					
10	22,3	15,0					
11	22,6	15,7					
12	22,8	16,0					
13	23,0	17,6					
14	24,1	18,6					
15	25,4	20,4					
Суммы $\Sigma X =$	$\Sigma Y =$		$\Sigma X - \bar{x} =$	$\Sigma Y - \bar{y} =$	$\Sigma (X - \bar{x})(Y - \bar{y}) =$	$\Sigma (X - \bar{x})^2 =$	$\Sigma (Y - \bar{y})^2 =$
число пар $n = 15$			=	=	=	=	=

Решение:

Находим средние арифметические:

$$\bar{x} = \Sigma X : n = \underline{\hspace{15em}}$$

$$\bar{y} = \Sigma Y : n = \underline{\hspace{15em}}$$

Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\Sigma (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma (X - \bar{x})^2 \Sigma (Y - \bar{y})^2}} = \underline{\hspace{15em}}$$

Ошибка коэффициента корреляции:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Критерий достоверности коэффициента корреляции:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Теоретическое значение критерия Стьюдента:

при $\nu_r = n - 2 = \underline{\hspace{5cm}}$ $t_{05} = \underline{\hspace{5cm}}$

Доверительный интервал для коэффициента корреляции:

$$r \pm t_{05} \cdot S_r = \underline{\hspace{10cm}}$$

Вывод о достоверности связей делают на основе такого правила: если критерий существенности коэффициента корреляции фактический больше критерия теоретического или равен ему, то связь достоверная (существенная).

Вывод о достоверности связей:

При сильной и достоверной связи между признаками проводят регрессионный анализ:

Коэффициент регрессии:

$$R_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Ошибка коэффициента регрессии:

$$S_{R_{yx}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Доверительный интервал для коэффициента регрессии:

$$R_{yx} \pm t_{05} \cdot S_{R_{yx}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Уравнение регрессии имеет вид:

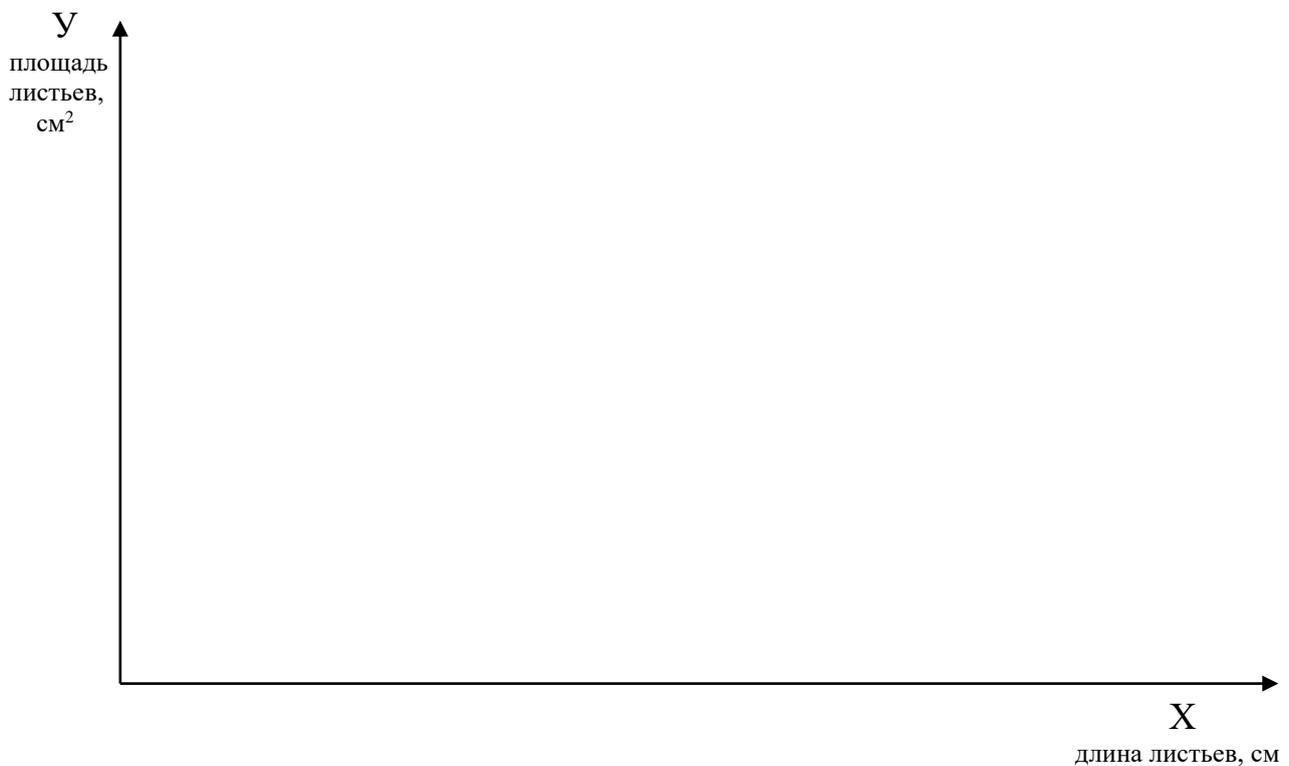
$$Y = \bar{y} + R_{yx}(X - \bar{x}) = \underline{\hspace{15em}}$$

