

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

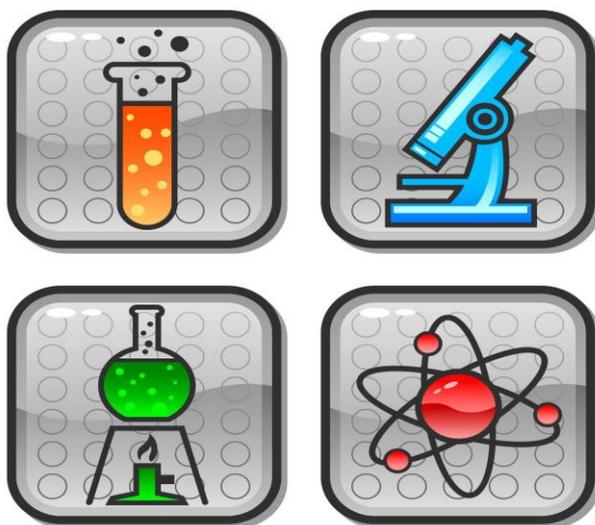
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И АГРОБИЗНЕСА

КАФЕДРА ОБЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА,
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие для проведения
лабораторно-практических занятий со студентами
направления **35.03.04 Агрономия**,
профиль *Луговые ландшафты и газоны*

(заочной формы обучения)



Брянская область
2017

УДК 631.5:635.928(076)

ББК 4:26.82

М 48

Мельникова О.В. **Основы научных исследований:** учебно-методическое пособие для проведения лабораторно-практических занятий со студентами направления **35.03.04 Агрономия**, профиль *Луговые ландшафты и газоны (заочной формы обучения)*. / О.В. Мельникова. - Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2017. - 40 с.

Учебно-методическое пособие «Основы научных исследований» составлено в соответствии с компетентностными требованиями ФГОС ВО по направлению 35.03.04 Агрономия (уровень высшего образования Бакалавриат), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от «4» декабря 2015 г., №1431.

В учебно-методическом пособии даны основные 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.

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

Одобрено на заседании кафедры Общего земледелия, технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства, протокол №4 от 10 января 2017 г.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института экономики и агробизнеса ФГБОУ ВО Брянского ГАУ, протокол №3 от 31 января 2017 г.

© Брянский ГАУ, 2017

© Мельникова О.В., 2017

ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений по методам агрономических исследований, планированию, технике, закладке и проведению эксперимента, а также применению статистических методов анализа полученных результатов исследований.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Настоящая дисциплина базируется на знании положений ранее изученных дисциплин: статистика, информатика, агрохимия, почвоведение.

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2: *Способность применять современные методы научных исследований в агрономии согласно утвержденным планам и методикам.*

Знать: классификацию современных методов научных исследований в агрономии.

Уметь: применять современные методы научных исследований в агрономии согласно утвержденным планам и методикам.

Владеть: методом полевого эксперимента и лабораторных научных исследований в агрономии согласно утвержденным планам и методикам.

ПК-4: *Способность к обобщению и статистической обработке результатов опытов, формулированию выводов.*

Знать: методику статистической обработки результатов опытов, оценки достоверности существенных различий между опытным и контрольным вариантом опыта по критерию Фишера.

Уметь: анализировать и обобщать результаты статистической обработки результатов исследований, формулировать выводы и предложения производству.

Владеть: методами статистической обработки результатов опытов и оценки достоверности существенных различий между опытным и контрольным вариантом опыта по критерию Фишера.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Кирюшин Б.Д., Усманов Б.Д., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. М.: КолосС, 2009. 398 с.
2. Глуховцев В.В., Кириченко В.Г., Зудилин С.Н. Практикум по основам научных исследований в агрономии. М.: Колос, 2006. 240 с.
- 3 Викторов П.И., Менькин В.К. Методика и организация зоотехнических опытов. - М.: Агропромиздат, 1991. 112 с.

Дополнительная литература:

1. Кирюшин Б.Д. Учебное пособие. Методика научной агрономии. Часть 1, Введение в опытное дело и статистическую оценку. М. МСХА, 2004, 167 с.
2. Кирюшин Б.Д. Учебное пособие. Методика научной агрономии. Часть 2, Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. М. МСХА, 2005, 199 с.
3. Методы исследований питания сельскохозяйственных животных / Под редакцией акад. РАСХН Б.Д. Кальницкого.- Боровск, 1998.- 405 с.

Источники электронно-библиотечных систем (ЭБС)

1. Мельникова, О.В. Тестовые задания по дисциплине «Основы научных исследований в агрономии»: учебное пособие для самостоятельной работы студентов [Электронный ресурс] портал Брянского ГАУ, научная библиотека, полнотекстовые документы. -Брянск: Издательство БГСХА, 2014 г. - 36 с. — Режим доступа: <http://www.bgsha.com>.
2. Попов В.Д., Скуратов В.Б. Влияние ресурсного потенциала научных исследований на их результаты [Электронный ресурс] журнал / Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. - 2005 . -№77. - с.48-53. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

В процессе обучения студентами могут быть использованы ресурсы электронно-библиотечных систем, имеющих в свободном доступе библиотеки Брянского ГАУ: ЭБС «Лань» (<http://e.lanbook.com>), национальный цифровой ресурс ЭБС «Руконт» - межотраслевая электронная библиотека на базе технологии «контекстум», лицензионная библиотека современной учебной и научной литературы «**BOOK.ru**», ресурсы научной электронной библиотеки «**elibrary**» (<http://elibrary.ru>), которые содержат учебные и научные издания ведущих вузов России. Обучающимся также доступны полнотекстовые источники ученых и преподавателей ВУЗа, включенные в электронную библиотеку Брянского ГАУ (электронный ресурс доступен на портале Брянского ГАУ, научная библиотека, полнотекстовые документы, режим доступа: <http://www.bgsha.com>).

Перечень программного обеспечения

При освоении дисциплины «Основы научных исследований», с целью статистической обработки данных, оформления и презентации полученных результатов студенты используют лицензионные программные продукты: *Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, Microsoft Office PowerPoint 2010*.

Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Лаборатория основ научных исследований 413, основное оборудование: компьютеры (3 шт.);
- Компьютерный класс АЭИ ауд. 311, основное оборудование: компьютеры (12 шт.), мультимедийное оборудование.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Для нахождения информации, размещенной в Интернете, помимо общепринятых «поисковиков» Rambler, Yandex, GOOGLE можно рекомендовать:

Специальные информационно-поисковые системы:

GOOGLE Scholar – поисковая система по научной литературе,

ГЛОБОС – для прикладных научных исследований,

Science Tehnology – научная поисковая система,

AGRIS – международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям,

AGRO-PROM.RU – информационный портал по сельскому хозяйству и аграрной науке

Math Search – специальная поисковая система по статистической обработке.

Базы данных:

Agro Web России – БД для сбора и представления информации по сельскохозяйственным учреждениям и научным учреждениям аграрного профиля, БД AGRICOLA – международная база данных на сайте Центральной научной сельскохозяйственной библиотеки РАСХН, БД «AGROS» – крупнейшая документографическая база данных по проблемам АПК, охватывает все научные публикации (книги, брошюры, авторефераты, диссертации, труды сельскохозяйственных научных учреждений) «Агроакадемсеть» – базы данных РАСХН.

БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- μ – средняя генеральной совокупности;
- X – значение варьирующего признака;
- \bar{x} – средняя арифметическая;
- Σ – арифметическая сумма;
- S^2 – дисперсия, средний квадрат;
- S – стандартное отклонение, среднее квадратическое отклонение;
- V – коэффициент вариации, изменчивости;
- $S_{\bar{x}}$ – ошибка средней арифметической;
- $S_{\bar{x}\%}$ – относительная ошибка средней арифметической;
- d – разность между средними арифметическими;
- S_d – ошибка разности между средними арифметическими;
- H_0 – нулевая гипотеза;
- $t_{\text{факт.}}$ – критерий Стьюдента фактический (расчетный);
- P – уровень вероятности (значимости);
- $t_{0,05}, t_{0,01}$ – теоретические значения критериев Стьюдента для уровней вероятности $P_{0,05}$ и $P_{0,01}$;
- $F_{\text{факт.}}$ – критерий Фишера фактический (расчетный);
- $F_{0,05}, F_{0,01}$ – критерии Фишера теоретические для уровней вероятности $P_{0,05}$ и $P_{0,01}$;
- $HCP_{0,05}, HCP_{0,01}$ – наименьшие существенные разности для уровней вероятности $P_{0,05}$ и $P_{0,01}$;
- l – число вариантов;
- n – число повторностей, объем выборки;
- N – число делянок в опыте, общее число наблюдений;
- ν – число степеней свободы;
- C – корректирующий фактор (поправка);
- C_y, C_p, C_v, C_z – суммы квадратов рассеиваний: общего, повторений, вариантов, остатка (ошибки);
- r – коэффициент линейной корреляции;
- S_r – ошибка коэффициента линейной корреляции;
- R_{yx} – коэффициент регрессии Y по X ;
- S_R – ошибка коэффициента регрессии;
- cov – ковариация.

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

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.

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

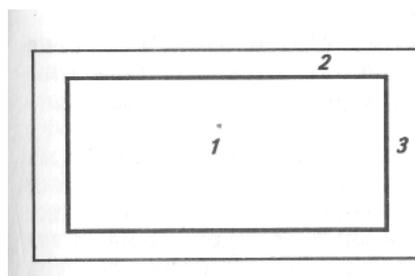


Рис. 1. Схема опытной делянки

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 2. РАЗРАБОТКА 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) -

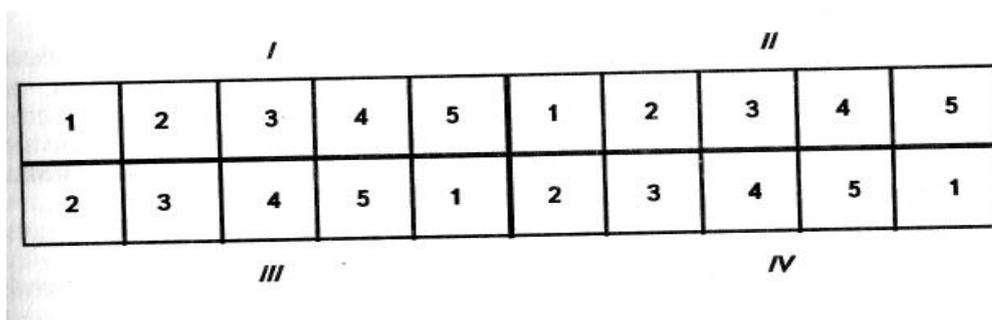


Рис. 2. Размещение вариантов систематическим методом

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

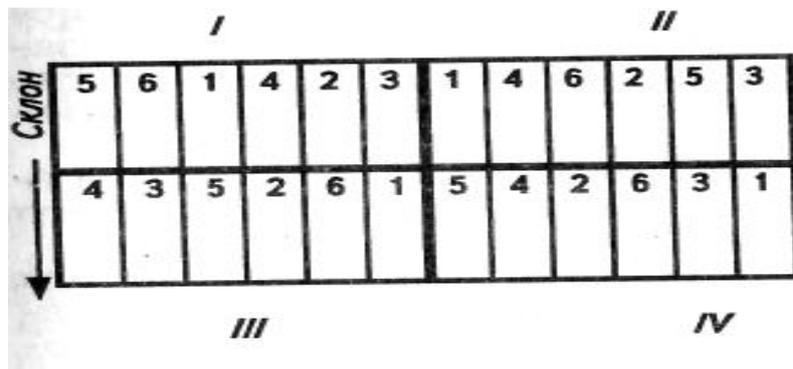


Рис. 3. Размещение вариантов опыта методом рендомизации с организованными повторениями

