

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

**ФГБОУ ВПО «БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Кафедра общего земледелия, технологии производства, хранения
и переработки продукции растениеводства**

**МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА
В АГРОНОМИИ И МЕТОДЫ
СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Учебно-методическое пособие для аспирантов
агрономических специальностей**

Брянск 2014

УДК 631/635 (066:07)
ББК 4:72
М 48

Мельникова О.В. **Методика опытного дела в агрономии и методы статистической обработки результатов исследований:** Учебно-методическое пособие для аспирантов агрономических специальностей / О.В. Мельникова. – Брянск.: Издательство Брянской ГСХА. - 2014. - 43 с.

Пособие предназначено для проведения занятий с аспирантами, обучающимися по агрономическим научным специальностям. В нем представлены современные методы статистической обработки результатов исследований однофакторных, многофакторных полевых и вегетационных опытов: дисперсионный, корреляционно-регрессионный и ковариационный анализы.

Учебно-методическое пособие «Методика опытного дела в агрономии и методы статистической обработки результатов исследований» позволит аспирантам освоить технику математической обработки экспериментальных данных. Правильность выполнения заданий аспиранты могут проверить с помощью компьютерного пакета статистических программ Microsoft Office Excel, Straz, имеющихся в специализированной лаборатории кафедры.

Рецензент: Дьяченко В.В., д. с.-х. н., профессор кафедры лугового хозяйства, селекции, семеноводства и плодовоовощеводства.

Рекомендовано к изданию методической комиссии Агроекологического института Брянской ГСХА, протокол № 4 от 18 марта 2014 г.

© Брянская ГСХА, 2014

© Мельникова О.В., 2014

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задачи изучения дисциплины:

1. Изучить современные методы планирования исследований и закладки опытов.
2. Изучение особенностей агротехники на опытном поле и унифицированных методик учета наблюдений.
3. Применение статистических методов анализа в агрономических исследованиях.
4. Использование современной вычислительной техники для статистической обработки экспериментальных данных.

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Аспирант должен:

Иметь представление:

Об основных элементах методики полевого опыта (число вариантов в схеме опыта, число контролей, их частота, размеры опытных делянок, их ориентация, повторность и повторение в опытах).

Знать и уметь использовать:

Знать основные понятия, классификацию методов исследования, их сущность и основные требования к ним; принципы и этапы планирования эксперимента, требования к наблюдениям и учетам в опыте; этапы закладки опытов, особенности учета урожая.

Уметь пользоваться современной компьютерной техникой и пакетами статистических программ.

Иметь опыт:

При составлении схемы опыта, проведении наблюдений и учетов в опытах. Иметь опыт при вычислении статистических показателей количественной и качественной изменчивости, проведении дисперсионного, корреляционно-регрессионного, ковариационного анализов результатов исследований с помощью компьютерных программ STRAZ, STATISTIKA, EXCEL и проверки статистических гипотез.

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;
 \bar{Sx} – ошибка средней арифметической;
 $Sx\%$ – относительная ошибка средней арифметической;
 d – разность между средними арифметическими;
 S_d – ошибка разности между средними арифметическими;
 H_0 – нулевая гипотеза;
 $t_{факт.}$ – 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 $P_{0,01}$;
 $F_{факт.}$ – 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);
 Sy, Sp, Sv, Cz – суммы квадратов рассеиваний: общего, повторений, вариантов, остатка (ошибки);
 r – коэффициент линейной корреляции;
 Sr – ошибка коэффициента линейной корреляции;
 Ryx – коэффициент регрессии Y по X ;
 S_R – ошибка коэффициента регрессии;
 cov – ковариация.

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).

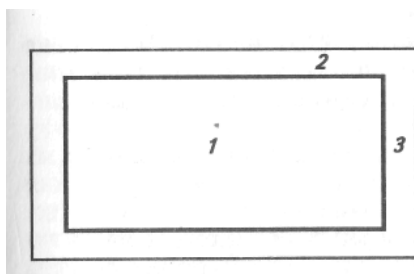


Рис. 1. Схема опытной делянки

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. Сформулируйте тему Вашего научного исследования и запишите схему полевого опыта.