Для графического изображения корреляционно-регрессионной зависимости по уравнению регрессии находим теоретические усредненные значения Y (при X_{\min} и X_{\max}). По двум найденным точкам строим линию регрессии:

$$Y_{(X_{\min})} = \underline{\hspace{15em}}$$

$$Y_{(X_{\max})} = \underline{\hspace{15em}}$$

Теоретическая линия регрессии и точечный график зависимости между длиной листьев озимой пшеницы и их площадью



Вывод:

Тема 13. КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Ковариационный анализ применяют для обработки экспериментальных данных в опытах с многолетними культурами. Нередки случаи, когда деревья или кусты ягодников, многолетние травы на делянках значительно различаются по силе роста и урожаю в самом начале опыта. Как правило, такие растения еще больше различаются в конце опыта, поэтому оценка эффективности изучаемых вариантов без поправок на первоначальное состояние растений не будет объективной. В таких случаях необходимо установить соотношение между варьированием первоначального показателя, например урожая X , и последующим урожаем Y с помощью *ковариационного анализа*.

Ковариационный анализ используют также тогда, когда отдельные растения в опыте выпадают из-за повреждения вредителями, морозами, поражения болезнями. Однако его не следует применять в тех случаях, когда сильное поражение болезнями или морозами при сортоиспытании является особенностью сорта или когда в агротехническом опыте растения выпадают под влиянием высоких доз удобрений, гербицидов.

Сочетание дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов для приведения фактических средних по ряду Y к полной выравненности условий опыта по ряду X называют ковариационным анализом. В математической статистике ковариация (cov) — это средняя из произведений отклонений двух переменных X и Y от их средних арифметических.

Задание 1. Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Этапы проведения ковариационного анализа - _____

2. В каких опытах результаты исследований обрабатываются методом ковариационного анализа - _____

3. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений для ряда X :

корректирующий фактор $C =$ _____

общая сумма квадратов $C_y =$ _____

сумма квадратов вариантов $C_v =$ _____

сумма квадратов повторений $C_p =$ _____

сумма квадратов остатка $C_z =$ _____

4. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений для ряда Y :

корректирующий фактор $C =$ _____

общая сумма квадратов $C_y =$ _____

сумма квадратов вариантов $C_v =$ _____

сумма квадратов повторений $C_p =$ _____

сумма квадратов остатка $C_z =$ _____

5. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений для произведения XU :

корректирующий фактор $C =$ _____

общая сумма квадратов $C_y =$ _____

сумма квадратов вариантов $C_v =$ _____

сумма квадратов повторений $C_p =$ _____

сумма квадратов остатка $C_z =$ _____

6. Формула для вычисления суммы квадратов регрессии:

$$C_R = \underline{\hspace{15em}}$$

7. Формула для вычисления коэффициента регрессии:

$$R_{yx} = \underline{\hspace{15em}}$$

Задание 2. Закрепите методику проведения ковариационного анализа данных в многолетнем опыте с яблоней, где изучалось действие удобрений на урожайность яблок. Урожайность в начале (X) и в конце опыта (Y) приведена в таблице. Провести ковариационный анализ и при необходимости сделать поправку урожайности в конце опыта с учетом первоначальной. определите HC_{P05} и сделайте выводы. Проверить результаты с помощью программы STRAZ.

Урожайность яблонь в начале (X) и в конце (Y) опыта, т/га

Варианты (удобрения)		Повторения				Суммы V_x и V_y	Средние
		I	II	III	IV		
1.	X	1,1	1,3	0,9	1,4		
	Y	1,5	1,4	1,6	1,8		
2.	X	1,3	1,2	1,0	1,6		
	Y	1,4	1,3	1,2	1,7		
3.	X	1,5	1,0	1,5	1,6		
	Y	1,9	1,5	1,7	1,9		
Суммы	P_x					$\Sigma X =$	$\bar{x} =$
	P_y					$\Sigma Y =$	$\bar{y} =$

Решение:

Проверяем правильность вычислений:

$$\Sigma V_x = \Sigma P_x = \Sigma X = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\Sigma V_y = \Sigma P_y = \Sigma Y = \underline{\hspace{10cm}}$$

Дисперсионный анализ для ряда X :

$$C = (\Sigma X)^2 : N = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_y = \Sigma X^2 - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_p = \Sigma P_x^2 : l - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_v = \Sigma V_x^2 : n - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = \underline{\hspace{10cm}}$$

Дисперсионный анализ для ряда Y :

$$C = (\Sigma Y)^2 : N = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_y = \Sigma Y^2 - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_p = \sum P_y^2 : l - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_v = \sum V_y^2 : n - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = \underline{\hspace{10cm}}$$

Дисперсионный анализ произведения XY:

$$C = \sum X \sum Y : N = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_y = \sum XY - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_p = \sum P_x P_y : l - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_v = \sum V_x V_y : n - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = \underline{\hspace{10cm}}$$

Сумма квадратов регрессии:

$$C_R = \frac{(\sum XY)^2}{\sum X^2} = \frac{C_z^2(\text{для } XY)}{C_z(\text{для } X^2)} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Коэффициент регрессии:

$$R_{yx} = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = \frac{C_z(\text{для } XY)}{C_z(\text{для } X^2)} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Результаты ковариационного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов и произведений			Степени свободы, ν	Средний квадрат, S^2	$F_{факт.}$	F_{05}	R_{yx}
	X^2	XU	U^2					
Общая				$N-1=$	-	-	-	-
Повторений				$n-1=$	-	-	-	-
Вариантов				$l-1=$				
Остаток I				$(n-1)(l-1)=$		-	-	-
Регрессия	-	-					-	-
Остаток II	-	-				-	-	-

Остаток II = Остаток I – Регрессия (C_R)

Степень свободы остатка II = степень свободы остатка I - степень свободы регрессии

**Вывод о необходимости поправок урожайности
(при сравнении $F_{факт.}$ и F_{05} для вариантов и регрессии):**

**Корректировка урожайности яблонь в конце опыта
с учетом урожайности в начале опыта**

Вариант	Средняя урожайность в начале опыта (X), т/га	$\bar{x} - X$	$R_{yx} \cdot (\bar{x} - X)$	Средняя урожайность в конце опыта (Y), т/га	Скорректированная урожайность, т/га
1					
2					
3					
	$\bar{x} =$			$\bar{y} =$	

Вывод:

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Кирюшин Б.Д. Основы научных исследований в агрономии. СПб.: КВАДРО, 2013. 265 с.
2. Глуховцев В.В. Практикум по основам научных исследований в агрономии. М.: Колос, 2006. 210 с.

Дополнительная литература

1. Кирюшин Б.Д. Основы научных исследований в агрономии: учебник для ВУЗа. М.: КолосС, 2009. 316 с.
2. Основы научных исследований в агрономии: учеб. для с.-х. вузов / В.Ф. Моисейченко и др. М.: Колос, 1994. 284 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник. М.: Агропромиздат, 1985. 228 с.

Учебное издание

Мельникова Ольга Владимировна

ОПЫТНОЕ ДЕЛО И ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие для проведения
лабораторно-практических занятий со студентами направления
подготовки **35.03.07 Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции**

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 12.11.2021 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,17. Тираж 50 экз. Изд. №7078.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