3. Стандартный метод размещения вариантов –

ямб-метод (рис. 4) -

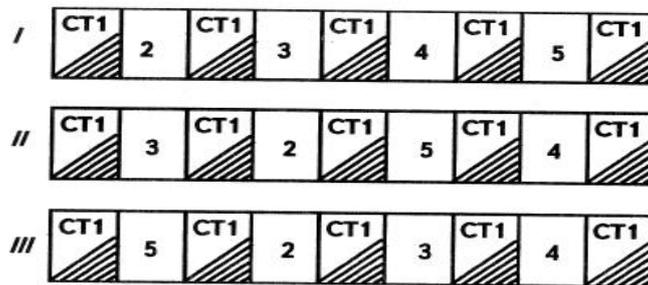


Рис. 4. Размещение вариантов опыта стандартным ямб-методом

дактиль-метод (рис. 5) -

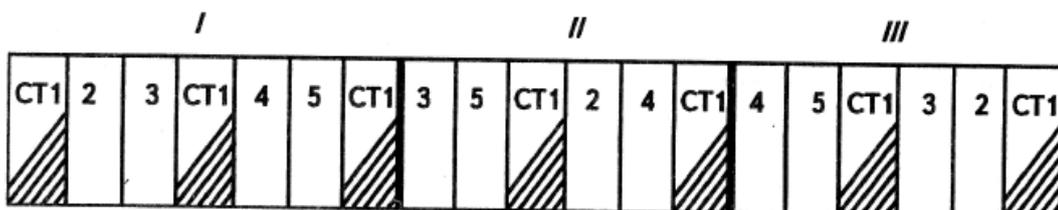


Рис. 5. Размещение вариантов опыта стандартным дактиль-методом

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

Опыты-пробы -

Точные сравнительные опыты -

Демонстрационные опыты -

Производственные опыты -

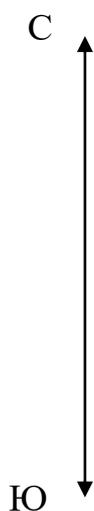
Опыты по учету эффективности новых агроприемов-

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 3. АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ 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.

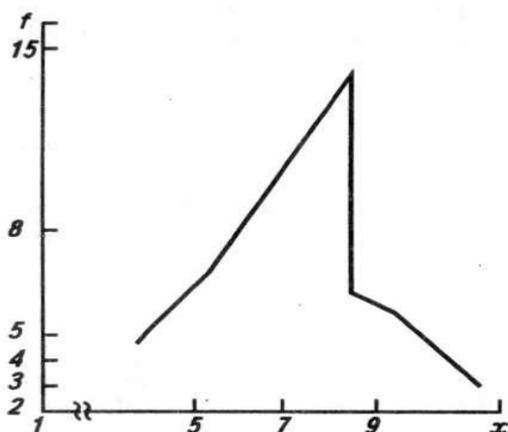


Рис. 6. Графическое изображение вариационного ряда:
 x - значение варьирующего показателя,
 f - частота признака

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 $X-A$	$f(X-A)$	$(X-A)^2$	$f(X-A)^2$
		$\sum f = n =$		$\sum f(X-A) =$		$\sum f(X-A)^2 =$

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 4. 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 5. 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 $Sd =$ _____

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 $\sum X_{1=}$										

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 6. 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		$(l - 1)(n - 1) =$	$S_z^2 =$		

Тема 7. 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):

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

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

Сумма квадратов для фактора В (фосфор):

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

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

Сумма квадратов для взаимодействия факторов А и В:

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

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

Таблица дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта (2x3)
с рандомизированными 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				-	-

Тема 8. 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 результатов 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	Квадраты отклонений	
	длина листьев, см (X)	площадь листьев, см ² (Y)	$X - \bar{x}$	$Y - \bar{y}$	$(X - \bar{x})(Y - \bar{y})$	$(X - \bar{x})^2$	$(Y - \bar{y})^2$
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:

$$\bar{x} = \Sigma X : n = \underline{\hspace{10em}}$$

$$\bar{y} = \Sigma Y : n = \underline{\hspace{10em}}$$

Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\Sigma (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma (X - \bar{x})^2 \Sigma (Y - \bar{y})^2}} = \underline{\hspace{10em}}$$

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:

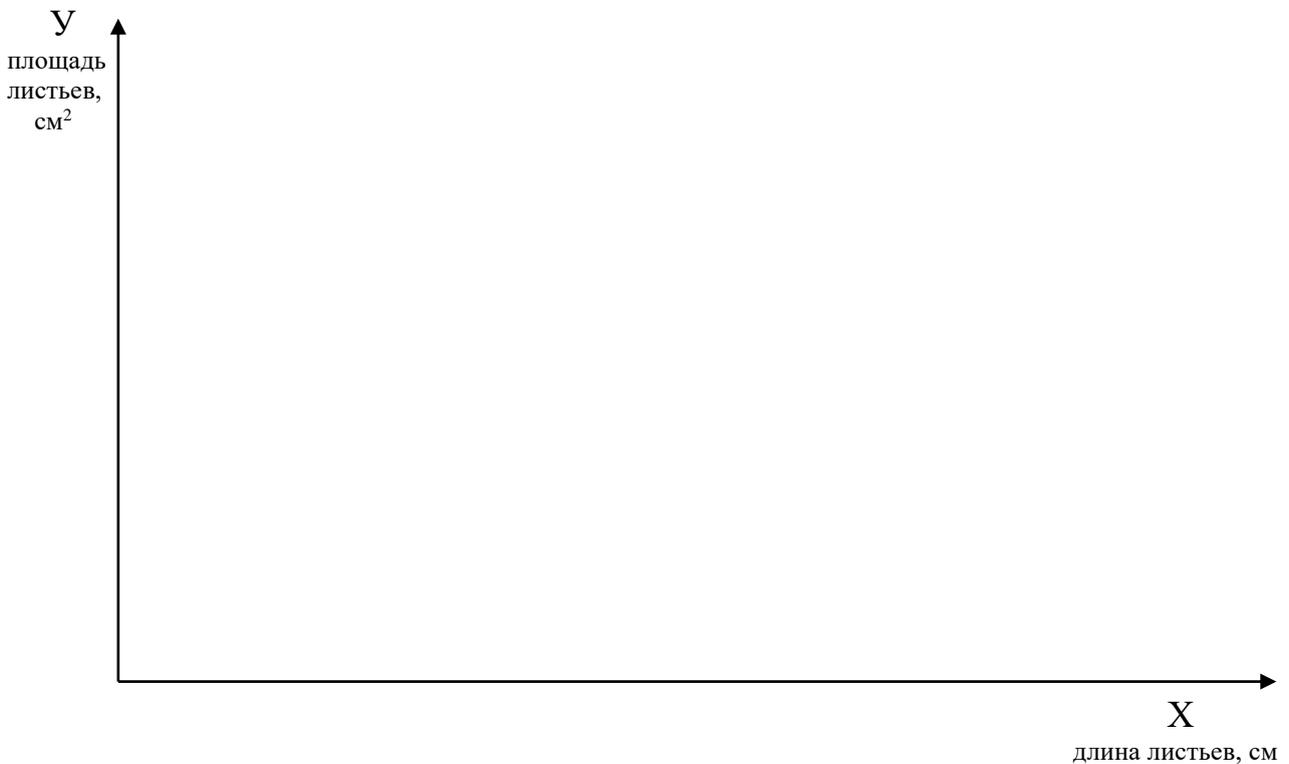
$$Y = \bar{y} + R_{yx}(X - \bar{x}) = \underline{\hspace{15em}}$$

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:

Вопросы для семинарского занятия № 1

1. Краткая история опытного дела.
2. Сеть опытных учреждений в нашей стране и в Брянской области.
3. Структура и задачи научных учреждений.
4. Уровни и методы научных исследований в агрономии.
5. Основные требования, предъявляемые к полевому опыту.
6. Основные этапы планирования исследований.
7. Схема полевого опыта.
8. Варианты опыта. Повторность и повторение.
9. Основные элементы методики полевого опыта.
10. Методы учета урожайности. Дробный учет урожая в опыте.
11. Методы поправок на изреженность.
12. Документация и отчетность по опыту.
13. Основные требования к научному отчету.

Вопросы для семинарского занятия № 2

1. Классификация агрономических опытов.
2. Требования, предъявляемые к опытам.
3. Размещение делянок и повторений в опыте. Защитные полосы.
4. Классификация методов размещения вариантов.
5. Систематические методы размещения вариантов.
6. Стандартные методы размещения вариантов.
7. Рендомизированные (случайные) методы размещения вариантов.
8. Метод рендомизированных повторений.
9. Латинский квадрат и латинский прямоугольник.
10. Метод расщепленных делянок.
11. Требования к схеме однофакторного и многофакторного опыта.

Вопросы для семинарского занятия № 3

1. Роль и место производственного опыта.
2. Закономерности пространственной изменчивости плодородия почвы.
3. Понятие о случайном и закономерном варьировании плодородия.
4. Выбор и подготовка участка под опыт.
5. Классификация ошибок в полевом опыте.
6. Планирование наблюдений и учетов в опыте.
7. Основные этапы закладки полевого опыта.
8. Требования к полевым работам на опытном участке.
9. Особенности полевых опытов при работе на лугах и пастбищах, полях, защищенных лесными полосами, в эрозионных районах.
10. Особенности методики Государственного сортоиспытания.
11. Опыты в условиях орошения.

Вопросы для семинарского занятия № 4

1. Значение математической статистики для планирования исследований и обработки данных опытов.
2. Генеральная совокупность и выборка.
3. Эмпирические и теоретические распределения.
4. Понятие об изменчивости. Виды изменчивости.
5. Статистические характеристики количественной изменчивости.
6. Статистические характеристики качественной изменчивости.
7. Понятие о нулевой гипотезе и методы ее проверки.
8. Сущность дисперсионного анализа.
9. Схема (модель) однофакторного дисперсионного анализа вегетационного опыта.
10. Схема (модель) однофакторного дисперсионного анализа полевого опыта, заложенного методом рендомизированных повторений.

Вопросы для семинарского занятия № 5

1. Преобразование дат при обработке наблюдений (анализов).
2. Доверительные интервалы и критерии существенности.
3. Прямолинейная корреляция и регрессия.
4. Ковариация.
5. Дисперсия, стандартное отклонение и коэффициент вариации.
6. Абсолютная и относительная ошибка среднего.
7. Наименьшая существенная разность (НСР). Группировка вариантов по НСР.
8. Браковка сомнительных дат. Нулевая гипотеза и методы ее проверки.
9. Оценка существенности разности долей.
10. Оценка разности между выборочными долями.
11. Определение объема выборки для количественной и качественной изменчивости.

Учебное издание

Мельникова Ольга Владимировна

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие для проведения
лабораторно-практических занятий со студентами
направления **35.03.04 Агрономия**,
профиль Луговые ландшафты и газоны

(заочной формы обучения)

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 26.01.2017 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,32. Тираж 50 экз. Изд. № 5239.

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