Тема научных исследований:

Обоснование темы и составление рабочей гипотезы:

Схема опыта

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

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

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

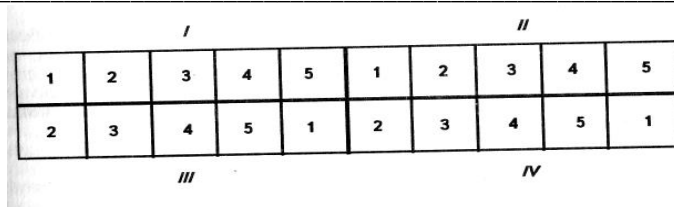


Рис.2. Размещение вариантов систематическим методом

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

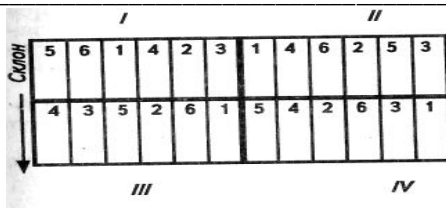


Рис. 3. Размещение вариантов опыта методом рендомизации с организованными повторениями

3. Стандартный метод размещения вариантов –
ямб-метод (рис. 4) -

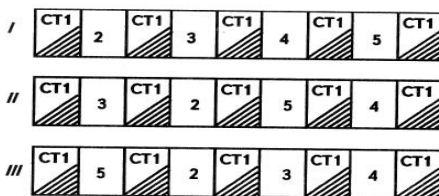


Рис. 4. Размещение вариантов опыта стандартным ямб-методом

дактиль-метод (рис. 5) -

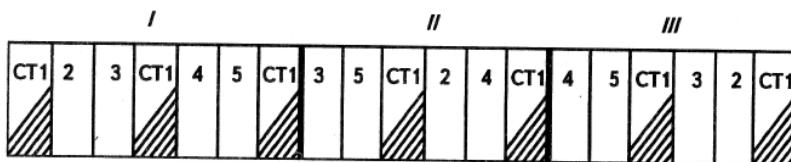


Рис. 5. Размещение вариантов опыта стандартным дактиль-методом.

Задание. 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)

С



Ю

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 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.

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.

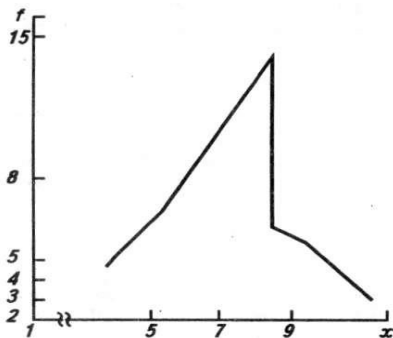


Рис. 6. Графическое изображение вариационного ряда:

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. б), то это свидетельствует об **однородности выборки** и наоборот.

Задание. 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:

4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ ПРИ КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

При качественной изменчивости в выборке имеется одна из двух возможностей (альтернатив) — данный признак либо есть, либо отсутствует. Такую 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. 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)
$n_{1(\text{больные клубни})} =$	$n_{1(\text{больные клубни})} =$
$n_{2(\text{здоровые клубни})} =$	$n_{2(\text{здоровые клубни})} =$
$N_1 = n_1 + n_2 =$ _____	$N_2 = n_1 + n_2 =$ _____
$p_1 = n_1 : N_1 =$ _____	$p_2 = n_1 : N_2 =$ _____
$q_1 = 1 - p_1 =$ _____	$q_2 = 1 - p_2 =$ _____
$S_1 = \sqrt{p_1 q_1} =$ _____	$S_2 = \sqrt{p_2 q_2} =$ _____
$S_{p1} = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{N_1}} =$ _____	$S_{p2} = \sqrt{\frac{p_2 q_2}{N_2}} =$ _____
$V_{p1} = \frac{S_1}{S \max} \cdot 100\% =$ _____	$V_{p2} = \frac{S_2}{S \max} \cdot 100\% =$ _____
$P_1 \pm t_{05} \cdot S_{p1} =$ _____	$P_2 \pm t_{05} \cdot S_{p2} =$ _____
$t_{05} =$ _____ ($v = N-1$)	$t_{05} =$ _____ ($v = N-1$)

Вывод:

5. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ. БРАКОВКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДАТ

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

Сомнительные данные, которые значительно отличаются от всех остальных данных какого-либо варианта, определяют только с помощью математической статистики. Субъективная браковка данных недопустима.

Задание. 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 $n=6$:

$$\tau_{0,95} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \tau_{0,99} = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Сравниваем критерии τ расчетные с теоретическими (если $\tau_{\text{факт.}} \geq \tau_{\text{теор.}}$, то проверяемая дата выбраковывается)

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. 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.

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

Вывод:

6. 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 $F = S_v^2/S_z^2$.

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: $S_y = C_v + C_z$. В полевом опыте имеются организованные повторения, поэтому $S_y = C_v + C_p + C_z$.

Задание. 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, Σ	Средние по вариантам
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		
$N = \Sigma n =$						$\Sigma x =$	$\bar{x} =$

Решение:

Схема дисперсионного анализа: $C_y = C_v + C_z$

Таблица преобразованных дат ($A = \dots$)

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: $N = l \cdot n = \dots$

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

Суммы квадратов:

общая $C_y = \sum X_1^2 - C = \dots$

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

остатка $C_z = C_y - C_v = \dots$

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		$N-l =$	$S_z^2 =$		

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

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

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

Урожайность (в г/сосуд)

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

Вывод: _____

7. 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 вычленении из общего варьирования его компонентов, в вычислении обобщенной ошибки всего опыта на основе большего числа наблюдений, чем индивидуальные ошибки отдельных вариантов в недисперсионных методах.

Задание. Освойте технику расчетов при дисперсионном анализе данных полевого опыта, в котором изучали урожайность сортов озимой пшеницы. Проведите дисперсионный анализ данных, определите $НСР_{05}$ 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					$\sum X =$	$\bar{x} =$

Решение:

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

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

= _____

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

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

Таблица дисперсионного анализа

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

$$S_x^- = \sqrt{\frac{S^2 z}{n}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{2S^2 z}{n}} = \underline{\hspace{10em}}$$

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

Урожайность, ц/га

Варианты	Средняя урожайность	Отклонения от стандарта		Группа сортов*
	ц/га	ц/га	%	
1 (стандарт)		-	100	
2				
3				
4				
5				

Примечание *. В группы объединить сорта следующим образом:

- сорта, имеющие существенно большую урожайность, по сравнению с контролем (группа I),
- сорта, имеющие существенно меньшую урожайность, по сравнению с контролем (группа II),
- сорта, не имеющие существенной разницы с контролем (группа III).

$$HCP_{05} =$$

Вывод:

9. 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 раздельного 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. Уясните сущность многофакторного опыта, освоите технику дисперсионного анализа двухфакторного опыта, проведенного методом рандомизированных 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	
а ₀				
а ₁				
Суммы В				$\sum X =$

Сумма квадратов для фактора А (азот):

$$C_A = \frac{\sum A^2}{l_B n} - C =$$

при степени свободы $v = l_A - 1 =$ _____

Сумма квадратов для фактора В (фосфор):

$$C_B = \frac{\sum B^2}{l_A n} - C =$$

при степени свободы $v = l_B - 1 =$ _____

Сумма квадратов для взаимодействия факторов А и В:

$$C_{AB} = C_v - (C_A + C_B) =$$

при степени свободы $v = (l_A - 1)(l_B - 1) =$ _____

10. 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, изгородами 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
Ряды	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. 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 (5×5), 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: $\sum P = \sum C = \sum V = \sum X$

Решение:

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

Ряды	Столбцы					Суммы	
	$X_1 = X - A$					P	V
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
Суммы, C						$\sum X_1 = \underline{\hspace{2cm}}$	

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:

$$S_{x}^{-} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \text{_____} \quad S_d = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = \text{_____}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d = \text{_____} \quad HCP_{05} = \frac{t_{05} \cdot S_d}{x} \cdot 100 \% = \text{_____}$$

Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, ц/га

Варианты (сорта)	Средняя урожайность	Отклонение от стандарта		Группа
		т/га	%	
A (<i>st</i>)		-	-	<i>st</i>
B				
C				
D				
E				
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 <i>P</i>	вариантам, <i>V</i>	
1	47 <i>E</i>	64 <i>G</i>	37 <i>B</i>	51 <i>D</i>		<i>A</i>	<i>A</i>
	41 <i>A</i>	66 <i>C</i>	46 <i>F</i>	60 <i>H</i>		<i>B</i>	<i>B</i>
2	65 <i>G</i>	41 <i>E</i>	55 <i>D</i>	34 <i>B</i>		<i>C</i>	<i>C</i>
	66 <i>C</i>	41 <i>A</i>	53 <i>H</i>	35 <i>F</i>		<i>D</i>	<i>D</i>
3	42 <i>F</i>	50 <i>H</i>	40 <i>E</i>	51 <i>G</i>		<i>E</i>	<i>E</i>
	42 <i>B</i>	48 <i>D</i>	36 <i>A</i>	60 <i>C</i>		<i>F</i>	<i>F</i>
4	52 <i>H</i>	45 <i>F</i>	54 <i>G</i>	30 <i>E</i>		<i>G</i>	<i>G</i>
	61 <i>D</i>	37 <i>B</i>	59 <i>C</i>	46 <i>A</i>		<i>H</i>	<i>H</i>
Суммы <i>C</i> по столб- цам						$\sum X =$	$\bar{x} =$

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:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \text{_____} \quad Sd = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = \text{_____}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot Sd = \text{_____} \quad HCP_{05} = \frac{t_{05} \cdot Sd}{x} \cdot 100 \% = \text{_____}$$

Урожайность зеленой массы кукурузы, т/га

Варианты (сорга)	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:

11. 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.

Коэффициент корреляции (r) - безразмерная величина, которая указывает на направление и тесноту связи признаков. Коэффициент корреляции находится в интервале от -1 до $+1$. Если r – *положительное число*, то связь *прямая*, r – *отрицательное*, то связь *обратная*.

Коэффициент детерминации (d) = r^2 , указывает на сколько % признак Y зависит от X .

При следующих значениях коэффициента корреляции связь между зависимыми признаками :

полная – $r=1,0$

сильная – $r > 0,7$
 средняя – $r = 0,3 - 0,7$
 слабая – $r < 0,3$

Задание. 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)

Номер пар	Значение признаков		Отклонения		Произведения	Квадраты отклонений	
	длина листьев, см (X)	площадь листьев, см ² (Y)	$\bar{x} - x$	$\bar{y} - y$	$(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)$	$(\bar{x} - x)^2$	$(\bar{y} - y)^2$
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 $\sum X =$	$\sum Y =$	$\sum \bar{x} - x =$	$\sum \bar{y} - y =$	$\sum (\bar{x} - x)(\bar{y} - y) =$	$\sum (\bar{x} - x)^2 =$	$\sum (\bar{y} - y)^2 =$	

Решение:

Находим средние арифметические (число пар $n=15$):

$$\bar{x} = \sum X : n = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\bar{y} = \sum Y : n = \underline{\hspace{10cm}}$$

Коэффициент корреляции:

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

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:

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

Доверительный интервал для коэффициента регрессии:

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

Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = \bar{y} + R_{yx} (X - \bar{x}) = \underline{\hspace{10cm}}$$

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:

$$Y_{(X_{\min})} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Y_{(X_{\max})} = \underline{\hspace{10cm}}$$

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



Вывод:

12. 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. 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 $НСР_{05}$ 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					$\sum X =$	$\bar{x} =$
	P_y					$\sum Y =$	$\bar{y} =$

Решение:

Проверяем правильность вычислений:

$$\sum V_X = \sum P_X = \sum X = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\sum V_Y = \sum P_Y = \sum Y = \underline{\hspace{10cm}}$$

Дисперсионный анализ для ряда X :

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

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

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

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

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

Дисперсионный анализ для ряда Y :

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

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

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

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

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

Дисперсионный анализ произведения XY:

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

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

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

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

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

Сумма квадратов регрессии:

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

Коэффициент регрессии:

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

Результаты ковариационного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов и произведений			Степени свободы, ν	Средний квадрат, S^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}	R_{yx}
	X^2	XY	Y^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 $F_{\text{факт.}}$ 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	$\bar{x} - X$	$Ryx \cdot (\bar{x} - X)$	Средняя урожайность в конце опыта (Y), т/га	Скорректированная урожайность, т/га
1					
2					
3					
	$\bar{x} =$			$\bar{y} =$	

Вывод:

Задания для самостоятельной работы аспиранта:

1. Какая форма деланки более предпочтительна при работе с пестицидами:
- прямоугольная;
 - удлиненная;
 - квадратная;*
 - неправильная

2. Укажите соответствующий пункт данного плана опыта, числа вариантов и повторность

1	2	3	4	5
2	3	4	5	1
3	4	5	1	2
4	5	1	2	3

- полная рандомизация, $v=4, n=5$
- рандомизированный блок, $v=5, n=4$ *
- шахматный метод, $v=5, n=4$
- латинский прямоугольник $v=6, n=3$
- систематический блок сквозных деланок $v=3, n=6$

3. Дайте верное определение повторению:

- число лет испытания агротехнических приемов.
- число одноименных деланок каждого варианта.
- часть площади опытного участка, включающего деланки с полным набором вариантов схемы опыта. *

4. Распределите варианты по группам, если в полевом опыте ($l=5, n=3$) на основании дисперсионного анализа получены следующие результаты:

$$S^2 = 2.5, x_{st} = 40 \text{ ц/га}, x_2 = 42.3 \text{ ц/га}, x_3 = 37.5 \text{ ц/га}, x_4 = 44.1 \text{ ц/га}, x_5 = 35.4 \text{ ц/га}.$$

5. При изучении зависимости урожайности ячменя от пораженности ее гельминтоспориозом по 15 парам наблюдений установлены следующие статистические показатели: $r = -0.78, b_{yx} = -0.15 \text{ ц/га}$. Опишите характер связи между признаками.

6. На земельном участке с двухсторонним закономерным варьированием плодородия почвы разместите 16 вариантов в 4-х кратной повторности.

7. Определить объем выборки с ошибкой в 3 г на 1% уровне значимости, если на основании предварительного осмотра масса самого крупного клубня составила 130 г, а масса самого мелкого клубня – 10 г.

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 вегетаци-

онного 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.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

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.

Дополнительная:

1. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.
2. Кирюшин Б.Д. Учебное пособие. Методика научной агрономии. Часть 1, Введение в опытное дело и статистическую оценку. М. МСХА, 2004, 167 с.
3. Кирюшин Б.Д. Учебное пособие. Методика научной агрономии. Часть 2, Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. М. МСХА, 2005, 199 с.

Программное обеспечение:

1. Усманов Р.Р. Методические указания по обработке данных агрономических исследований с использованием статистического пакета *STATGRAPHICS Plus for Windows*.
2. Пакеты прикладных программ по статистике: "STRAZ", "STATISTICA" "EXELL", "*STATGRAPHICS Plus for Windows*"

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Для нахождения информации, размещенной в Интернете, чаще всего представленной в формате HTML 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.

Учебное издание

Мельникова Ольга Владимировна

**МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА
В АГРОНОМИИ И МЕТОДЫ
СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Учебно-методическое пособие для аспирантов
агрономических специальностей**

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 07.04.2014. Формат 60x84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,49. Тираж 40 экз. Изд. 2667.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии.
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА