Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»**

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

краткий курс лекций

для аспирантов II курса

Направление подготовки
35.06.01 Сельское хозяйство

Профиль подготовки
Защита растений

Саратов 2014

Введение.

Курс лекции по дисциплине «Методы исследований в защите растений» предназначен аспирантов по направлению подготовки Защита растений, позволяет им творчески и системно решать задачи в конкретных производственных условиях.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в защите растений» включает в себя основы земледелия, агрохимии, растениеводства, защиты растений. Курс нацелен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и организации профессиональной деятельности на основе с учетом комплекса ресурсосберегающих технологий и их экологической целесообразности.

Решение проблем современного сельского хозяйства требует применения инновационных методов внедрения интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, использования последних достижений мировой науки и практики.

В связи с этим становится очевидной важная роль специалистов АПК, владеющих методикой опытного дела, изучение которой проводится в сельскохозяйственных вузах по дисциплине «Методы научных исследований в защите растений».

В настоящем курсе лекций в полном объеме представлен теоретический материал по всем этапам проведения полевого опыта: планированию, технике закладки опыта, проведению учетов, наблюдений и статистической обработке экспериментального материала.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у аспирантов универсальных компетенций: «способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки» (УК-2); «готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач» (УК-3); общепрофессиональных компетенций: «владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции» (ОПК-1); «владением культурой научного исследования в области сельского хозяйства, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий» (ОПК-2); «способностью к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав» (ОПК-3); а также профессиональных компетенций: «способностью обосновывать задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и предоставлять результаты научных экспериментов, использовать механизмы устойчивости к патогенам при создании устойчивых форм растений» (ПК-3); «способностью к разработке и совершенствованию методы интегрированной систем защиты растений применительно к различным агробиоценозам и новым технологиям» (ПК-4**).**

Лекция 1

Методы исследований в защите растений
МЕТОДИКА ЗАКЛАДКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

1.1. Особенности условий проведения полевого опыта и основные требования к нему

Требования к полевому опыту

Особенность полевого опыта состоит в том, что культурные растения изучаются вместе со всей совокупностью почвенных, климатических и агротехнических факторов, которые очень близки к производственным условиям, или непосредственно в производственной обстановке. Только полевой эксперимент может установить точную связь между урожайностью и средствами воздействия на неё. А такие вопросы, как система обработки почвы, уход за растениями, севообороты, система гербицидов и удобрений в севообороте и т.д., вообще не могут изучаться вне полевой обстановки или вне полевого опыта.

Ценность результатов и правильность выводов полевого опыта зависит от соблюдения следующих важнейших методических требований:

1. типичность опыта;
2. соблюдения принципа единственного различия;
3. проведение опыта на специально выделенном участке;
4. учет урожая и достоверность опыта по существу.

Типичность опыта

Под типичностью, или репрезентативностью полевого опыта понимают соответствие условий его проведения почвенно-климатическим (природным) и агротехническим условиям данного района или зоны. Любой полевой опыт должен отвечать требованию почвенно-климатической типичности.

а) Итак, должно соблюдаться первое условие – соответствие почвенно-климатических условий. Оно достигается без особых трудностей. Например, агроприёмы и сорта для Сибири и Урала следует изучать в почвенно-климатических условиях этой зоны, а не в условиях Казахстана и Поволжья.

Или другой пример: нет смысла изучать приёмы повышения плодородия почвы в опыте, расположенном на песчаных почвах, если результаты исследований предполагается использовать на глинистых почвах.

б) Что касается соответствия производственно-агротехнических условий, то оно в различных полевых опытах выполняется по-разному. Полностью это требование выполняется в опытах, которые проводятся непосредственно в производственных условиях.

На первых этапах исследования (ограниченное количество семян, удобрений, ядохимикатов) это требование выполняется не полностью, т.е. в некотором отрыве от типичных производственных условий.

в) Третье условие типичности полевого опыта – требование проводить исследования с сортами и гибридами, районированными для данной зоны и включенными в Государственный реестр. Случайные сорта и гибриды искажают результаты исследований.

Например, каждый полевой опыт с льном-долгунцом или озимой пшеницей должен быть проведен с соблюдением способа обработки почвы, предшественников, внесения удобрений и для конкретной зоны.

г) И, наконец, к типичным относится требование проведения полевого опыта при общем высоком уровне технологии. Опыты при низком уровне агротехники не имеют производственной ценности.

Принцип единственного различия

При постановке полевого опыта необходимо соблюдать единство всех условий, кроме одного - изучаемого. Это очень важное и обязательное требование методики называют принципом единственного различия. Он должен строго соблюдаться в опытной работе.

Сущность этого принципа заключается в том, что при проведении полевого опыта варианты должны различаться только по изучемым факторам, а неизучаемые факторы (производственно-агротехнический фон) должны быть одинаковыми.

Например, в опыте испытывают несколько видов и доз удобрений под озимую пшеницу на одном и том же агротехническом фоне (одинаковые предшественники, способы и глубина обработки почвы и т.д.). Действие на урожай этих сопутствующих факторов будет различным на всех делянках, даже при идеальном одинаковом почвенном плодородии, так как изучаемые факторы - виды и дозы удобрений - будут поразному вступать во взаимодействия с факторами фона – плодородием, качеством обработки и т.д. Таким образом, здесь изучают не «чистое» действие исследуемого фактора, а его взаимодействие с условиями среды, т.е. с почвенно-климатическими условиями и агротехническими приёмами на опытном участке.

Принцип единственного различия не следует понимать механически. Например, в опыте сравниваются два гибрида кукурузы, которые вследствие биологических особенностей по-разному реагируют на густоту стояния растений. Казалось бы, для сравнения урожайности этих гибридов необходимо применять одинаковую норму посева. Но так как они разноспелые, то их нельзя высевать одинаковой нормой, поскольку один из гибридов заведомо оказажется в невыгодных для сравнения условиях. Поэтому более правильно сравнивать эти гибриды не при одинаковых, а при оптимальных для каждого гибрида нормах посева. Следовательно, принцип единообразия должен пониматься как принцип целесообразности и оптимальности.

Проведение опыта на специально выделенном участке

Требование проведения полевого опыта на специально выделенном участке с хорошо известной историей – это логическое продолжение требования принципа единственного различая. Оно также обязательно для любого полевого опыта.

Описывая историю участка, учитывают все, что предшествовало моменту изучения и закладки полевого опыта, а именно: предшественники, обработку почвы, удобрения и многое другое, особенно то, что нарушает однородность участка – засыпанные ямы, канавы, остатки строений, стоянки скота, старые грунтовые дороги и т.д.

В значительной степени искажает результаты опыта сильная засоренность участка, особенно злостными сорняками – пыреем, осотом.

При этом следует фиксировать и потенциальную засоренность почвы семенами и вегетативными органами размножения на глубине пахотного слоя.

На типичность опыта в значительной степени влияет близость водных бассейнов, древесных насаждений, построек и т.д. Поэтому рекомендуется выбирать участок под опыт не ближе:

25-30 м от отдаленных деревьев;

40-50 м от леса;

100-200 м от большого лесного массива, оврага, водных бассейнов;

10 м от изгородей;

40-50 м от построек;

5-10 м от проезжих дорог.

В практике опытного дела это требование методики нередко игнорируют, опыты закладывают на участке, история которых неизвестна, что приводит к недостоверности результатов исследований. Требование методики проводить опыты на специально выделенном участке часто нарушают производственники. Они ставят опыты на целых полях севооборота (а нужно на специально выделенном однообразном участке) с разной историей и неодинаковыми условиями.

Учет урожая и достоверность опыта по существу

Урожай сельскохозяйственных растений и его качество – главный объективный показатель при характеристике изучаемых в опыте вариантов.

Только по результатам учета урожая, который интегрирует и отражает действие всех изучаемых условий возделывания, возможно количественно установить влияние изучаемых факторов.

Данные учета урожая и его постоянство объективно отражают изучаемое явление в том случае, если опыт достоверен по существу.

Под *достоверностью опыта по существу* понимают логически правильно построенную схему и методику проведения опыта, соответствие их постановленным перед исследованиям задачам, правильный выбор объекта и условий проведения данного опыта.

Вполне очевидно, что полевые опыты, проведенные по неправильно разработанной схеме и методике, с нарушением всех перечисленных требований искажают результаты исследований и не могут использоваться для их сравнительной оценки.

Такие опыты, как правило, бракуют и разрабатывают новую схему и методику для постановки полевого опыта с учетом всех требований методики полевого опыта.

При проведении опыта экспериментатор встречается с тремя видами ошибок – случайными, систематическими и грубыми.

Ошибка – это расхождение между результатами выборочного наблюдения и истинным значением измеряемой величины.

Случайные ошибки – это ошибки возникающие под воздействием очень большого числа факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Основные причины возникновения случайных ошибок – неоднородность плодородия почвы опытного участка, механические повреждения, поражение растений болезнями, вредителями, технические ошибки и т.д. Они имеют место при проведении любого опыта, их нельзя устранить полностью, но совершенствованием техники и методики эксперимента можно свести к минимуму. Случайные ошибки являются неизбежными. Их величину определяют методами математической статистики, совокупность которых подчиняется закону нормального распределения или закону – распределения Стьюдента.

Характерная особенность случайных ошибок – их способность взаимно погашаться в результате одинаковой вероятности положительных и отрицательных значений. Благодаря этому при обобщении данных и выведении средних показателей погрешности уменьшаются с увеличением числа наблюдений.

Систематические ошибки – искажают измеряемую величину в сторону увеличения или уменьшения в результате определенной постоянной причины, например, неоднородности плодородия почвы. Основная особенность систематических ошибок заключается в их однонаправленности, они или завышают или занижают результаты опыта.

Такие ошибки в отличие от случайных не взаимопогашаются, а целиком входят в показатели отдельных наблюдений и в средние показатели.

Различают три вида систематических ошибок:

1. ошибка, распространяющаяся на все варианты полевого опыта;
2. ошибка повторений, блоков;
3. ошибка, затрагивающая лишь отдельные варианты опыта.

Первые два вида ошибок хотя и искажают результаты опыта, но не нарушают сравнимости вариантов. Более серьезны и опасны ошибки третьего вида.

Кроме случайных и систематических ошибок можно допустить еще одну категорию ошибок – *грубые ошибки*. Они возникают чаще всего в результате небрежного или неумелого выполнения работ. Например, испытатель по небрежности дважды внес удобрения на одну и ту же делянку, неправильно записал массу урожая и т.д. При такой категории ошибок опыт бракуется.

Контрольные вопросы.

1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента.
2. Научные принципы разработки схем однофакторных опытов.
3. Научные принципы разработки схем многофакторных опытов.
4. Преимущества ПФЭ (полного факториального эксперимента) перед однофакторным опытом.
5. Понятие о кривой отклика и матрице планирования.
6. Планирование наблюдений и учетов в полевом опыте, основные требования к ним.
7. Случайный и систематический метод отбора образцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.
3. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

Дополнительная

1. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 1. Методика, планирование и техника проведения полевого опыта. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина, Н.В. Николайченко. - Саратов, 2008. – 79 с.

2. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.

3. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

ЛЕКЦИЯ 2

Классификация и характеристика методов исследований защиты растений

1.2 Виды полевых опытов, их производственное и научное значение

Все виды полевых опытов делятся на две большие группы:

1) агротехнические;
2) опыты по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Основная задача агротехнических опытов заключается в сравнении и объективной оценке действия различных факторов жизни, условий, приёмов возделывания и их сочетаний на урожай сельскохозяйственных растений и его качество. Сюда относятся полевые опыты по изучению предшественников, доз удобрений, норм посева, способов борьбы с вредителями, болезнями и сорной растительностью и т.д.

В опытах по сортоиспытанию при одинаковых условиях сравнивают генетически различные растения для объективной оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. На основании этих опытов наиболее перспективные и урожайные сорта районируют и внедряют в производство.

Полевые опыты по сортоиспытанию проводятся в НИИ и опытных станциях. Кроме того, в стране имеются большая сеть сортоучастков, Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. В качестве основных показателей различий между сортами используются урожайность и качество продукции.

Далее в зависимости от количества изучаемых факторов, длительности проведения опытов и охвата почвенно-климатических условий полевые опыты также подразделяются на несколько видов:

а) однофакторные и многофакторные;

б) единичные и массовые (географические);

в) краткосрочные, многолетние, длительные;

г) опыты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

а) Опыт называется *однофакторным*, или простым, если в нем изучают действие одного простого или сложного (составного) количественного фактора с несколькими *градациями* – доз удобрений, пестицидов, гербицидов, норм полива, посева и т.д. В однофакторном опыте сравнивается и действие ряда качественных факторов таких, как разные сорта, гибриды, способы обработки, предшественники.

Примеры.

1. Опыт по сравнению сортов:

вариант 1 - стандарт,

вариант 2 - В,

вариант 3 - С,

вариант 4 - Д.

2. Опыт изучению влияния нормы высева:
вариант 1 - 1-3 млн.,
вариант 2 - 2-4 млн.,
вариант 3 - 3-5 млн.,
вариант 4 - 4-6 млн. всхожих семян.

Многофакторные опыты – это такие опыты, в которых одновременно изучают действие и взаимодействие двух и более факторов.

Взаимодействие факторов - это дополнительная прибавка или снижение урожайности от применения двух и более факторов.

Различают положительное взаимодействие, когда прибавка от совместного применения факторов больше, и отрицательное взаимодействие, когда оно меньше арифметической суммы прибавок от раздельного их применения.

Например, в двухфакторном опыте Н.Ф. Деревицкго (1963 г.) прибавка урожая початков кукурузы от удобрений без полива составила 5 ц/га, от полива без удобрений 32 ц/га, от внесения удобрений и полива 67 ц/га. Дополнительный положительный эффект равен:

67 – (32 + 5) = 30 ц/га.

Другой пример от NPK получена прибавка урожайности свеклы 100 ц/га, от навоза – 90 ц/га, от совместного действия NPK и навоза – 150 ц/га. Здесь эффект взаимодействия отрицательный:

105 – (100 + 90) = -40 ц/га.

Бывает и так, что факторы не взаимодействуют, т.е. они действуют независимо друг от друга. В этом случае прибавка от совместного их действия и сумма прибавок от их раздельного применения равны между собой.

Величина и характер взаимодействия факторов устанавливается только в многофакторных опытах, спланированных по схеме полного факторного эксперимента ПФЭ.

Пример ПФЭ двухфакторного опыта в двух грациях (2х2=4):

Обычная обработка - контроль, удобрения

Глубокая обработка - контроль, удобрения

При исключении из этого опыта любого ("второстепенного") варианта схема становится неполной, нефакториальной.

б) Опыты называются *единичными*, если их закладывают в нескольких (отдельных) пунктах по различным схемам.

Опыты называются *массовыми* (географическими), если они одинакового содержания, проводятся одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях в масштабах страны, области, района.

Широкие географические опыты с сортами и гибридами проводят Государственные комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, с удобрениями – Государственная агрономическая служба и Географическая сеть опытов с удобрениями.

в) *Краткосрочные* опыты – опыты продолжительностью от 3 до 10 лет.

Они могут быть *нестационарными*, которые закладываются ежегодно по неизменной схеме с одной и той же культурой на новых участках и повторяют во времени 3-4 года.

Стационарные опыты закладывают на стационарных участках и проводят в течение 4-10 лет.

К *многолетним* опытам относятся как однофакторные, так и многофакторные полевые опыты продолжительностью 10 – 50 лет.

Длительные опыты проводят более 50 лет.

Многолетние и длительные опыты позволяют изучить медленно протекающие в почве и агрофитоценозах физико–химические процессы, баланс питательных веществ, условия загрязнения окружающей среды и т.д.

Многолетние и длительные опыты широко используются для решения фундаментальных вопросов земледелия во всех развитых странах мира. Так, длительные стационарные опыты с удобрениями бессменной пшеницы, ячменя и многолетних трав заложена на Ротамстедской опытной станции в Англии между 1843 – 1855 гг.

Продуктивность бессменной кукурузы и при её возделывании в двух-трехпольных севооборотах с 1876 года изучается в опытах Иллинойского университета (США). Длительные 50–100 лет опыты ведутся во Франции, ГДР, Дании, Японии.

В нашей стране также имеется много длительных полевых опытов.

Среди них длительный многофакторный полевой опыт, заложенный в 1912 году в Петровской (Тимирязевской) академии. На полной факториальной схеме с удобрениями (О, N, P, K, NP, NK, PK, NPK, навоз, навоз + NPK) изучается действие севооборота, бессменных культур "вечного пара" на плодородие почвы. Этот опыт является уникальным в мировой практике опытного дела.

г) *Опыты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.*

И, наконец, по месту проведения подразделяют опыты, заложенные на специально организованных участках и опытных полях, и полевые опыты, заложенные в производственной обстановке в колхозах и совхозах.

Производственный сельскохозяйственный опыт следует отличать от полевого опыта. Производственный сельскохозяйственный опыт – это комплексное научно поставленное исследование, которое проводится непосредственно в производственной обстановке и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его постоянного развития и совершенствования.

Цель производственного опыта значительно шире полевого опыта. Он изучает системы агротехнической и экономической эффективности организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий, а не отдельные приемы и элементы этой системы как полевой опыт. Отсюда экспериментирование проводится большими бригадами, хозяйствами и группой хозяйств.

1. Особенности условий проведения полевых опытов и причины варьирования урожайности в них

Теперь остановимся на основных особенностях проведения полевого опыта. Наиболее характерные особенности условий проведения полевого опыта следующие:

1) сильная изменчивость (вариация) и неоднородность неконтролируемых внешних факторов роста и развития растений (t^o, сила ветра, солнечная радиация, продолжительность дня и т.д.);

2) сезонность, а отсюда медлительность получения информации методом полевого опыта;

3) сильная вариация метеорологических условий по годам проведения эксперимента;

4) неоднородность почвенного плодородия земельных участков, где закладываются опыты.

Вот этим особенностями и сложными нестабильными природными условиями полевой опыт отличается от лабораторного, инженерного и других типов сравнительных экспериментов.

В зависимости от почвенно-климатических условий вегетационного периода даже на одном и том же земельном участке при одинаковой агротехнике одной и той же культуры (сорта) эффективность изучаемых факторов сильно колеблется по годам. Отклонения урожайности от среднемноголетней могут изменяться по данным Тимирязевской сельскохозяйственной академии от нуля до следующих величин ц/га:

Зерновые (зерно) – 6-7

Лен-долгунец (солома) – 14-18

Клевер (сено) – 30-40

Картофель (клубни) – 60-70

Из этого следует, что для получения достаточно надежных результатов, особенно для доказательства незначительных эффектов изучаемого варианта необходимо иметь не менее чем 3-ехлетние данные учета урожаев в опыте.

Какова же причина варьирования урожайности?

1) К первой причине варьирования урожайности можно отнести технические ошибки при проведении опыта: неодинаковые площади делянок, глубина вспашки…, неодинаковые потери урожая при уборке.

2) Другой причиной варьирования является индивидуальная изменчивость растений.

3) Третьей причиной варьирования урожайности делянок дробного учета является повреждение растений болезнями и вредителями и механические повреждения. Изреженность посевов сахарной свеклы и т.д.

4) Наконец, четвертой причиной варьирования урожайности делянок дробного учета является неоднородность плодородия почвы в пределах опытного участка.

Это наиболее важный показатель варьирования, поэтому остановимся на нем более подробно.

В поле экспериментатор не имеет возможности выбрать для закладки опыта идеально выровненный участок. Чаще всего проявляется сильная неоднородность почвенного плодородия. Поэтому необходимо хорошо знать основные закономерности территориальной (пространственной) изменчивости почвенного плодородия, которые устанавливаются на основе дробного учета урожайности. Территориальная изменчивость почвенного плодородия лежит в основе современных методов размещения вариантов.

Общая особенность территориальной изменчивости состоит в том, что наряду со случайным варьированием наблюдается систематическое (закономерное) варьирование плодородия почвы и урожайности по делянкам.

Случайное варьирование заключается в том, что урожайность делянок дробного учета колеблется вокруг среднего значения. Причем характер этих колебаний не меняется при переходе от одной делянки к другой, а разности между выборочными средними статистически несущественны.

Закономерное варьирование сводится к тому, что разности между выборками средними отдельных делянок дробного учета статистически существенны. При закономерном варьировании переход от одной делянки к другой характеризуется более высоким или, наоборот, более низким уровнем плодородия,

Особенно четко характер территориальной изменчивости плодородия проявляется при графическом изображении в виде "профилей" или "рельефов" плодородия с использованием метода скользящий средней для сглаживания случайного варьирования

поделяночных урожаев. Берутся делянки, расположенные в один ряд в той последовательности, в какой они размещались на земельных участках. Фактические данные показаны в виде ломаных линий, а профили плодородия - в виде плавных кривых, скользящих средних. Эти кривые дают представления о "профилях" земельных участков. На эту более или менее закономерную систематическую изменчивость плодородия как бы накладывается случайное варьирование - направленные вверх и вниз "пики" ломаных линий фактической урожайности.

Степень варьировании закономерной изменчивости плодородия почвы зависит от рельефа участка, выращиваемой культуры, площади делянок и других причин.

Однако всегда общее варьирование урожайности делянок обусловлено действием закономерных и случайных факторов.

При четко выраженном закономерном варьировании урожайности их сглаженные кривые в одной или нескольких точках пересекают линию средней урожайности. Это говорит о систематическом характере изменчивости плодородия почвы, а именно: повышение или понижение урожайности при переходе от делянки к делянке. В одних случаях закономерный компонент варьирования урожайности проявляется менее отчетливо (рис 4, 3..) и составляет 5 – 11% от общей вариабельности урожаев, в других случаях (рис. 4,1 и 2) он достигает 60%.

Таким образом, наличие закономерной изменчивости плодородия почв опытных участков создает определенные трудности для экспериментальной работы и применения статистических методов обработки данных. Наличие этой закономерности по распределению урожайности не всегда подчиняется закону нормального распределения, который является теоретической основой правильного применения статистических методов обработки результатов опыта и метода дисперсионного анализа. Это затруднение преодолевается рендомизированным размещением вариантов по делянкам полевого опыта.

Одни словом, территориальная неоднородность почвенного плодородия - главная причина варьирования поделяночных урожаев.

Успешное проведение полевого опыта в сильной мере зависит от особенностей участка, на котором ставят опыт. Поэтому выбору участка для опытов необходимо уделить пристальное внимание.

Основные требования, которые предъявляются к земельному участку под опыт, – типичность, или репрезентативность. Земельный участок для опыта должен соответствовать тем условиям, в которых предполагается использовать его результаты.

Типичность участка должна соблюдаться, прежде всего, в отношении почвы и водного режима (осадки, грунтовые воды) и быть характерной для данного района. Отсюда вытекает второе требование к опытному участку – однородность его почвенного покрова.

Выделить однородный, типичный земельный участок для опыта бывает довольно трудно. Поэтому, чтобы правильно это сделать, необходимо тщательно изучить его историю, провести почвенное обследование, изучить рельеф, микрорельеф, засоренность и учесть ряд возможных случайных факторов.

История опытного участка

Закладывать опыт на участках, история которых неизвестна, нельзя. Поэтому необходимо убедиться, что в последние 3-4 года на этом участке постоянно высевали одну

культуру, применяли единую систему обработки почвы, удобрения, гербициды, хотя по годам и обработка почвы, и предшественники и удобрения могут быть различными.

Особенно однообразными на участке должны быть агротехнические приемы, которые на длительный срок изменяют плодородие почвы, – это известкование, систематическое внесение фосфорных удобрений, периодическое применение навоза, дренаж, посев бобовых культур и т.д.

Необходимо в течение нескольких лет следить за историей будущего опытного участка, не допускать разнообразие агротехники на отдельных его частях. Если это не удается сделать, то необходимо собрать достоверные сведения за 3-4 года, подтверждающие однообразие технологии возделывания полевых культур, а следовательно, и однородность опытного участка.

При выборе опытного участка следует обратить особое внимание на случайные факторы, которые нарушают однородность условий будущего опыта. Для этого не располагать опыты ближе 50-100 м от жилых домов, ферм, сплошного леса; ближе 25-30 м от отдельных деревьев; ближе 10-20 м от плотной изгороди, проезжей дороги.

Не использовать под опыт участки, где видны следы земляных работ, стоянки скота, места вывоза навоза, бывшие тока, старые оросительные каналы.

Почва опытного участка.

1. Почвы опытного участка должны принадлежать к почвенной разности, имеющей широкое распространение в районе деятельности опытного учреждения. Только в этом случае можно говорить о почвенной типичности опыта. Чтобы правильно решить этот вопрос, необходимо воспользоваться почвенной картой, а при её отсутствии необходимо провести детальное изучение почвы в масштабе 1:5000 или 1:1000.

2. Почва опытного участка должна быть однородной. Если нельзя выбрать однородный почвенный участок, то можно ограничиться однородностью почвы в пределах каждого отдельного повторения.

Для определения почвенной разности, степени однородности почвы и глубины залегания грунтовых вод используют обычные методы – почвенные разрезы (шурф) и прикопки. По ним определяют: 1) тип почвы; 2) её гранулометрический состав; 3) глубину вскипания; 4) мощность гумусового горизонта и содержание гумуса, N, P, K; 5) поглотительные свойства и кислотность почвы; 6) водно-физические свойства.

Вместе с этим очень важно установить микропестроту почвы. Для этого несколько лет подряд нужно следить за состоянием культурных или диких растений. Это позволяет выявить расположение пятен с наиболее плодородной и бедной почвой и учесть степень и равномерность засоренности почвы. Сильно засоренные земли могут быть использованы под опыт (кроме опытов по борьбе с сорняками) после соответствующей предварительной подготовки участка.

Таким образом, обследование почвенного участка проводится с целью выявления почвенной однородности и для наилучшего расположения вариантов в полевом опыте.

Рельеф опытного участка

Н.Ф. Деревицкий (1968 г.) отмечает, что в руководствах по методике опытного дела указывают на то, что опытный участок должен быть горизонтальным или иметь однообразный незначительный уклон в одном направлении. Эти указания совершенно неправильны.

Рельеф любой местности слагается из водоразделов, склонов, пойм. Поэтому для того, чтобы опыты с какой-либо культурой были типичны, необходимо их располагать на том элементе рельефа, на котором она возделывается.

Для большинства опытов предпочтителен ровный или с небольшим однообразным уклоном участок (1-2,5 м на 100 м i = 0,01 – 0,025). В опытах с самотечным орошением наилучшие условия для увлажнения почвы создаются при i = 0,005 до 0,01.

Для изучения рельефа участка проводят его подробную нивелировку и составляют план с горизонталями через 0,1–0,2 м. В условиях производства пользуются планами с горизонталями через 1 м, и в отдельных случаях крутизну склона устанавливают на глаз.

Горизонтали, нанесенные на почвенную карту, являются одним из основных показателей при планировании размещения повторений и делянок в полевом опыте, а при орошении – места проведения специальной планировки.

Наряду с микрорельефом при выборе земельного участка необходимо учитывать и микрорельеф: блюдца, бугорки, мелкие ложбинки, овальные и развальные борозды и т.д.

Подготовка и изучение участка

Предварительное изучение истории опытного участка, его почвенного покрова дают ориентировочное представление о земельном участке.

Для устранения разности плодородия почв были предложены различные способы. Так, в Германии некоторые ученые рекомендовали для мелкоделяночных опытов снимать пахотный слой почвы, хорошо его перемешивать и возвращать на прежнее место в виде однородной массы.

Но такой способ непригоден как по своей трудоемкости, так и потому, что он создает искусственную среду – почву с иной структурой, аэрацией, влагоёмкостью и пр.

Для более детального изучения плодородия почвы необходимо воспользоваться растениями, хотя разные культуры неодинаково реагируют на свойства почвы. Одни более требовательны к плодородию, другие менее требовательны. Несмотря на это, все же предпочтение отдается растению.

Состояние почвенного плодородия и его пестроту изучают при помощи уравнительного и рекогносцировочного (разведывательного или аналитического) посевов.

Уравнительным посевом называют сплошной посев какой-либо культуры, проведенный на всей площади выбранного участка для повышения однородности почвенного плодородия. Этот посев отличается от обычного хозяйственного тем, что все технические операции на площади будущего опыта проводят на более высоком агротехническом уровне. С помощью уравнительных посевов, если их применяют в течение нескольких лет подряд, удается в некоторой степени устранить пестроту земельного участка, вызванную последствием агротехнических приёмов.

Кроме некоторого выравнивания пестроты и борьбы с сорняками уравнительные посевы имеют еще одну важную задачу – создание надлежащего фона для будущего опыта (обработка, удобрение, предшественники и т.д.). Отсюда следует, что приёмы возделывания уравнительных посевов согласовываются с программой исследований (глупо включать большие дозы NPK, если в опыте изучаются дозы удобрений).

Однако наибольшее значение уравнительных посевов заключается в систематической глазомерной (органолептической) оценке выравненности растений, по которым делают заключение о пригодности земельного участка под опыт в условиях производства. Но этим умением обладают только опытные специалисты.

В производственных условиях подготовка и изучение участка включает обычно один – реже два уравнительных посева. Последний по счету уравнительный посев учитывают дробно, отдельными мелкими делянками. Этот посев называют рекогносцировочным.

Рекогносцировочный, *или разведочный посев – это сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке опыта и проводимый для выявления степени однородности почвенного плодородия на площади опыта путем дробного учета урожая одинаковыми делянками.*

Цель рекогносцировочного посева:

- отобразить пестроту поля;
- отобразить направление изменчивости плодородия;
- выделить более однородные участки по плодородию.

Следовательно, рекогносцировочный посев развивает и детализирует глазомерную оценку пестроты уравнительного посева.

Для рекогносцировочных посевов наиболее пригодны яровые зерновые (овес, ячмень, пшеница), а также пропашные – картофель, корнеплоды. Непригодны для этой цели озимые – они выпадают и снижают достоверность результатов.

Для более надежной характеристики почвенного плодородия опытного участка применяют поделяночный учет урожая рекогносцировочного посева. Этот способ называют дробным учетом. Цель дробного учета:

- определить размеры делянок;
- определить форму делянок;
- определить повторение и расположение делянок с тем, чтобы лучше охватить разное плодородие участка.

Во всяком случае размер делянок для дробного учета не должен превышать ориентировочного размера проектируемых делянок будущего опыта. Почвенное плодородие лучше характеризуют мелкие делянки (около 10 $м^2$).

При дробном учете взвешивают только надземную массу в период молочно-восковой спелости зерновых, или убирают в период полной спелости и учитывают урожай всей массы и отдельно зерна.

Если распределение урожаев дробного учета приближается к кривой нормального распределения, это указывает на достаточную однородность плодородия почвы.

Очень часто эмпирическая кривая не совпадает с кривой нормального распределения. В таких случаях размеры опытного участка уменьшают с таким расчетом, чтобы на однородных землях уместился весь опыт или его отдельные повторения.

Наиболее надежный способ решения вопроса о форме, размере делянок, повторности и системе расположения вариантов – наложение на дробный учет так называемых условных опытов с различной повторностью и делянками различной величины и формы. Результаты условных опытов обрабатывают методом дисперсионного анализа и рассчитывают ошибки средних арифметических для опытов, которые планируют заложить. Используя эти расчеты, фактические опыты закладывают, ориентируясь на один из оптимальных вариантов условного опыта. Таким образом, дробные учеты урожаев дали значительный материал для разработки основных положений методики полевого опыта. Используя органолептическую оценку рекогносцировочных посевов, опытный экспериментатор на практике удовлетворительно решает вопросы методики будущего опыта, не прибегая к дробным учетам урожая.

Отсутствие дробного учета рекогносцировочного посева не может служить препятствием к применению правильной методики полевого опыта. Поэтому не случайно в нашей стране и за рубежом высказываются обоснованные сомнения в целесообразности новых дробных учетов, которые сопряжены со значительными материальными расходами.

Для закладки полевого опыта и правильного выбора участка достаточно провести почвенное обследование, нивелировку, изучить историю поля, дать визуальную оценку изменчивости плодородия на уравнительном или хозяйственном посеве.

Контрольные вопросы.

1. Требования и особенности условий проведения полевого опыта.
2. Научные принципы разработки схем однофакторных опытов.
3. Научные принципы разработки схем многофакторных опытов.
4. Планирование наблюдений и учетов в полевом опыте, основные требования к ним.
7. Классификация и характеристика методов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

4. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.
6. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

Дополнительная

4. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 1. Методика, планирование и техника проведения полевого опыта. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина, Н.В. Николайченко. - Саратов, 2008. – 79 с.
5. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.
6. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

ЛЕКЦИЯ 3
Понятие о методике полевого опыта в защите растений и слагающих ее элементах

1.3. Планирование наблюдений и учетов в полевом опыте

Общие задачи В полевом опыте растения находятся во взаимодействии с окружающей средой.

В процессе онтогенеза растения реагируют на изменения условий среды, фиксируя их в морфологии или анатомии отдельных органов.

Во время эксперимента о реакциях организма на условия среды можно судить по интегрированному показателю – суммарному сбору продукции с единицы площади или

единицы растения. Однако в данном случае мы познаем лишь следствие взаимодействия среды и организма и не вскрываем причинных связей, без чего трудно понять сущность механизма реакции растений на различные факторы.

Чтобы выявить сущность взаимодействия растений с окружающей средой необходимо в процессе роста и развития правильно спланировать и проводить наблюдения в полевом опыте.

Для этого экспериментатор должен решить следующие вопросы:

- какие наблюдения (анализы) и учеты включить в программу исследования;
- в какие сроки проводить наблюдения и учеты;
- определить оптимальный объем выборок (проб);
- обеспечить представительность отбираемых выборок.

Ошибка начинающих экспериментаторов заключается во включении в программу исследования случайного набора наблюдений в надежде, что они для чего-нибудь пригодятся.

Отсюда вытекает основное требование к наблюдениям.

Ценность информации при проведении наблюдений имеет место тогда, когда они проводятся целенаправленно, когда они вытекают из задач опыта. Случайно выбранные наблюдения дают мало познавательного для вскрытия сущности явления.

Поэтому в полевом опыте следует планировать небольшое число, но хорошо продуманных целенаправленных наблюдений, помогающих понять изучаемое явление, вскрыть причину увеличения или уменьшения урожайности.

Следовательно, первым требованием при планировании наблюдений является его целенаправленность.

Вторым требованием к наблюдению является типичность и достоверность. Для получения объективных результатов наблюдения должны проводиться в типичных условиях, т.е. на делянках опыта, а не на защитках.

Наблюдение должно как можно шире охватывать опыт, т.е. иметь достаточный объём выборки (пробы) для различных подсчетов, измерений наблюдений.

Для осуществления этого требования необходимо исключать всякие возможности проявления субъективизма и тенденциозности при взятии проб (выборки), обеспечить всем объектам совокупности равную возможность попасть в выборку.

Этим требованиям отвечает случайный метод взятия проб. Следовательно, случайный метод отбора объекта в выборку является следующим необходимым требованием.

На выравненных по плодородию участках систематические (механические) взятия проб через определенные расстояния или площади также дают хорошие результаты.

Важное требование к наблюдениям состоит в том, чтобы пробы почвенных и растительных образцов со всех параллельных делянок опыта и наиболее ответственное наблюдение обработать статистическими методами. Отсюда, нельзя отбирать в выборку растения с одного повторения.

Если же растения во всех повторениях развиваются и растут однотипно, можно отбирать объекты в выборку с четных или нечетных повторений.

Виды наблюдений и учетов

В опытном деле различают две группы наблюдений:

1) наблюдения за окружающей средой;

2) наблюдение за растениями.

К наблюдениям первого рода относят регистрацию погодных факторов. К погодным факторам относятся температура воздуха, почвы, воды, растения, осадки, влажность воздуха, напряженность солнечного света, облачность, ветровая деятельность, снежный

покров, промерзаемость почвы, влажность почвы, агрохимические и агрофизические свойства почвы и другие характеристики. Вполне понятно, что, не имея данных по определенным показателям для каждого конкретного опыта, состоянию окружающей среды, нельзя понять причину изменчивости растения под влиянием тех или иных агроприёмов или факторов.

При наблюдениях второго рода фиксируют состояние процессов, тканей, органов самого растения в динамике или в определённые конечные даты или фазы роста.

К ним можно отнести фенологические наблюдения, учеты густоты стояния растений, динамики прироста биомассы, корневой системы, определение фотосинтетического потенциала, определение структуры урожая, учет растений, поврежденных вредителями и болезнями.

Учеты наблюдений могут быть глазомерными (визуальными) и количественными.

- Глазомерный метод используется для получения приблизительных данных по менее важным объектам. Однако эти наблюдения могут иметь высокую достоверность, если они проводятся одним и тем же опытным исследователем.
- количественные учеты наблюдений выражаются в мерах длины, массы, объема, площади и относительных показателях, (%). В результате таких учетов при расположении данных в порядке возрастания или убывания получают вариационные ряды или ряды изменчивости.

Известно два типа вариационных рядов, два типа изменчивости: количественная, которая может быть измерена, и качественная, которая не поддается измерению.

Количественная изменчивость может быть прерывистой, или дискретной, когда показатели выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов (число зерна, число растений и т.д.) и непрерывистой, когда показатели могут выражаться мерами объема, длины, веса, между которыми возможны любые переходы.

Количественные учеты позволяют шире применять статистические методы для оценки конечных результатов, что позволяет более объективно оценить результаты опыта. Поэтому эти методы учета результатов наблюдений должны быть основными в опыте.

Общие методы проведения наблюдений

Для исключения тенденциозности и субъективизма при проведении наблюдений необходимо широко использовать случайный метод отбора объектов в выборку.

Случайный метод отбора образцов

Этот метод предполагает неограниченное, случайное взятие проб на учетной делянке или варианте. Для этого пробные площадки, растения или почву берут из случайных точек любых мест изучаемого участка методом рендомизации (жребия). В этом случае участок, делянку (в зависимости от площади) делят на 50-100 частей, например, по 1-5 $м^2$ и, пользуясь нумерованными карточками (жеребьевкой) или таблицами случайных чисел, отбирают нужное количество квадратов (мест) для взятия проб. Места взятия наносят на план. При таком полном случайном отборе большая часть проб может быть смещена к одной какой-нибудь стороне делянки, что дает неточную оценку истинной величины изучаемого признака. Поэтому лучше пользоваться зональной (типичной) случайной выборкой, когда делянку делят на части (районы) пополам или на четверти и в каждой части методом случайного отбора берут определенное количество проб.

Например, намечено взять 20 проб. При делении делянки пополам, на каждой части надо взять10 проб, а при делении на 4 части - по 5 проб.

Случайный метод отбора проб более трудоёмкий, но незаменимый метод при постановке опыта на неоднородном агрофоне.

Систематический метод отбора образцов

Этот метод заключается в том, что пробы (выборки) объектов берут через равные расстояния и по определённому направлению, например, по диагоналям или двум диагоналям делянки через определенное количество метров или шагов. В этом случае мы получаем так называемую механическую выборку.

Некоторые экспериментаторы для получения выборки стремятся отобрать типичный образец, например, отбирают с делянки типичные (модельные) растения. Однако индивидуальная субъективность исследователя ведет к накоплению систематических ошибок, т.е. в выборку попадают преимущественно лучше развитые или хуже развитые растения.

Поэтому в современных условиях метод случайного отбора объектов в выборку должен найти преимущественное применение.

Нужно помнить, что во всяком опыте случайность неизбежна, т.к. она составляет диалектическое единство с необходимостью любого явления. Поэтому кроме планирования и учета контролируемых факторов нужно определенным образом планировать случайные факторы. Рендомизация в какой-то мере позволяет планировать случайные факторы. Это проявляется в том, что каждый член совокупности имеет равную вероятность попасть в выборку.

Случайный выбор, как и систематический, не может дать достоверных результатов, но определенно гарантирует, что выборка будет свободной от любой субъективности и тенденциозности.

Для проведения наблюдений и учетов необходимо широко использовать различные приборы и оборудование, вплоть до самых сложных.

Большое значение для получения достоверных данных имеет объем выборки, т.е. количество повторных наблюдений или объектов, отбираемых в выборку.

Общеизвестно, что чем больше объектов берется в выборку, тем достовернее выборочная средняя, которая характеризует среднюю генеральной совокупности с заданной вероятностью. Однако увеличение объема выборки до больших значений представляет непреодолимые трудности для её взятия и анализа. Поэтому рекомендованы статистические методы расчета объема выборки.

Определение объёма выборки при количественной изменчивости

Для количественной изменчивости при достаточно больших совокупностях объем выборки вычисляют по формуле:

$$n = \left(\frac{t \times S}{S_{\bar{x}}} \right)^2$$, где

n – объем выборки;

t – критерий Стьюдента;

S – стандартное (среднее квадратическое) отклонение;

$S_{\bar{x}}$ - планируемая ошибка выборочной средней.

Значение критерия t зависит от уровня вероятностей, который устанавливается исследователем. Для 68%-ного уровня t = 1; 95%-ного - t = 2 и 99%-ного - t = 3.

Величину стандартного отклонения нужно получить при выборочном взятии пробы или взять их данных предыдущих наблюдений.

Для определения стандартного отклонения количество проб нужно взять ориентировочно во всех повторениях.

Затем следует определить среднее квадратическое (стандартное) отклонение по формуле:

$S=\sqrt{\frac{\sum\left(x-\bar{x}\right)^2}{n-1}}$, где

$\Sigma(x-\bar{x})^2$ – сумма квадратов отклонений отдельных показателей от средней арифметической.

n-1 – число показателей (измерений) без одного, или количество свободно варьирующих величин, называемое в математике числом степеней свободы.

Ошибка средней арифметической планируется исследователем в соответствии с ожидаемыми результатами.

Пример. Предварительным обследованием установлено значение S= 8 см.

Требуется узнать, какое количество растений необходимо измерить, чтобы среднее значение высоты было определенно с ошибкой, например, не более 2 см при 95%-ом уровне вероятности.

$n = \left(\frac{t \times S}{S\bar{x}}\right)^2 = \left(\frac{2 \times 8}{2}\right)^2 = 64$ растения.

Иногда объем выборки удобнее рассчитать не в абсолютных, а в относительных показателях, (%). Тогда формула приобретает такой вид:

$n = \left(\frac{t \times V}{S_{\bar{x}}\%}\right)^2$, где

V – коэффициент вариации;

$S_{\bar{x}}\%$ - относительная ошибка выборочной средней.

Определение объёма выборки при качественной изменчивости

Объём выборки при качественной изменчивости рассчитывают по формуле:

$n = \frac{t^2 \times P \times q}{S_p^2}$, где

t – критерий Стьюдента;

p – количество больных растений;

q – количество здоровых растений;

S_p – ошибка доли.

1.6. Планирование наблюдений и учетов в период вегетации растений

Все наблюдения должны проводиться в соответствии с намеченной программой, преследуя четко определенные цели. В противном случае наблюдения будут носить бессмысленный характер. Объём наблюдений может быть бесконечно широким, что будет физически невыполнимым и обязательно скажется на достоверности результатов.

Небольшое число самых необходимых наблюдений, но проводимых с достаточной глубиной и последовательностью, дает больше, чем большое количество поверхностных наблюдений.

Следовательно, в полевом опыте должны проводиться лишь те наблюдения, которые могут дать возможность понять изучаемое явление, выяснить внутреннюю суть процесса и понять причины получения прибавок или снижения урожая и его качества.

Наблюдения в полевом опыте делятся на две группы:

- наблюдения за внешней средой;

- наблюдения за растениями.

Существенное значение для оценки результатов полевого опыта имеет учет метеорологических условий.

Метеорологические наблюдения

Погодные условия меняются во времени, неодинакова и реакция растений на факторы внешней среды в разные периоды жизни. Поэтому за изменениями метеорологических факторов наблюдают по фазам жизни растений. Среднемесячные и среднедекадные показатели не дают объективного представления о влиянии метеорологических факторов на растения.

К необходимым метеорологическим наблюдениям относятся: температура, осадки, относительная влажность воздуха, инсоляция, сила и направление ветра.

Наблюдения за этими показателями производят по фазам.

Например, для озимых зерновых:

а) посев - всходы; б) всходы - прекращение осенней вегетации; в) начало весенней вегетации - выход в трубку; г) выход в трубку – колошение; д) колошение – восковая спелость.

Для яровых зерновых культур:

а) посев - всходы; б) всходы – кущение; в) кущение – выход в трубку; г) выход в трубку – колошение; д) колошение – восковая спелость.

Для зернобобовых культур:

а) посев - всходы; б) всходы – цветение; в) цветение – полная (хозяйственная) спелость и т.д.

При обработке метеорологических данных по периодам более четко выявляется связь продолжительности периода и ряда признаков растения с метеорологическими условиями за это время.

Из метеорологических факторов особенно велика роль влажности. Причем значение имеет не только количество осадков, но и распределение их во времени. И, когда при общем большом количестве осадков за вегетационный период в критические периоды их выпадает мало, это сильно уменьшает урожайность.

В краткосрочных опытах наблюдения за метеорологическими условиями непосредственно на опытном поле не организуются, и используются данные ближайшей метеорологической станции. На постоянных опытных полях наблюдения должны организовываться на месте. В этом случае прежде всего должны определять осадки, следить за снеговым покровом, за минимальной температурой на поверхности почвы (в период, когда возможны заморозки).

Необходимо вести наблюдения за градом, суховеями, ледяными корками.

Наблюдения за метеорологическими показателями организуют на постоянных площадках не менее чем в 50-100 м от построек или деревьев.

Количество атмосферных осадков измеряют дождемером ежедневно в 1 и 19 часов и относят их ко дню наблюдений.

Определения ежегодного снежного покрова особенно важно для озимых хлебов, многолетних трав и в опытах со снегозадержанием. Измерения производят постоянными или переносными рейками (одновременно определяют плотность и равномерность снегового покрова) на талой или промерзшей почве, после выпадения снега и во время его схода весной.

При определении по постоянной рейке измерения производят ежедневно в 7 часов утра, а переносной – ежедневно и после сильных снегопадов.

Для измерения температуры и влажности воздуха используют психрометр Августа («смоченный, и «сухой» термометры) и min и max термометры.

Наблюдения проводят ежедневно в 1,7,15 и 19 часов, или в 7,13 и 21 час.

В некоторых опытах может представлять интерес температура почвы на глубинах 5,10,15 и 20 см.

При определении глубины промерзания используют почвенный бур Качинского.

В некоторых опытах могут иметь значение измерения метеорологических показателей внутри посева, например, при использовании летних кулис, лесных полос м т.д. Измерение температуры и влажности среди растений, т.е. в посевах в приземном слое воздуха, лучше проводить переносным психрометром, который должен устанавливаться на заданной высоте отверстием защиты на север, а шкалы термометров следует направлять на юг.

Важное значение имеет систематическое определение влажности почвы. В некоторых опытах без этих показателей нельзя обойтись (нормы высева, сроки сева, способы посева, способы обработки почвы).

Наблюдения за растениями обычно начинаются с появления всходов. Характер, размеры наблюдений за растениями зависит от цели опыта. Следует иметь ввиду не только характер и размеры, но и время, и технику их проведения. Некоторые явления проявляются на растениях лишь в определенные фазы жизни и сглаживаются при уборке.

Все учеты и наблюдения делятся на количественные и глазомерные (в баллах). Вполне очевидное преимущество имеют первые, так как они могут быть обработаны статистически.

Учеты можно разделить на однократные и периодические (в течение всего периода вегетации, через определенные промежутки времени). Периодические учеты необходимы в том случае, когда учитываемое явление сильно изменяется во времени (например, влажность почвы).

Важным вопросом методики учетов является вопрос о методике выборочного учета (метод проб). Сплошные учеты трудоемки, а иногда и невозможны, например, если нужно уничтожать растения. Поэтому очень важно определить достаточный объём выборки (пробы) и правильно отобрать объекты в выборку. Чтобы выборка отражала всю ту совокупность, откуда она взята, она должна быть свободной от тенденциозности и субъективизма. Всем объектам совокупности должны представляться равные вероятности попасть в выборку.

Некоторые исследователи пытаются дать единую рекомендацию по объёму выборки во всех опытах. Это не совсем правильно. Объём выборки устанавливают для каждого конкретного случая предварительным исследованием с тем, чтобы он соответствовал совокупности изучаемых объектов и высокой достоверности наблюдений.

Определение размера выборки при количественной изменчивости

- Ориентировочно для агротехнических опытов величина ошибки должна быть 4-6%, в опытах с сортоиспытанием и вегетационных опытах – 1-4%;
- для полевых и лабораторных исследований значение ошибки выборочной средней принимают равной 1-3%;
- в ориентировочных исследованиях можно иметь значение ошибки выборочной средней несколько выше.
-

Густота стояния растений

Густоту стояния растений определяют дважды: после появления всходов и перед уборкой. Первый учет дает возможность проверить норму высева, полевую всхожесть и установить фактическую густоту по вариантам опыта. Это позволяет определить роль агроприема в получении нормальной полевой всхожести.

Определение густоты перед уборкой необходимо для установления степени изреживания растений во времени вегетации (сохранность растений). Учет густоты стояния перед уборкой нужен для анализа структуры урожая.

У культур, которые возделываются с прорывкой, подсчет растений перед уборкой проводят на всей делянке. Фактическую площадь питания определяют делением учетной площади делянки на количество растений.

У культур, возделываемых без прорывки, густоту стояния определяют по методу проб, т.е. подсчитывают число растений на пробных площадках, выделяемых на учетной площади делянок.

Учет густоты стояния производят на всех вариантах опыта и желательно во всех повторениях.

Количество проб на делянках определяют по формуле $n = \frac{t^2 \times S^2}{Sx^{-2}}$ в соответствии с уровнем заданной относительной ошибки в опытах.

Пробы (выборки) на делянках могут быть постоянными или закрепленными. В этом случае определенная часть площади с растениями закрепляется (ограничивается) колышками и здесь проводятся подсчеты во время всходов и перед уборкой. На них же берут растения для определения структуры урожая. Этот способ подсчета имеет ряд преимуществ. Во-первых, здесь точнее определяется изреживаемость растений, так как исключается возможность увеличения растений перед уборкой при подсчете густоты на сменных площадках. Недостатком является большая трудоемкость.

Во-вторых, трудно при всходах установить типичные места. Однако при использовании рендомизации при достаточном количестве проб это исключается.

В-третьих, возможны случайные повреждения и потравы растений, что потребует смены таких площадок и вызовет некоторое нарушение сравнения.

Густота стояния может определяться и на так называемых сменных площадях или выборках.

Для этого подсчет производится каждый раз путем наложения квадратных рамок, или на погонных метровках, или путем рендомизации, или по диагоналям делянки через равные расстояния.

Необходимо и в этом случае применять метод математической обработки данных для расчета количества проб на делянке. В противном случае возможны грубые ошибки.

Для подсчета всходов пробы могут иметь квадратную или линейную форму площадью 0,25, 0,50 и 1м^2. Большая достоверность достигается не размером метровки, а их количеством. При увеличении количества проб создается возможность охватить все рядки посева в разных частях делянки, что повысит достоверность подсчетов.

После подсчета количества растений на всех площадках, все данные суммируют и вычисляют среднее количество растений на 1 м^2.

По известной фактической густоте растений и норме посева определяют полевую всхожесть семян по формуле:

$ПВ = \frac{B \times 100}{C}$, где

ПВ – плевая всхожесть, %;

В – число растений на 1 м^2;

С – количество фактически высеянных семян на 1 м^2.

Подсчет растений перед уборкой дает возможность определить количество сохранившихся растений, (%) по отношению к полным всходам:

$C=\frac{a \times 100}{в}$, где

С – сохранность растений, %;

в - число растений в фазе полных всходов, шт на 1 м^2;

а – число растений к уборке, шт/м^2.

Глубина заделки семян

Для определения глубины заделки семян измеряют подземную часть растений от семени до зеленой части стебля.

Площадь листьев

- метод высечек

$S = \frac{P \times S_1 \times n}{P_1}$, где

S – общая площадь листовой поверхности;

S_1 – площадь одной высечки;

n – число высечек;

Р – общая масса листа, г;

P_1 – масса высечки, г

- S = длина х ширина х коэффициент (по параметрам листа)

Учет хозяйственной эффективности новых агроприёмов

Разработанные научными учреждениями новые агрокомплексы и технологии или отдельные агроприемы требуют соответствующей проверки в производственных условиях. Отсюда возникает необходимость не просто внедрить их в производство, но и предварительно проверить, поскольку природные условия неодинаковые. Поэтому при проверке агрокомплексов возможно внесение в них соответствующих корректировок и поправок.

Программа опытов в производстве определяется целями и задачами исследования и слагается, как правило, из небольшого числа вариантов. Если нужно изучить много вариантов, то лучше их разделить на два или три опыта.

Опыты в производстве должны быть типичными в климатическом и почвенном отношении.

Техника закладки и проведения полевых опытов.

Основные этапы закладки полевого опыта

Объективную оценку изучаемых вариантов полевой опыт дает в том случае, если эксперимент проведен в сложном соответствии всех требований методики.

К основным этапам закладки полевого опыта относятся:

- разбивка опытного участка;
- обработка почвы;
- внесение удобрений;
- посев, уход за посевами;
- уборка урожая и т.д.

Ошибки, допущенные на любом этапе закладке опыта, приводят к искажению результатов исследования. Поэтому необходимо выполнять все технические правила проведения полевого опыта. Остановимся на важнейших этапах закладки полевого опыта.

Разбивка опытного участка

Прежде чем приступить к разбивке участка в поле необходимо нанести на план размещение делянок опыта. Для этого в зависимости от характера рельефа, конфигурации участка, почвенного плодородия и изучаемого вопроса устанавливают ярусность размещения делянок, порядок расположения вариантов, точные размеры всего опыта и повторений.

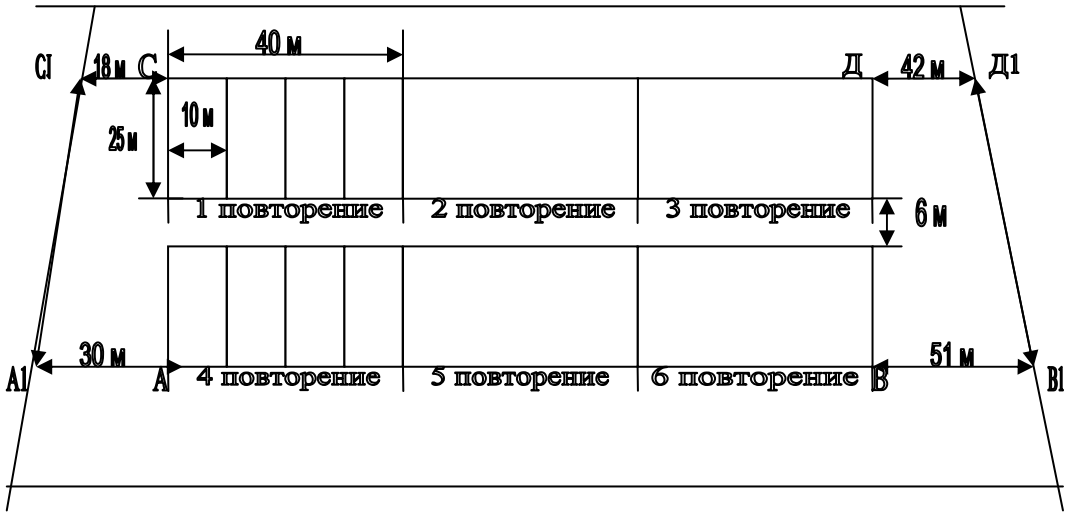
Затем по схематическому плану размещают опыт в поле, т.е. в натуре: фиксируют границы опыта, повторения и делянки. Важно отметить, что повторения и делянки должны иметь совершенно одинаковые размеры и иметь строго прямоугольную форму.

Перед выходом в поле следует заранее подготовить: теодолит (экер), стальную мерную ленту или рулетку – 20 м, длинный шнур для отбивки границ опыта и колышки диаметром 3-4 см и высотой 25-30 см. количество колышков требуется на 10-12 штук больше удвоенного числа делянок.

Разбивают опытный участок с выделением общего контура опыта и контуров повторений.

Опыт и его каждое повторение при разбросном размещении окаймляют со всех сторон защитной полосой шириной не менее 5 м. Величина неувязки при разработке контура и его повторений не должны превышать 5-10 см на 100 м длины.

Для выделения контура опыта необходимо по одной из длинных сторон участка натянуть шнур по прямой A_1B_1.



Отступают от границы поля на прямой A_1B_1 10-12 м и забивают колышек А (репер). Затем по этой же линии отмеряют требуемое по плану расстояние и забивают колышек в точке В. В точках А и В восстанавливают перпендикуляры к прямой $C_1Д_1$ и в местах пересечения фиксируют границы опыта колышками С и Д. Если работа выполнена без ошибок, то АВ=СД, если получились неувязка, разбивку повторяют заново.

После выделения общего контура опытного участка его разбивают на повторения и делянки. Для этого мерной лентой или рулеткой отмечают необходимое расстояние и забивают колышки с одной и той же стороны ленты. По границам повторений забивают по 2 колышка или делают другие обозначения. На колышках указывают № делянок, повторений. Надписи делают на той стороне колышка, которая обращена внутрь делянки, повторения.

При расположении опыта в натуре предусматривают защитные полосы шириной не более 5 м вокруг всего опытного участка, а также между повторениями и по краям всех делянок.

Минимальная ширина защиток в опытах с удобрениями, обработкой почвы, многолетних опытах должна быть 1-1,5 м около каждой делянки или 2-3 м между соседними делянками.

В краткосрочных опытах по изучению норм посева, способов посева и т.д. ширина защиток для каждой делянки находится в пределах 0,5 – 0,75 м.

После разбивки опытного участка необходимо надежно зафиксировать его крайние четыре точки для того, чтобы в любое время после проведения каких-то технологических операций восстановить границы опыта и его повторения.

В некоторых случаях один из этих колышков привязывают к краю поля, столбу или другому подобному предмету. На следующий год по этому реперу восстанавливают границы участка. Чтобы постоянные реперы легко отыскать, вокруг них посыпают битый кирпич, песок или известь.

Требования к полевым работам на опытном участке.

К полевым работам на опытном участке предъявляют два основных требования:

- одновременность выполнения агротехнических работ, подлежащих изучению;
- высококачественность всех выполняемых работ.

Итак, важнейшим требованием к полевым работам является одновременность выполнения агротехнических работ на всех повторениях опыта, или, в крайнем случае, на нескольких целых повторениях. Это относится, прежде всего, к агроприемам, которые не изучаются в опыте. К сожалению, это важнейшее требование методики, вытекающее из принципа единственного различия, часто нарушается особенно при планировании полевого опыта на крупных делянках с большим числом вариантов. Даже незначительный разрыв в сроках обработки почвы за вегетационный период приводит к нарушению этого требования и полной утрате достоверности опыта. Следовательно, единовременность, равнокачественность и краткосрочность всех полевых работ – первое важнейшее требование при проведении полевых опытов.

Следующее требование связано с высококачественностью выполнения всех полевых работ. Агротехнический фон для доказательства эффекта от изучаемого приема на опытном участке создают оптимальный и, как правило, более высокий, чем в производственных условиях. И на этом фоне создают оптимальные условия для сравнения изучаемых факторов и высокопроизводительного использования техники.

Внесение удобрений

После разбивки опытного участка приступают к внесению удобрений.

Удобрение в полевом опыте может быть агрофоном или изучаемым фактором. Основное требование к любому способу применения удобрений в опыте – это равномерное их распределение по площади делянок. Минеральные удобрения вносят на делянку из расчета основного питательного вещества N, P_2O_5, K_2O на 1 га. Навоз и другие орга-

нические удобрения (компост, торф) применяют по их массе из расчета в тоннах на 1 га с учетом содержания сухого вещества.

Необходимое количество удобрений на делянку определяют по формуле:

$$x = \frac{a \times 100 \times C}{в \times 10000}$$, где

а – доза питательного вещества (в кг/га);

в – содержание питательных веществ в удобрении (%);

С – посевная площадь делянки ($м^2$);

10 000 – число квадратных метров в 1 га;

100 – число, переводящее % в кг.

После сокращения формула принимает следующий вид:

$$x = \frac{a \times C}{100 \times в}$$

Для больших делянок навоз взвешивается и вывозится непосредственно на делянки. Делянки предварительно маркируют на квадраты размером 4х4; 5х5 или 6х6 м. Отвешенную дозу удобрений раскладывают по углам квадратов, затем равномерно вилами или граблями распределяют по поверхности почвы и запахивают. Недопустимо оставлять навоз на делянках больше чем на 1 день. Механизированное внесение органических удобрений пока затруднено из-за отсутствия необходимого набора техники. Оно рассчитано для работы на делянках размером около 1000 $м^2$

Техника рассева минеральных удобрений должна также обеспечить равномерное их распределение по делянкам.

Перед внесением удобрения тщательно измельчают и просеивают, затем отвешивают для каждой делянки и хранят в бумажных или целлофановых мешках.

Навески удобрений в машинах перед внесением раскладывают на тех делянках, для которых они предназначались. Проверяют правильность раскладки и вносят ручным способом из ведер, круглых тазов и т.д.

На каждой делянке удобрения рассеивают в два приема или с таким расчетом, чтобы немного удобрений осталось. Остаток равномерно распределяют по всей площади делянки. К пылящим удобрениям примешивают почву.

Механизированный способ внесения удобрений возможен на делянках прямоугольной формы и размером более 500 $м^2$.

Если одновременно вносят несколько видов удобрений, то их тщательно перемешивают, соблюдая все известные правила.

Обработка почвы

Здесь возможно два случая:

1) обработка почвы не является изучаемым фактором;
2) обработка почвы является объектом исследования.

В первом случае обработка почвы служит агротехническим фоном, она должна быть однородной, одновременной и высококачественной на всех делянках опыта. Вспашку и другие приемы обработки выполняют через все делянки перпендикулярно к их длинным сторонам, чтобы возможные случайные факторы одинаково влияли на все варианты. При этом не допускаются на делянках разъёмные борозды и свальные бугры, развороты выполняются на защитках. Свальные или развальные борозды можно делать только на защитных полосах между делянками или повторениями.

Способ вспашки, время, глубина обработки должны отвечать требованиям производственной типичности.

Во втором случае, т.е. когда обработка почвы является объектом исследования, делянки обрабатывают различно по глубине, времени и т.д. в зависимости от характера эксперимента. Пахать делянки следует так, чтобы на них не было ни свалов, ни развалов. Для этого необходим оборотный плуг.

Посев и посадка

Если посев и посадка не являются изучаемыми факторами, то их проводят одновременно, одним способом и высокачественными семенами одного и того же сорта в направлении поперек делянок опыта с целью соблюдения принципа единственного различия.

В тех случаях, когда посев является изучаемым фактором, его проводят отдельно по каждой делянке.

При закладке опытов с испытанием сортов, норм высева, способов посева и т.п., делянки засевают не подряд, а поочередно – сначала все делянки одного варианта, затем после новой установки сеялки делянки следующего варианта.

Посев на опытном участке выполняют в один день. Первый проход сеялки выполняют по вешкам или шнуру. Высевающие аппараты сеялки включают за 1-1,5 м до начала делянки и выключают после выхода за границу делянки. Совершенно недопустима остановка сеялки во время работы. В случае остановки сеялку необходимо откатить назад на 0,5-1 м, чтобы исключить огрех.

При посеве и посадке пропашных культур необходимо на делянке иметь целое число рядков. Число растений на всех делянках должно быть строго одинаковым.

Существенным моментов является расчет нормы высева. Норму высева необходимо устанавливать по числу всхожих семян, а не по массе.

$$Н = \frac{К \times 100}{ПГ}, \text{ где}$$

Н – норма высева, млн.шт. с поправкой на посевную годность;

К – норма высева при 100% посевной годности (коэффициент высева);

$$ПГ = \frac{а \times в}{100} \text{ - фактическая посевная годность.}$$

После определения нормы высева вычисляют необходимое количество семян для высева на посевную площадь делянки по формуле:

$$У = \frac{Н \times с \times m}{10000}, \text{ где}$$

У – норма высева на посевную делянку (млн.);

С – посевная площадь делянки ($м^2$);

m – масса 1000 семян, в г;

10 000 – число квадратных метров в 1 га.

Специальные работы по уходу за опытом.

Прежде всего следует отметить, что уход за опытом ничем не отличается от ухода за соответствующими культурами в производственных условиях. Все полевые работы: прополку (механическую, химическую), междурядную обработку, подкормку и т.д., следует выполнять своевременно, тщательно, однообразно на всех делянках опыта, не растягивая во времени. При этом особое значение придают борьбе с сорняками.

К специальным работам по уходу за растениями на опытном участке относятся:

- поделка и прочистка дорожек;
- обрезка по шнуру концов повторений, делянок;
- отбивка защитных полос;

- расстановка колышков при закреплении растений, площадок;
- расстановка этикеток;
- на каждой делянке намечают учетную и защитную площадь.

По концам каждой делянки и обязательно вокруг всего опыта выделяют концевые защитки шириной 2-5 м, а между соседними делянками – боковые защитки шириной 1-2 м.

При использовании широкой механизации опыта ширину боковых защиток опыта между соседними делянками устанавливают кратной ширине захвата уборочной машины.

На культурах сплошного сева все защитные полосы выделяют по всходам. Защитки отбивают вручную по шнуру или культиватором. Ширина защиток – 20 – 30 см.

В опытах по сортоиспытанию боковые защитки иногда не выделяют и заменяют их незасеянными дорожками между делянками шириной 30-40 см. Более широкие незасеянные дорожки неэффективны, они зарастают сорняками.

При работе с пропашными культурами концевые дорожки формируют во время обработки междурядий, а боковые – перед уборкой. Продукцию с концевых и боковых защиток убирают несколько раньше и отдельно, чем на учетной площади делянок.

Все этикетки устанавливают, как правило, после всходов и поделки защиток. В начале опытного участка устанавливают большую этикетку с наименованием опыта.

По вариантам опыта устанавливают небольшие этикетки с лаконичной надписью, указывающей на основные отличия изучаемых вариантов.

На всей территории опытного участка поддерживают частоту и порядок, убирают остаток соломы, мусор, ботву за пределы опытного участка.

Лекция 4,5

Статистические методы проверки гипотез

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Сущность и основные методы дисперсионного анализа. Применение математической статистики в исследованиях.

Сущность дисперсионного анализа заключается в изучении статистического влияния одного или нескольких факторов на результативный признак. Результативный признак (y) – это элементарное качество или свойство объектов, изучаемое как результат влияния факторов: организованных в исследовании (X) и всех остальных, неорганизованных в данном исследовании (p, z).

Фактор – это любое влияние, воздействие, которое может так или иначе отражаться на результативном признаке.

Факторы могут иметь различные градации. Градации факторов – это степень их действия или состояния объектов изучения (окраска, форма и т.д.).

Дисперсионный анализ используется для планирования эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных. Современный эксперимент нельзя правильно спланировать, не зная основ дисперсионного анализа.

Дисперсионный анализ позволяет одновременно обрабатывать данные нескольких вариантов, составляющих единый статистический комплекс, который оформляют в виде специальной таблицы.

Дисперсионный анализ ввёл в практику сельскохозяйственных и биологических исследований английский учёный Р.Фишер. Первоначально он предложил такой показатель как критерий достоверности различий средних квадратических отклонений:

$$Z = \lg e \sqrt{\frac{\sigma^2{}_1}{\sigma^2{}_2}}$$

Подкоренное выражение – отношение средних квадратов (дисперсий) обозначено Снедекором, учеником Р. Фишера символом F:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Сущность дисперсионного анализа заключается в том, что общую сумму квадратов отклонений и общее число степеней свободы раскладывают на части–компоненты, соответствующие структуре эксперимента и затем оценивают значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов по F – критерию.

Общие принципы дисперсионного анализа

Исходные данные заносят в таблицу, определяют суммы по повторениям $\sum P$, вариантам $\sum V$ и общую сумму всех наблюдений $\sum X$. Затем вычисляют:

1. Общее число наблюдений: N = lxn, где l – число вариантов, n – число повторений;
2. Корректирующий фактор (поправку):

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

3. Общую сумму квадратов:

$C_y = \sum X^2 - C$

4. Сумму квадратов для повторений:

$C_P = \sum P^2 : l - C$

5. Сумму квадратов для вариантов:

$C_V = \sum V^2 : n - C$

6. Сумму квадратов для ошибки:

$C_z = C_y - C_V - C_P$

Суммы квадратов C_V и C_z делят на соответствующие степени свободы, то есть приводят к сравнимому виду – одной степени свободы вариации. При этом получают 2 средних квадрата (дисперсии):

Вариантов $S_v^2 = \frac{C_V}{l-1}$ и ошибки $S_z^2 = \frac{C_z}{(n-1)(l-1)}$

Отношение этих средних квадратов используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов по F – критерию:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

За единицу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, которая определяет случайную ошибку эксперимента.

Нулевая гипотеза – предположение, что все выборочные средние являются оценкой одной генеральной средней, следовательно, различия между ними несущественны: H_0: d=0, если $F_{фактич} < F_{теоретич}$, нулевая гипотеза не отвергается, проверка на этом заканчивается.

Если $F_{фактич} > F_{теоретич} \rightarrow H_0$ отвергается. В этом случае доплнительно оценивают существенность частных различий по НСР и определяют, между какими средними имеются значимые разности.

Теоретическое значение критерия F находят по таблицам с учётом числа степеней свободы для дисперсии вариантов и случайной дисперсии. Обычно выбирают 95%-ный, при более точное оценке - 99%-ный уровень вероятности.

Все суммы квадратов (C_y, C_P, C_V, C_z) – положительные числа, отрицательное значение означает, что допущена ошибка.

Для каждого вида эксперимента имеется математическая модель, или схема дисперсионного анализа.

Для упрощения расчётов сумм квадратов исходные даты преобразуют (кодируют) путём вычитания результатов измерения условного начала А – целого числа, близкого к средней по опыту $\overline{X}$.

Дисперсионный анализ даёт возможность получить представление о степени, или доли влияния того или иного фактора в общей дисперсии признака, которую принимают за единицу или 100%;

$\eta^2_v = \frac{C_v}{C_Y}$ - влияние вариантов;

$\eta^2_p = \frac{C_P}{C_Y}$ - влияние повторений;

$\eta^2_z = \frac{C_z}{C_Y}$ - влияние остатка

$\eta^{2\,A}_Y = \eta^{2\,A}_v + \eta^{2\,A}_p + \eta^{2\,A}_z = 1{,}0$ или 100% - влияние всех факторов (этта).

η^2_v, η^2_p, η^2_z – показывают долю участия отдельных факторов в общей изменчивости признака.

$$\eta_v = \sqrt{\eta^2_v} = \sqrt{\frac{C_V}{C_Y}}$$

η_v - корреляционное отношение, характеризующее тесноту связи результативного признака с факториальным.

η^2_v - индекс детерминации, показывающий долю его варьирования под воздействием изучаемых факторов.

Преимущества дисперсионного анализа перед методом парных сравнений по критерию Стьюдента

1. Вместо индивидуальных ошибок, средних по каждому варианту в дисперсионном анализе используется обобщённая ошибка средних, которая опирается на большее число наблюдений, следовательно, является более надёжной базой для оценок;

2. методом дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов;

3. дисперсионный анализ позволяет компактно в виде существенности разностей представить итоги статистической обработки.

Требования к опыту, данные которого подлежат обработке методом дисперсионного анализа

1. Опыт должен быть проведен методом рендомизации. В этом случае дисперсионный анализ даёт правильную, несмещённую оценку ошибки эксперимента. Если опыт не рендомизирован, то можно получить смещённую оценку и ошибку опыта, и используемые в дисперсионном анализе критерии значимости теряют свою законную силу. Следовательно, они не могут использоваться в качестве аргументов строго статистического доказательства эффектов вариантов.

2. Простые вегетационные и полевые опыты должны быть проведены минимум в двух повторностях. Правда, в этом случае, особенно в полевых опытах, получаются большие ошибки и статистически не доказываются даже значительные эффекты вариантов. Поэтому однофакторные опыты следует проводить в 4–6- кратной повторности.

Многофакторный дисперсионный анализ в принципе возможен для факториальных опытов, заложенных без повторностей. Но это крайне нежелательно, так как:

- теряется ценная информация о парных взаимодействиях (2-х факторный опыт), увеличиваются ошибки, а $НСР_{05}$ возрастает настолько, что статистически не доказываются даже очень значительные разности по вариантам;
- случайное выпадение из учёта хотя бы одной делянки лишает экспериментатора возможности статистически обработать полученные данные.

Критерий F указывает лишь на наличие существенных различий между вариантами, но не даёт ответа, между какими именно вариантами имеются эти различия. Поэтому, если $F_{фактич} > F_{теоретич}$, H_0 отвергается, следовательно, имеются варианты, существенно отличающиеся от других. Остаётся определить, к каким именно вариантам относятся существенные разности.

Если же $F_{фактич} < F_{теоретич}$ H_0 – не отвергается, следовательно, все разности между любыми парами находятся в пределах ошибки опыта, и оценку частных различий не проводят.

Алгоритм дисперсионного анализа

$$F_{факт} = \frac{S_V^2}{S_Z^2}$$

$F_{факт} < F_{теор}$ → $H_0 : d = 0$ (Нулевая гипотеза не отвергается. Действие изучаемого фактора (факторов) существенно)

Между вариантами нет существенных различий)

$F_{факт} \geq F_{теор}$ → $H_0 : d \neq 0$ (Нулевая гипотеза отвергается. Действие изучаемого фактора (факторов) несущественно.

The end

Установить, между какими именно вариантами разница существенна

НСР = tS_d

d < НСР

Разница между вариантами $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ несущественна

d ≥ НСР

Разница между вариантами $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ существенна

Оценку существенности разности между средними проводят несколькими методами:

1. *оценка значимости разности между средними по наименьшей существенной разности (НСР).*

Критерий $НСР_{05}$ указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. НСР = t S_d.

Если фактическая разность d≥НСР, то она существенна, значима, а если d<НСР несущественна, незначима.

Если в опыте l вариантов, то можно определить $\frac{l(l-1)}{2}$ разностей между средними, среди которых могут быть существенные и несущественные разности.

Вычисление НСР

1. определяют обобщённую ошибку средней: $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$

2. определяют ошибку разности средних: $S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}}$

Обычно проводят парные сравнения со стандартом. Но, если в опыте нет контрольного варианта, то средние урожаи опытных вариантов сравнивают со средним урожаем в опыте. В этом случае

$$S_d = \sqrt{S^2 \frac{(l-1)}{l \times n}} = s_{\bar{x}} \sqrt{\frac{l-1}{l}}$$

При сравнении вариантов, имеющих различную повторность в опыте:

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

где S^2 – остаточный средний квадрат;

$n_1 n_2$ – число повторностей в сравниваемых группах.

При $n_1 = n_2$, формула имеет вид:

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

При 95% $НСР_{05} = t_{05} S_d$ $\qquad$ $НСР_{05}\% = \frac{t_{05} S_d}{\bar{x}} 100$

При 99% $НСР_{05} = t_{01} S_d$ $\qquad$ $НСР_{01}\% = \frac{t_{01} S_d}{\bar{x}} 100$

Значения критерия t берут из таблицы. Индексы t_{05} и t_{01} означают уровень значимости.

2. Оценка значимости разностей между средними

$3S_{\bar{x}}$ принимается за критерий существенности. Если $d \geq 3S_{\bar{x}}$ (d - фактические разности), то они существенны на 5% уровне, если $d < 3S_{\bar{x}}$ - несущественны.

Этот метод целесообразно применять в опытах с большим количеством вариантов с 4-6-кратной повторностью, например в сортоиспытании.

Если в опыте 2 – 6 вариантов с 3 – 4 кратной повторностью, эта оценка даёт преувеличенное число существенных разностей.

При сортоиспытании сельскохозяйственных культур на основе $НСР_{05}$ все сорта делят на 3 группы:

1 группа – отклонение средних урожаев от стандарта с положительным знаком больше $НСР_{05}$;

2 группа – отклонение с положительным или отрицательным знаком не выходит за пределы $НСР_{05}$

3 группа – отклонения с отрицательным знаком больше по абсолютной величине $НСР_{05}$.

3.2. Алгоритм дисперсионного анализа однофакторного и многофакторного опытов

Структура статистического комплекса и его последующий анализ определяются схемой и методикой опыта.

Однофакторный опыт

1.Однофакторный вегетационный опыт

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок, например, l – вариантов в вегетационном опыте, то общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов C_y, расчленяется на два компонента: варьирование между вариантами C_v и внутри выборок C_z. Модель дисперсионного анализа будет иметь следующий вид:

$$\mathbf{C_y = C_v + C_z}$$

Вариация между вариантами представляет ту часть общей дисперсии, которая обусловлена действием изучаемых факторов, а дисперсия внутри выборок характеризует случайное варьирование изучаемого признака, то есть ошибку эксперимента.

Общее число степеней свободы N-1 так же расчленяется на 2 части: степени свободы для вариантов l-1 и для случайного варьирования N-l:

$N-1 = (l-1)(N-l)$

2. Однофакторный полевой опыт

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, когда варианты связаны каким – то общим контролирующим условием, например, наличием n организо-

ванных повторений в полевом опыте, общая сумма квадратов разлагается на 3 части: варьирование повторений C_P, вариантов C_V и случайное C_z. Общая изменчивость и общее число повторений может быть записано в виде:

$C_y = C_V + C_P + C_z$ - модель дисперсионного анализа полевого опыта

N-1 = (n-1)+(l-1)+(n -1)(l-1)

Многофакторный опыт

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

Эффект взаимодействия составляет ту часть общего варьирования, которая вызвана различным действием одного фактора при разных градациях другого. Специфическое действие в ПФЭ (полный факториальный эксперимент) выявляется тогда, когда при одной градации одного фактора, второй действует слабо или угнетающе, а при другой градации он проявляется сильно и стимулирует развитие результативного признака.

В полевом эксперименте обычно эффект от совместного применения факторов больше (синергизм) или меньше (антагонизм) суммы эффектов от раздельного применения каждого из них. Следовательно, существует взаимодействие факторов: в 1-м случае положительное, во втором - отрицательное. Когда факторы не взаимодействуют, прибавка от совместного применения их равна сумме прибавок от раздельного взаимодействия (аддитивизм).

Дисперсионный анализ данных многофакторного опыта проводят в два этапа:

1. Этап – разложение общей вариации результативного признака на варьирование вариантов и остаточное: $C_y = C_V + C_z$ (несопряженные выборки) или $C_y = C_V + C_P + C_z$ (сопряженные выборки).

2. Этап - Сумма квадратов отклонения для вариантов разлагается на компоненты, соответствующие источникам варьирования – главные эффекты изучаемых факторов и их взаимодействия.

В двухфакторном опыте $C_V = C_A + C_B + C_{AB}$;

В трехфакторном опыте - $C_V = C_A + C_B + C_C + C_{AB} + C_{AC} + C_{BC} + C_{ABC}$

Модель дисперсионного анализа двухфакторного опыта:

1. $C_y = C_V + C_P + C_z$
2. $C_V = C_A + C_B + C_{AB}$

Преобразования дат и дисперсионный анализ данных учетов и наблюдений.

Большинство признаков, характеризующих растения и почву, имеют количественные показатели, которые подчиняются закону нормального распределения и их статистическую обработку проводят по схеме дисперсионного анализа с учётом структуры эксперимента.

Но некоторые показатели, например, количество вредителей, сорняков, оценка состояния посевов в баллах, дегустационная оценка качества продукции не подчиняются нормальному закону, и исходные данные необходимо преобразовать.

Если некоторые наблюдения дают нулевые или очень небольшие значения варьирующей переменной, то преобразовывают следующим образом:

$X_1 = \sqrt{1+X}$, в остальных случаях $X_1 = \sqrt{X}$.

Обработку преобразованных дат проводят методом дисперсионного анализа. После оценки существенности частных различий делают обратный переход к исходному показателю по соотношению $X_1=X^2_1$.

В тех случаях, когда наблюдаемую величину выражают в относительных числах (проценты, доли), исходные даты преобразуют через угол, синус которого является квадратным корнем из доли или %: X_1 = угол – арксинус $\sqrt{\%}$, используя при этом специальную таблицу.

ЛЕКЦИЯ 6
Корреляционно-регрессионный анализ в агрономических исследованиях

3.4. Понятие о корреляции

В живой природе те или иные проявления признаков организма являются следствием сложной взаимосвязи и взаимодействия между ними. Поэтому для биолога представляет интерес не только изучение характера распределения варьирования признаков урожайности, массы, длины и т.д., но и выявление связи, зависимости между двумя или несколькими признаками.

В живой природе весьма часто можно наблюдать, что изменчивость одного признака находится в некотором, иногда большом, соответствии с изменчивостью другого. Этому состоянию дано философское обоснование в законе о взаимосвязи и взаимной обусловленности между предметами и явлениями в живой природе и в философской категории о зависимости и детерминации между частью и целым

Взаимосвязь и зависимость между двумя переменными не всегда замечена и очевидна с первого взгляда. Поэтому интерес к изучению связей проявляется не только потому, что одна величина предопределяется другой, сколько потому, что здесь проявляется взаимосвязь между количественными показателями (величинами). Эту связь нужно изучить и установить даже в том случае, когда нет оснований говорить о наличии зависимости между переменными.

Между признаками существует две категории связей:

Функциональные и корреляционные или стохастические.

При функциональной зависимости изменение одного признака на определенную величину всегда изменяет и второй признак тоже на определенную величину, т.е. каждому значению первого признака всегда соответствует определенное значение второго признака. Эти связи изучаются в математических и физических обобщениях.

Например: зависимость скорости химической реакции от t^oC; длина окружности от радиуса и т.д.

В живой природе организм развивается под действием большого числа факторов, которые по-разному определяют развитие разных признаков. Эти связи называются корреляционными или стохастическими (вероятностными или статистическими).

При корреляционной связи каждому определенному значению первого признака соответствует не одно значение второго признака, а целое распределение этих признаков (значений).

Корреляционная связь проявляется не для отдельного наблюдения, а в среднем для всей совокупности наблюдений, так как эти связи проявляются в форме сопряженного варьирования двух или нескольких признаков. Отклонение от средних значений по изучаемым признакам идут в какой-то степени сопряженно, параллельно.

Корреляционная связь не является точной зависимостью одного признака от другого, поэтому она имеет разную степень проявления – от полной независимости до очень сильной (приближающейся к функциональной) связи.

3.5. Типы корреляции

Для биолога чрезвычайно важно определить форму, направление и силу корреляционных связей. По форме корреляционные связи могут быть прямолинейными и криволинейными, по направлению прямыми и обратными.

При линейной связи с возрастанием среднего значения одного признака увеличивается среднее значение другого, или с возрастанием среднего значения одного уменьшается среднее значение другого. В первом случае связь называется прямой. Во втором – обратной.

Способы изображения корреляционных связей.

Изобразить корреляционные связи можно тремя способами:

1) При помощи корреляционного ряда, состоящего из ряда пар значений, из которых одно значение относится к первому признаку, другое в этой паре относится ко второму признаку, связанному с первым.

2) При помощи корреляционной решетки, при которой каждой особи соответствует определенная клетка.

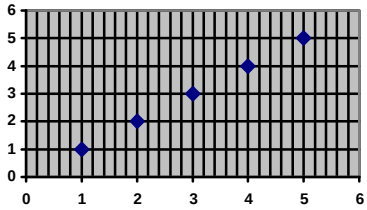
3) При помощи линии регрессии, абсциссы которой пропорциональны значения первого признака, а ординаты – значениям второго признака, корреляционно связанного с первым. Смотри рисунок для пяти степеней корреляционной связи.

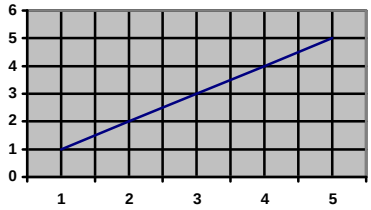
Прямая полная связь

X – 1 2 3 4 5

У – 1 2 3 4 5

r = ± 1



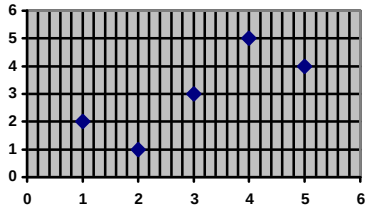


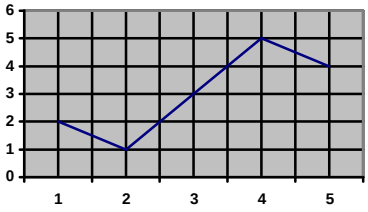
Прямая частичная связь

X – 1 2 3 4 5

У – 2 1 3 5 4

r = ± 0,8



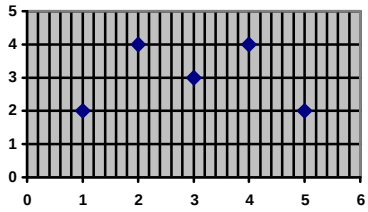


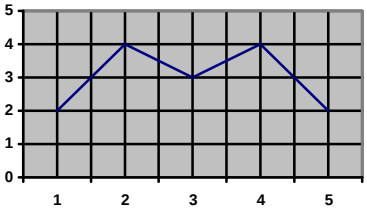
Связь отсутствует

X – 1 2 3 4 5

У – 2 4 3 4 2

r = 0



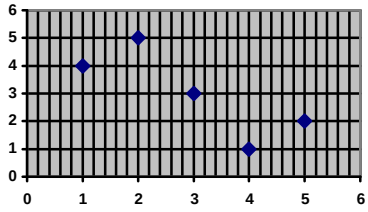


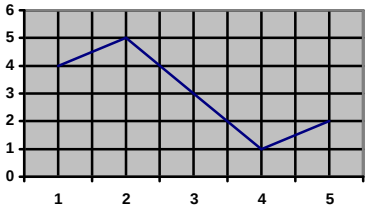
Отрицательная частичная связь

X – 1 2 3 4 5

У – 4 5 3 1 2

r = - 0,8



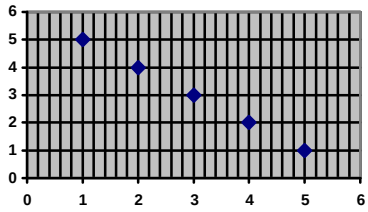


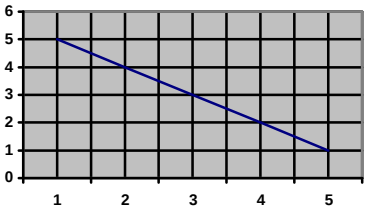
Обратная полная связь

X – 1 2 3 4 5

У – 5 4 3 2 1

r = - 1





По количеству изучаемых признаком корреляция бывает простой, если изучается связь между двумя признаками, и множественной, если изучается зависимость одного признака от нескольких.

Понятие корреляционных связей имеет большое значение, так как изучение взаимосвязей позволяет выявить главные факторы лимитирующие или стимулирующие развитие признака, что позволяет разработать способы научного управления ростом и развитием живых организмов. Велика роль корреляции для установления различного ряда научных прогнозов и программирования научной работы.

3.6. Требования и ограничения корреляционного анализа

В агрономических и селекционно-генетических исследованиях для изучения связи между двумя параметрами используют **корреляционный анализ**.

Обычно исследователь встречается с тремя ситуациями:

1) между величинами X и Y связь отсутствует;

2) между величинами X и Y существует функциональная связь (когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины);

3) между величинами X и Y существует стохастическая (вероятностная, корреляционная) связь (когда каждому значению одной величины соответствует множество возможных значений другой величины).

Корреляционный анализ применяют только для изучения стохастических связей. Два признака могут быть скоррелированы в большей или меньшей степени. Численной мерой корреляции при линейной связи является коэффициент корреляции (r), а при нелинейной связи коэффициент корреляции использовать запрещено. Вместо него используют корреляционное отношение (η), которое можно применять и для оценки линейной связи.

При постановке экспериментов исследователь должен знать величины выборок для последующего проведения корреляционного анализа. Для доказательства значимости слабых связей необходим размер выборки в 40-100, средних связей – 12-40 и сильных связей – 6-12 пар наблюдений.

Исследователь должен знать, что при малых выборках и значениях r, близких к единице, распределение выборочных коэффициентов корреляции отличается от нормального. Поэтому для оценки существенности (значимости) коэффициента корреляции, построения доверительных интервалов относительно корреляции в генеральной совокупности и сравнения коэффициентов корреляции критерий Стьюдента (t) становится ненадежным. Для этих ситуаций Р. Фишер предложил преобразовать r в величину z, которая априори распределена нормально. Для перехода от r к z и обратно используют специальную таблицу. Стандартную ошибку величины z определяют по формуле:

$s_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}$, где n – объем выборки.

Критерий существенности величины z определяют по формуле:

$t_z = \frac{z}{s_z}$.

Критерий значимости для разности z_1-z_2 и доверительные интервалы определяют по формулам:

$$t_{z1-z2} = \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{{s_{z1}}^2 + {s_{z2}}^2}},$$

$z \pm t\, s_z$.

После определения доверительных границ обратным преобразованием по специальной таблице находят соответствующие z_{max} и z_{min} величины r_{max} и r_{min}.

Исследователь также должен знать, что фактический коэффициент корреляции используется для описания линейной зависимости при условии двумерного нормального распределения изучаемых признаков и характеризует взаимосвязь признаков только в данной изучаемой совокупности.

Тест на линейность

Для определения степени линейности зависимости между изучаемыми признаками используют F-критерий, вычисляемый по формуле:

$$F = \frac{(\eta^2 - r^2) \times (n-k)}{(1-\eta^2) \times (k_x - 2)}, \text{ где}$$

η^2 –квадрат корреляционного отношения Y по X;

r^2 – квадрат коэффициента линейной корреляции;

n – объем выборки;

k_x – число групп по ряду X.

Связь можно практически принять за линейную (прямолинейную), если $F_{факт.} < F_{теор.}$. Корреляция считается нелинейной (криволинейной), если $F_{факт.} \geq F_{теор.}$. Теоретические значения F-критерия берут из стандартной таблицы при $v_1 = k_x - 2$ и $v_2 = n - 2$ степеней свободы.

Методы вычисления коэффициента корреляции, его ошибки и доверительных границ

Криволинейная и множественная корреляция

При криволинейной зависимости степень между признаками опредеелдяется по корреляционному отношению. Оно представляет собой отношение η (эта) дисперсии групповых средних к общей дисперсии. Корреляционное отношение означает: какую часть общей дисперсии составляет дисперсия частных средних результативного признака

$$\eta_{y/x} = \frac{\sigma \bar{y}_i}{\sigma \bar{y}}, \text{ где}$$

$\sigma \bar{y}_i$ - среднее квадратическое отклонение групповых средних;

$\sigma \bar{y}$ - среднее квадратическое отклонение признака $\bar{y}$.

Такой же вид будет иметь формула:

$$\eta_{x/y} = \frac{G\bar{x}_i}{G\bar{x}}, \text{ где}$$

Корреляционное отношение при малом числе наблюдений вычисляют по формуле:

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum \left(Y - \bar{y}\right)^2 - \sum \left(Y - \bar{y}_x\right)^2}{\sum \left(y - \bar{y}\right)^2}}, \text{ где}$$

$\sum\left(y-\bar{y}\right)^2$ - сумма квадратов отклонений индивидуальных значений У от общей средней арифметической $\bar{y}$, для общего варьирования;

$\sum\left(Y-\bar{y}_x\right)^2$ - сумма квадратов отклонений вариант от частных средних $\bar{y}_x$, соответствующих определенным фиксированным значениям независимой переменной Х, для группового варьирования.

Для вычисления корреляционного отношения, значения независимого признака Х располагают по ранжиру в возрастающем порядке и разбивают весь ряд наблюдений на 4-7 групп так, чтобы в каждой группе по ряду Х было не менее 2-ух наблюдений затем определяют общую среднюю $\bar{y}$, групповую среднюю $\bar{y}_x$ по каждой фиксированной группе Х и суммы квадратов отклонений для общего $\sum\left(y-\bar{y}\right)^2$ и группированного $\sum\left(Y-\bar{y}_x\right)^2$ варьирования признака У.

При большом объеме наблюдений (n > 30) обработка материала для вычисления корреляционного отношения проводится по корреляционной таблице.

После группировки и разноски дат определяют сумму квадратов отклонений □оре□пового варьирования $\sum f\left(\bar{y}_x-\bar{y}\right)^2$, сумму квадратов отклонений общего варьирования $\sum f\left(y-\bar{y}\right)^2$ и вычисляют корреляционное отношение по формуле:

$$\eta_{yx}=\sqrt{\frac{\sum f\left(\bar{y}_x-\bar{y}\right)^2}{\sum f\left(y-\bar{y}\right)^2}}$$, где

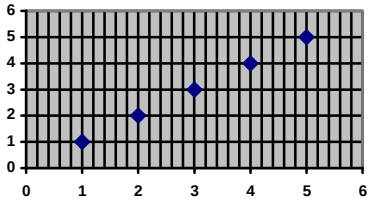
сумма квадратов отклонений групповых средних $\bar{y}_x$ от общей средней $\bar{y}$ (групповое варьирование) характеризует ту часть варьирования признака У, которая связана с изменчивостью признака Х. сумма квадратов разностей между каждой датой и общей средней $\bar{y}$, т.е. $\sum f\left(y-\bar{y}\right)^2$, характеризует общее варьирование признака У.

Корреляционное отношение всегда положительная величина, которая изменяется от 0 до 1. В случае прямолинейной связи коэффициент корреляции и корреляционное отношение равны между собой. Если связь криволинейная, $\eta > r$.

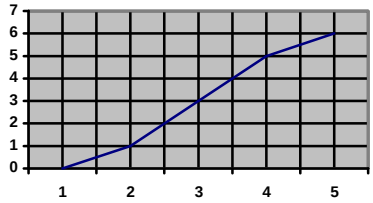
Корреляционное отношение измеряет степень криволинейных и прямолинейных связей.

Криволинейная – это такая связь, при которой равномерным изменениям первого признака соответствует неравномерное изменение второго признака, причем эта неравномерность имеет закономерный характер. На графиках криволинейной связи получают изогнутые линии. Характер изогнутости зависит от природы коррелируемых признаков.

Прямолинейная связь



Криволинейная связь



В отличие от коэффициента корреляции, который дает одинаковую силу связи признаков (первого со вторым и второго с первым) корреляционное отношение второго признака по первому обычно не бывает равно корреляционному отношению первого признака по второму:

$\eta_{2.1} \neq \eta_{1.2}$

Ошибка репрезентативности вычисляется по формуле S_η

$$S_\eta = \sqrt{\frac{1-\eta^2}{n-2}}$$

Критерий существенности корреляционного отношения определяют по формуле:

$$t_\eta = \frac{\eta}{S_\eta}$$

Но эта формула не учитывает число классов корреляционной решетки, поэтому Н.А. Плохинский предложил следующую формулу:

$$S_\eta{}^2 = \left(1-\eta\right)^2 \times \frac{q-1}{N-q}$$, где

$S_\eta{}^2$ - ошибка квадратов корреляционного отношения;

q – число классов первого признака

N – объем корреляционной решетки.

Критерий существенности корреляционного отношения определяют:

$$F = \frac{\eta^2}{S_\eta{}^2} \geq F_{st}$$, где

F – критерий достоверности (в точности равен критерию Фишера)

η^2 – квадрат корреляционного отношения

Ошибка репрезентативности

$$S_\eta{}^2 = \left(1-\eta^2\right) \times \frac{q-1}{N-q}$$,

где $\nu_1 = q - 1$ – число классов первого признака без одного;

$\nu_2 = N - q$ – второе число степеней свободы;

ν – число степеней свободы.

Доверительный интервал для генеральной средней определяют по формуле:

$\bar{\eta}^2 = \eta^2 \pm \Delta$, где $\Delta = F_{st} \times S_\eta \eta^2$

$\Delta = F_{st} \times S\eta 2$ – погрешность возможная при оценке генерального значения ореляционного отношения, тогда

$\bar{\eta}^2 = \eta^2 \pm F_{st} \times S\eta^2$

Критерий криволинейности (или разность η–r) определяют по формуле:

$$t = \frac{\eta^2 - r^2}{S_{\eta - r}}$$, где

числитель – разность квадратов;

знаменатель – ошибка разности.

Если $t_ф \geq t_{St}$ при n – 2, связь достоверна, или существенно криволинейна.

Для определения степени приближения криволинейной зависимости к прямолинейной используют следующую формулу:

$F = \frac{(\eta^2 - r^2) \times (n - к_x)}{(1 - \eta^2) \times (K_x - 2)}$, где

η^2 – квадрат корреляционного отношения;

r^2 – квадрат У по Х коэффициент линейной корреляции;

n – объем выборки:

k_x – число групп по ряду Х.

Связь линейная, если $F_ф < F_т$, и корреляция нелинейная, если $F_ф > F_т$.

$F_т$ берут из таблицы 2 приложений $\nu_1 = k_x - 2$; $\nu_2 = n - 2$.

Частная и множественная корреляция

В биологических явлениях обнаруживается действие многих факторов, связи между которыми носят статистический характер.

Под множественной корреляцией обычно понимают зависимость изменения величины у от одновременного изменения величин х, z и т.д. или если на величину результативного признака одновременно влияют несколько других признаков.

При анализе множественной корреляции вычисляют частные коэффициенты □ореляции.

Частный коэффициент корреляции – это показатель, который изменяет степень сопряженности двух признаков при постоянном значении третьего.

Зная парные коэффициенты корреляции r_{xy}; r_{xz}; r_{yz} находим частные коэффициенты корреляции:

$$r_{xy*z} = \frac{r_{xy} - r_{xz} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2) \times (1 - r_{yz}^2)}};$$

$$r_{xz*y} = \frac{r_{xz} - r_{xy} \cdot r_{zy}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2) \times (1 - r_{zy}^2)}};$$

$$r_{yz*x} = \frac{r_{yz} - r_{xy} \cdot r_{xz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2) \times (1 - r_{xz}^2)}};$$

можно вместо букв пользоваться численными обозначениями признаков – 1, 2, 3 и т.д.

В индексах буквы перед точкой показывают, между какими признаками изучается зависимость, а буква после точки – влияние какого признака исключается.

Ошибку и критерий значимости частной корреляции определяют по тем же формулам, что и парной корреляции:

$$Sr_{xy*z} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy*z}^2}{n - 2}}; \qquad t_ф = \frac{r_{xy*z}}{S_{r_{xy*z}}}$$

t_{05} - берут из таблицы 1 приложения для принятого уровня значимости и n – 3 степеней свободы.

Общий множественный коэффициент корреляции обычно не вычисляют, но он имеет практическое значение.

Множественный коэффициент корреляции трех переменных – это показатель линейной тесноты связи между одним из признаков (буква перед точкой) и совокупностью двух других признаков (буквы после точки).

$$R_{x*yz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2r_{xy} \times r_{xz} \times r_{yz}}{1 - r_{yz}^2}}$$

$$R_{y*xz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy} \times r_{xz} \times r_{yz}}{1 - r_{xz}^2}}$$

$$R_{z*xy} = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy} \times r_{xz} \times r_{yz}}{1 - r_{xy}^2}}$$

Множественные коэффициенты корреляции легко вычислить, если известны парные коэффициенты корреляции r_{xy}, r_{xz} и r_{yz}..

Коэффициент R не может быть отрицательным, он изменяется от 0 до 1.

Следует отметить, что каждый из парных коэффициентов не может превышать по абсолютной величине R_{y*xz}.

Квадрат коэффициента множественной корреляции R^2 называют коэффициентом множественной детерминации.

Он показывает долю вариации зависимой переменной под воздействием изучаемых факторов.

Значимость множественной корреляции оценивают по F –критерию:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \times \left(\frac{n-k}{k-1} \right), \text{ где}$$

n - объем выборки;

k – число признаков.

$F_{теор}$ – берут из таблицы 2 приложений для $\nu_1 = k–1$; $\nu_2 = n–k$.

Нулевая гипотеза о равенстве множественного коэффициента корреляции в совокупности нулю принимается H_0:R = 0, если $F_ф < F_{теор.}$ И отвергается, если $F_ф \geq F_{теор}$.

Регрессия. Понятие о регрессии. Эмпирические ряды регрессии, общие методы их выравнивания

Регрессия – это численное продолжение корреляции в именованных единицах.

Корреляция и регрессия практически одно и то же, только степень выражения их различная.

Регрессия отвечает на вопрос: на сколько возрастает функция в зависимости от аргумента. Она позволяет программировать корреляцию. Например: можно программировать величину урожайности по структуре урожайности.

Регрессией называется изменение функции (зависимой переменной У) при определенных изменениях одного или нескольких аргументов Х или (независимой переменной).

У = f(x), т.е. признак У есть функция признака Х.

Регрессия может быть простой y = f(x) и множественной $y = f(x_1, x_2, x_i)$.

Регрессия, как и корреляция, бывает прямолинейной и криволинейной. Для изображения регрессии используется ряд регрессии (эмпирический и теоретический), коэффициент регрессии и уравнение регрессии.

Ряд регрессии – это двойной ряд цифр, включающий значения аргумента и соответствующие средние значения функции, полученные в опыте.

Аргумент откладывается по оси абсцисс по мере его возрастания, а функция по оси ординат. Так получают эмпирическую линию регрессии. Течение эмпирической линии бывает плавным, т.е. на графике мы получаем ломаную линию. Это происходит из-за неравномерности общих условий развития, например, прирост и возраст растений.

По ломаной линии можно судить, на каких участках функция развивалась в лучших условиях, а на каких – в худших условиях.

Однако важно выяснить такие течения функции, которые соответствуют усредненному, следовательно, одинаковому напряжению всего комплекса условий, определяющих развитие функции.

Нахождение усредненного выровненного течения функции подобно определению средней арифметической.

Средняя арифметическая получается путем сглаживания индивидуальных значений усредненного признака. Кроме этого средняя арифметическая наиболее близко подходит по всем индивидуальным значениям, т.е. $x - \bar{x} = \min$. Сумма квадратов отклонений от неё меньшая.

Однако между усредненными значениями функции и средней арифметической имеются большие различия. Средняя арифметическая усредняет индивидуальные значения в статике, а выравнивание функции усредняет различия условий в динамике.

Средняя арифметическая всегда имеет дело с одной переменной величиной (от особи к особи), а выровненное течение функции всегда имеет дело с двумя или несколькими переменными величинами, одна из которых (функция) зависит от других (аргументов).

Процесс усреднения функции под выравниванием эмпирических рядов. В результате выравнивания получается плавная эмпирическая линия регрессии, отражающая основные закономерности зависимости функции от аргумента.

Выравнивание эмпирических рядов производится графически и аналитически (эмпирически).

При аналитическом способе сначала составляют уравнение регрессии, и первоначально раскрывается форма зависимости функции от аргумента. Подставляя в уравнение последовательно значения аргумента, определяют теоретический ряд регрессии значений функции.

Нанося эти значения на график, получают теоретическую линию регрессии.

При прямолинейной корреляции зависимость функции от аргумента может быть выражена одним числом – коэффициентом регрессии.

Вскрывая усредненные значения функции, исследователь вскрывает ту закономерность явлений, которая в эмпирическом ряду скрыта случайностью своего проявления.

Для составления эмпирического ряда первичный материал делится на столько групп, сколько установлено градацией аргумента.

По каждой группе подсчитывается сумма $\sum x$ и число особей n_i.

Средняя получается путем деления первого на второе:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum x}{n_i}.$$

Для корреляционной решётки: f

$$\bar{x}_i = \frac{\sum f\omega}{n_i}, \text{ где}$$

ω – середина классов решетки

n_i – сумма частот по i-тому столбцу.

Графический способ

Это приближенный способ выражения. Наиболее применим для прямолинейной регрессии.

Линия линейной регрессии проводится между крайними выступами ломаной эмпирической линии так, чтобы сумма расстояний теоретической прямой от эмпирической линии была бы наименьшей.

Можно графически выравнивать значения функции при криволинейной регрессии.

Можно графически выравнивать на основе индивидуальных значений без расчета средних значений эмпирического ряда при помощи точечного графика.

Способ скользящей средней

Способ скользящей средней можно использовать, если форма связи функции неизвестна.

Для каждого значения аргумента определяется простая скользящая средняя из нескольких (соседних значений) функции.

Если скользящая средняя берется по трем значениям аргумента, то складываются значения функции для меньшего значения аргумента для данного и для большего.

Частное от деления на 3 дает выровненное значение функции для данной величины аргумента У.

У - эмпирический ряд данных	1 18	1 52	1 40	1 59	1 49	1 54	1 54	1 47	1 53	И т.д.	
Выровненный ряд	-	1 37	1 50	1 49	и т.д.						

$$У_Э = \frac{118+152+140}{3}=137$$

$$У_З = \frac{152+140+159}{3}=150$$

$$У_У = \frac{140+159+149}{3}=149 \text{ и т.д.}$$

Выровненное значение функции наносят на график и точки соединяют.

Если не нужно особой точности и ряд достаточно длинный, то можно пренебречь потерей двух крайних значений функции.

Недостаток: теряем крайние значения функции этого метода (левый и правый)

Более точное и не связанное с потерей крайних значений получают при использовании взвешенной скользящей средней.

При этом способе с обоих концов ряда добавляются по два значения – по два члена ряда.

Определяются они так:

Первое (от конца) значение ряда ($У_1$) умножают на 2, к полученному произведению прибавляют второе значение, третье ($у_3$ опускается), а из суммы вычитается четвертое ($у_4$) значение, а сумма делится на 2.

$$У + 1 = \frac{2 \times У_1 + У_2 - У_4}{2};$$

Второе добавочное значение вычисляют так:

$У + 2 = \frac{2 \times У + 1 + У_1 - У_3}{2}$;

Регрессия изображается графически. По оси абсцисс откладывается аргумент, а по оси ординат – функция.

Эмпирическая линия регрессии обычно имеет вид ломаной. Для превращения её в прямую линию её усредняют и выравнивают.

Первый способ выравнивания графический, когда проводится сглаженная линия через наибольшее сгущение точек.

Второй способ – аналитический, с помощью уравнения регрессии.

Прямолинейная регрессия может быть выражена одним числом – коэффициент регрессии.

Коэффициент регрессии показывает, в каком направлении и на сколько изменяется функция при увеличении аргумента на одну единицу измерения.

Коэффициент регрессии вычисляют по формуле: n

$b_{yx} = r \times \frac{S_y}{S_x}$, или $b_{xy} = r \times \frac{S_y}{S_x}$, или

Стандартное отклонение $S_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}}$

$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$

Тогда

$b_{yx} = r \times \sqrt{\frac{\sum [y - \bar{y}]^2}{\sum (x - \bar{x})^2}}$;

$b_{xy} = r \times \sqrt{\frac{\sum [x - \bar{x}]^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}$.

Коэффициент регрессии прямо пропорционален коэффициенту корреляции. Однако они равны при условии если отношение сигма $\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 1$, т.е когда сигма обоих рядов одинакова. Тогда коэффициент регрессии вычисляют по формуле:

$b_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}$;

$b_{xy} = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sum (Y - \bar{y})^2}$.

Коэффициент регрессии имеет знак коэффициента корреляции.

Произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициента корреляции: $b_{yx} \times b_{xy} = r^2$.

Далее составляем уравнение регрессии У = ах + в, то есть У по Х

$У = \bar{y} + b_{yx} \times (X - \bar{x})$, где

У – теоретическое значение признака У (групповая средняя);

$\bar{y}$ - средняя арифметическая признака y;

$\bar{x}$ - средняя арифметическая признака x;

b – коэффициент регрессии.

Аналогично можно определить X по У

$X = \bar{x} + b_{xy} \times (Y - y)$

По этой формуле можно рассчитать теоретический ряд линейной регрессии и при графическом изображении можно получить выровненную линию регрессии.

Однако здесь имеет место ошибка, т.е. отклонение выборочной регрессии от истинного значения. Поэтому оценка отклонений от регрессии определяется по формуле:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 2}}; \qquad S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 2}};$$

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формуле:

$$S_{byx} = S_r \times \sqrt{\frac{\sum [Y - \bar{y}]^2}{\sum (X - \bar{x})^2}};$$

$$S_{bxy} = S_r \times \sqrt{\frac{\sum [X - \bar{x}]^2}{\sum (Y - \bar{y})^2}}.$$

Критерий существенности коэффициента регрессии определяют по формуле:

$t_b = \frac{b}{S_b}$, где

b – коэффициент линейной регрессии;

S_b – ошибка коэффициента регрессии.

Если определен критерий существенности для коэффициента корреляции, то он может быть использован и для оценки значимости коэффициента регрессии, так как

$t_b = t_r$

$$t_b = \frac{b}{S_b}; \qquad t_r = \frac{b}{S_r}.$$

Существенность коэффициента регрессии оценивается по таблице 1 приложений; число степеней свободы принимают равным n – 2.

Корреляционный и регрессионный анализ является центральным пунктом математической статистики. Они позволяют глубже изучить сущность и взаимосвязь предметов и явлений в живой природе. Такой анализ необходим для выявления главных факторов и их оптимального сочетания для роста и развития растений, для прогноза различных явлений в живой природе.

Контрольные вопросы.

1. Понятие о функциональной связи и корреляционной зависимости.
2. Типы корреляции и регрессии.
3. Что показывает знак коэффициента корреляции и его абсолютное значение?
4. Понятие о криволинейной и множественной корреляции.
5. Понятие о регрессии. Уравнение регрессии и коэффициент регрессии.
1. В чем заключается сущность дисперсионного анализа?

2. Составьте модели дисперсионного анализа данных вегетационного, полевого однофакторного и многофакторного опытов.

3. Использование наименьшей существенной разности (НСР) для оценки существенности разности между вариантами.

4. Преобразование дат при обработке наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.

3. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

Дополнительная

1. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 2. Биометрия. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина - Саратов, 2009. – 70 с.

2. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.

3. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

Лекция 8

Полевые работы на опытном участке

1. Требования к способам уборки и методы учета урожайности (сплошной, по пробным снопам и т.д.)

Ошибки, допущенные при уборке и учёте урожайности, обесценивают весь опыт.

Уборку урожая с учётных делянок проводят после удаления урожая с защитных полос и выключек.

Способы и сроки уборки урожая должны отвечать общим требованиям к полевым работам на опытах, т.е. должны выполняться одновременно и качественно. Для выполнения этого требования необходимо, чтобы техника и методика уборки не вносили различий в сравниваемые объекты. Уборку следует проводить в один день и одним и тем же способом.

Если по каким–либо причинам (например, при неблагоприятных погодных условиях), не удается убрать урожай в один день, то обязательно убирают целое число повторений. Если в опыте изучаются приёмы, влияющие на сроки созревания (испытание сортов, сроков сева, удобрений и т.п.), то уборку проводят по мере созревания культур, но обязательно одним и тем же способом.

Существует два метода учёта урожая, применяемых в исследовательской работе:

1. сплошной метод учёта урожая;
2. по пробным снопам.

Для получения достоверных результатов необходимо использовать только сплошной метод, при котором весь урожай с учётной части каждой делянки убирают и взвешивают на весах.

Метод учёта по пробным снопам (площадкам) приводит к погрешности и субъективности. Учёт урожая методом пробных площадок проводят в том случае, когда он может быть единственно возможным. Он допускается только на больших делянках, число рекомендуемых площадок при этом составляет от 30 до 100 в зависимости от площади делянки. Отобранный урожай должен составлять не менее 2% массы урожая учётной делянки.

Результаты анализа урожая по пробным снопам переводят на урожай с делянки.

Пробный сноп является выборкой и, следовательно, характеризует урожай с делянки лишь приблизительно. С увеличением числа проб ошибка уменьшается.

Понятия о выключках и объективные основания для их выделения и браковки.

Перед началом уборки урожая опытный участок тщательно осматривают, каждую делянку выделяют колышками и при необходимости делают выключки.

Выключка – часть учётной делянки, исключённая из учёта вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы.

Целые делянки выбраковываются лишь в исключительных случаях, когда есть данные, свидетельствующие о повреждении растений, об ошибке в работе и т.д.

Выключки целых делянок проводят в следующих случаях:

1. повреждения, вызванные стихийными явлениями природы, неравномерно повредившие опытную культуру, при условии, что неравномерность повреждения не является следствием изучаемых в опыте причин;
2. случайные повреждения в результате потравы скотом, птицей, грызунами и т.д.;
3. ошибки при закладке и повреждении опыта.

Уменьшение площади учётной делянки из-за выключек допускается не более чем на 50%. Если площадь учётной делянки уменьшается более чем на 50%, то делянку выбраковывают полностью. Выключки и браковка крайне нежелательны, т.к. они снижают точность опыта. Если же одна - две делянки выпадают из опыта, то для приведения опыта к сравнимому виду результаты должны быть восстановлены статистическим методом.

Основанием для выключек могут быть только объективные внешние причины. Нельзя выбраковывать делянку только потому, что она кажется экспериментатору малоурожайной, а он ожидал более высоких результатов.

Поправка на изреженность посевов.

Поправки на изреженность посевов допускаются лишь в том случае, если выпадение растений не связано с изучаемым фактором и оно не превышает 20%. Если изреженность растений превышает 20%, то выбраковывается вся делянка.

При выпадении единичных растений задолго до уборки урожая продуктивность растений, рядом с которыми погибли растения, увеличивается в среднем на 20-50%. Поэтому для повышения точности сравнения вариантов учетную площадь делянки уменьшают по формуле:

$S = (P – H) \times П$,

где S – площадь делянки после уменьшения;

P – расчетное число растений на делянке;

H – число недостающих растений;

П – площадь питания одного растения.

При равномерном выпадении отдельных растений примерно половина пустой площади используется соседними растениями, в результате чего повышается их урожайность. Поэтому в расчет принимается половина выпавших растений:

$$У = \frac{ХР}{Р - \frac{1}{2}Н},$$

где У – уточненная урожайность;

Х – фактический урожай с делянки, кг/делянку;

Р – расчетное число растений на делянке, шт.;

Н – число недостающих растений.

При рассеянной, редко встречающейся изреженности на 1-2 делянках, поправку рассчитывают по формуле:

$$У = \frac{У_1(Г + Г_1)}{2Г},$$

где У – уточненная урожайность;

$У_1$ – фактическая урожайность, кг/делянку;

Г – фактическая густота стояния растений на делянке, шт./м^2;

$Г_1$ – средняя густота стояния растений по опыту (повторению).

Поправка при рассеянной изреженности допускается лишь в том случае, если при посеве использовали одну норму высева.

Точность полевых опытов с разной густотой стояния растений можно повысить с помощью ковариационного анализа, позволяющего элиминировать влияние изреженности.

Контрольные вопросы

1. Требования к полевым работам в опыте по защите растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

4. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.
6. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

Дополнительная

4. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 2. Биометрия. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина - Саратов, 2009. – 70 с.
5. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.
6. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

ЛЕКЦИЯ 9

Методы учета урожая

1. Особенности уборки и учета урожайности различных полевых культур.

Зерновые и зернобобовые культуры

Между уборкой двух делянок комбайн должен работать вхолостую в течение 3–4 минут. Этого времени достаточно для полного обмолота колосьев, загрузки зерна из бункера комбайна в мешки и этикетирования.

Если форма делянки неудобна для уборки комбайном, то урожай убирают вручную, а затем проводят обмолот комбайном. Урожай с каждой делянки взвешивают сразу в поле или после перевозки в этикетированных мешках. Урожай обязательно пересчитывают на 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту.

Для определения влажности и засорённости с каждой делянки сразу после взвешивания урожая отбирают пробу по 1 кг. Влажность зерна определяют путем высушивания навески в течение 40 мин. при 130^0С и выражают в процентах к сухой массе по формуле:

$$B_1 = \frac{Б}{Н} \times 100,$$

где B_1 – влажность зерна, %

Б – масса испарившейся воды, г

Н – сырая навеска, г

Урожай с делянки пересчитывают на гектар по формуле:

$$X = \frac{A \times 1000}{S},$$

где Х – урожай с гектара, ц/га

S – площадь делянки, $м^2$

А – поделяночный урожай, кг

Урожай зерна приводят к 14% влажности и 100% чистоте по формуле:

$$У = \frac{X(100 - B)(100 - C)}{(100 - B_1)100},$$

где У – товарная урожайность при 14% влажности и 100% чистоте, ц/га,

Х – урожайность без поправки на влажность и чистоту, ц/га

В – влажность зерна при взвешивании, %

B_1- стандартная влажность, 14%

С – засорённость зерна, %

При учёте урожая кукурузы на зерно с учётной площади делянки убирают все початки, делят их на 3 фракции: 1) с зерном полной спелости, 2) зерном восковой спелости, 3) с недозрелым зерном. Взвешивают каждую фракцию.

Затем с каждой делянки отбирают по 50 початков с зерном полной и восковой спелости, взвешивают их, обмолачивают и определяют выход зерна.

Влажность зерна определяют по пробе 300 г. Урожай зерна при 14% влажности рассчитывают на основе общей массы початков с зерном полной и восковой спелости на делянке. Выход зерна от урожая початков определяют по формуле:

$$У = \frac{ХП(100 - В)}{8600},$$

где У – урожай зерна при 14% влажности, ц/га

Х – урожай початков в полной и восковой спелости при уборке, ц/га

П – выход зерна от урожая початков, %

В – фактическая влажность зерна, %

8600 – коэффициент пересчёта урожая початков к урожаю зерна при 14 % влажности.

Пропашные культуры

Урожай учитывают сплошным методом, взвешивая его сразу в поле. Если *клубни и корни* сильно загрязнены, то для установления количества прилипшей грязи отбирают пробы по 10 – 15 кг. Отобранные клубни (корни) взвешивают до и после очистки от почвы.

Эти пробы используют затем для определения качества продукции. Например, для картофеля определяют долю мелких, средних и крупных клубней, содержание в них крахмала, пораженность болезнями, вкусовые достоинства; для корнеплодов – среднюю массу корня, содержание сухих веществ и сахара, процент больных и здоровых корней и т.п.

Урожай *подсолнечника* убирают комбайном или вручную. После обмолота корзинок семянки взвешивают и отбирают с каждой делянки в полиэтиленовые мешочки средние образцы семянок массой около 300 г для определения влажности и засорённости. Урожай семянок приводят к 12% влажности и 100% чистоте по формулам как для зерновых.

Первичная обработка опытных данных.

Обработка опытных данных сельскохозяйственных опытов включает следующие этапы:

1. агрономический анализ полученных данных;
2. первичную обработку материалов;
3. статистическую оценку результатов исследования.

1. Агрономический анализ заключается в сопоставлении фактической методики проведения опыта с методикой, требуемой условиями и характером исследования и включает критический обзор данных об урожае, сопоставление их с результатами полевых наблюдений, анализ методики проведения опыта.

Опыты с нарушением методики и техники, содержащие грубые ошибки, искажающие сущность изучаемых приёмов, не представляют ценности, их результаты нельзя использовать. Такие опыты бракуют.

После агрономической оценки переходят к первичной цифровой обработке, которая включает следующие этапы:

1. пересчёт урожаев с делянки на один гектар;
2. приведение урожая к стандартной влажности;
3. составление таблицы урожая, в которой производят определение сумм урожаев по вариантам, повторениям и общей суммы урожаев, расчёт средних по вариантам и опыту.

При составлении таблицы урожаев необходимо учитывать следующий принцип:

Если урожаи не более 100 ц/га, то их записывают в таблицу с точностью до 0,1, если урожаи выражаются сотнями центнеров – то с точностью до 1ц/га.

В случае выпадения из учёта делянок вычисляют наиболее вероятный урожай этих делянок, тем самым восстанавливая выпавшие данные.

Обычно в задачу полевого опыта входит сравнение продуктивности различных растений. Однако изучаемые растения могут быть несравнимыми по товарной продукции, например: зерно, клубнеплоды, волокно и т.д. В этом случае для сравнения вариантов их надо привести к сравнимому виду. Например, путём пересчёта товарной продукции урожая в стоимостное выражение, в кормовые, зерновые и др. единицы.

При округлении чисел, нужно сохранить столько значащих цифр, чтобы сомнительным был только один последний знак. Если варьируют десятки, то принимают точность 1, единицы – 0,1, десятые доли – 0,01 и т.д.

Во всех промежуточных расчётах число значащих цифр должно быть на порядок выше, чем их число в окончательном ответе.

Все статистические характеристики, вычисленные с точностью, превышающий на один порядок первоначальные даты, округляют до точности исходных измерений. При округлении необходимо соблюдение следующих правил:

1) если отбрасываемая при округлении цифра меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не изменяется, если отбрасываемая цифра больше 5, то последняя цифра увеличивается на единицу;

2) если перед округлением за значащей цифрой стоит 5, то последнюю значащую цифру увеличивают на единицу, если она нечётная (17,758→17,8) и оставляют без изменения, если она чётная или равна 0 (17,252→17,2; 17,052→17,0).

Результаты полевых опытов обязательно должны быть обработаны статистически. Статистические методы – это средство объяснения результатов исследований и планирования оптимальной схемы и структуры эксперимента. Но никакая точность статистической обработки ничего не даст, если исходные данные ненадёжны. Поэтому главная обязанность экспериментатора – получение достоверной исходной информации об изучаемом явлении.

Документация и отчетность по полевому опыту.

Вся документация по опыту подразделяется на первичную и основную.

а) К первичной документации относится дневник исследований (полевая книжка) и журнал опыта. К дополнительным первичным документам относятся рабочие тетради (для пересчётов массовых наблюдений); лабораторные журналы; ведомости учёта и т.п.

Дневник исследований – это книжка–тетрадь в жесткой обложке. Объём его должен быть таким, чтобы в нём поместились записи результатов всего опыта, если опыт краткосрочный, или всего вегетационного периода. В многолетних опытах заполняют несколько дневников, нумеруя их, указывая год исследований, даты начала и окончания ведения записей.

В дневнике в хронологической последовательности записывают:

- все результаты наблюдений, учётов и анализов в поле, лаборатории и т.д.;
- все работы по закладке и проведению опытов;
- обязательно фиксируют экстремальные атмосферные явления (ливень, ураган, заморозки и т.д.);
- случаи вспышек засорённости посевов сорняками;
- случаи вспышек пораженности растений болезнями и вредителями и т.д.

В случае необходимости в дневнике делают зарисовки и фотографии.

Журнал опыта заполняют на основе дневника исследований. В нём должна быть исходная информация об опыте и его методике:

1. рабочая гипотеза
2. тема и раздел исследований
3. год закладки и проведения опыта
4. где и когда утверждены методика постановки опыта и программа исследований.
5. схема и план опыта
6. на плане полевых опытов необходимо указать:

- размеры:
  - всего опыта;
  - повторений;
  - посевных и учётных делянок;
  - защитных полос между делянками и повторениями
- ориентацию опыта по сторонам света, направление склона, расположение вариантов по делянкам опыта.

7. история и характеристика почв участка:

- тип и подтип почв;
- мощность пахотного горизонта и других слоёв почвенного профиля;
- механический состав почвы;
- агрохимические свойства почвы;
- предшественник;
- система удобрений, применяемая на участке перед закладкой опыта и т.п.

8. данные о посевных качествах семян.

В журнале опыта излагают обобщённые и предварительно обработанные данные наблюдений и учётов, урожаи, результаты статистического анализа и другие сведения, необходимые для выводов и рекомендаций.

В журнале опыта необходимы следующие записи:

1. перечень всех работ по закладке опыта (от уборки предшественника до уборки урожая с указанием сроков, способов, техники и качества выполняемых работ);
2. результаты всех анализов, наблюдений и учётов в виде таблиц, графиков, рисунков, уравнений;
3. результаты учёта урожая:
   - по делянкам;
   - в пересчёте на 1 га;
   - приведенного к стандартной влажности и чистоте;
4. Результаты статистической обработки опытных данных;
5. Предварительные выводы и предложения

б) К основной документации относятся научные отчёты, рефераты, опубликованные статьи, диссертационные и дипломные работы и т.д.

Отчёт о научно-исследовательской работе (НИР) включает:

- титульный лист
- список исполнителей
- реферат
- оглавление
- перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов
- введение
- основную (экспериментальную) часть
- заключение

- список использованных источников
- приложения

Во введении даётся оценка современного состояния научной проблемы, обоснования необходимости проведения работы, актуальность и новизна темы.

Основная часть включает:

1. теоретическое обоснование;
2. результаты теоретических и экспериментальных исследований;
3. обобщение и оценку результатов исследований.

Основные положения НИР сопровождаются иллюстрациями: таблицами, чертежами, схемами, графиками и т.п.

Контрольные вопросы.

1. Требования к способам уборки и методы учета урожайности в полевом опыте.
2. Понятие о выключках и объективные основания для их выделения и браковки.
3. Первичная обработка опытных данных.
4. Документация и отчетность в полевом опыте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.
3. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

Дополнительная

2. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 1. Методика, планирование и техника проведения полевого опыта. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина, Н.В. Николайченко. - Саратов, 2008. – 79 с.
3. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.
4. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

ЛЕКЦИЯ 10

Особенности методики проведения опытов по влиянию орошения, пестицидов и агрохимикатов

Особенности проведения опытов в условиях орошения

Эрозия почв (лат. Erosio – разъедание) – процесс разрушения и сноса верхних, обладающих самым большим плодородием слоев почвы. Различают естественную и ускоренную (антропогенную) эрозии почв. Естественная эрозия протекает очень медленно, и в ходе ее плодородие почв не снижается. Ускоренная **эрозия почв** вызвана нерациональной хозяйственной деятельностью человека, в результате которой активизируются

и усиливаются естественные эрозии (неправильная обработка и орошение почвы, чрезмерное внесение в нее удобрений, бесконтрольный выпас скота, вырубка лесов, и т.п.). Существует два основных вида эрозии почв: ветровая и водная эрозии. Ветровая эрозия (дефляция) почв – выдувание и перенос мельчайших почвенных частиц ветром. Наиболее сильные и продолжительные ветра перерастают в пыльные (черные) бури. За несколько дней они способны полностью снести верхний плодородный слой почвы мощностью до 30см. Пыльные бури загрязняют водоемы, атмосферу, негативно влияют на человеческое здоровье. Сейчас самым большим источником пыли являются высохшие земли Аральского моря. Водная эрозия почв – разрушение и смыв почвы под действием водных потоков. Экологический ущерб от водной эрозии огромен. Вода, стекая, образует промоины и овраги, вымывает из земли органические и минеральные вещества. Это приводит к потере плодородия почвы, образованию оврагов. В оврагах невозможна никакая сельскохозяйственная деятельность. Подсчитано, что площадь оврагов на территории стран СНГ составляет 9 млн. га и продолжает увеличиваться. Поле подверженное водной эрозии теряет за год 7-13 т/га наиболее плодородной почвы.

Проведение полевых опытов в условиях орошаемого земледелия требует соблюдения принципов единственного различия, оптимальности и целесообразности.

Например, в опытах с пропашными культурами почву в междурядьях на богаре не следует рыхлить, если она не уплотнена и не засорена, а при орошении этот прием обязателен после каждого полива.

Густота стояния растений также неодинакова в богарных и орошаемых условиях.

При постановке полевых опытов на орошаемых землях необходимо выполнять следующие требования:

1) стремиться к равномерному снабжению водой всей площади участка;
2) строго учитывать воду, поступающую на каждую делянку.

Эти требования в основном и определяют особенности методики полевого опыта в условиях орошения.

Требования к участку:

1) участок должен быть хорошо спланирован. Разница уровней поверхности 10-15 см может быть причиной пестроты урожайности;

2) участок должен иметь равномерный и незначительный уклон вдоль поливных борозд. Уклон не должен превышать 0,01–0,02, или 1-2 м на 100 м, а еще лучше 0,001–0,008 (0,1-0,8 м на 100 м)

Делянки чаще всего располагают в один ряд. Размер их варьирует от 50 до 500 $м^2$ и больше.

Используют делянки прямоугольной или удлиненной формы с соотношением сторон 1:10, 1:15. Делянки длинной стороной располагают вдоль уклона.

Пропуск воды с одной делянки на другую не допустим, особенно в опытах с удобрениями.

Если опыт размещают в несколько ярусов, то между ними прокладывают временные оросители, и вода может подаваться на любую делянку.

К особенностям опытов на орошении относится и то, что концевые защитные полосы увеличивают до 4-6 м. Это избавит от ошибок, связанных с неравномерностью увлажнения.

Защитные полосы от постоянных оросителей до опытных делянок должны равняться 6-8 м.

Поливные делянки в опыте окаймляют защитными полосами шириной не менее 3 м.

В опытах с дождеванием ширину боковых защиток увеличивают до 4–5 м и более с каждой стороны делянки. Это исключит перенос водяной струи ветром.

При поливе по бороздам длина их не должна превышать 150 м, а на сильно проницаемых почвах – 100 м, глубина 15 см. На тяжелых почвах глубину борозд увеличивают. Расстояние между поливными бороздами на легких почвах – 60-70 см, а на тяжелых – до 1 м.

Сроки и нормы полива устанавливают в зависимости от:

1) целей опыта;

2) биологических особенностей культуры;

3) местной практики;

4) уровня залегания грунтовых вод и т.д.

При определении поливных норм за активный слой почвы принимают:

1. для культур с глубокой корневой системой (люцерна, кукуруза, сахарная свекла и др.) 0,6-0,8 м;
2. для зерновых культур и зернобобовых 0,5-0,7 м;
3. для овощных культур 0,4-0,5 м.

Очень важной особенностью полевых опытов в условиях орошения является необходимость учета суммарного водопотребления (расхода воды на транспирацию и испарение за вегетацию) по вариантам опыта.

Наиболее простым методом определения суммарного водопотребления является балансовый метод.

Статьи прихода воды: осадки >5 мм, поливы, подпитывание из грунтовых вод.

Затем рассчитывают коэффициент водопотребления.

Почвенно-мелиоративное районирование территории

При почвенно-мелиоративном районировании учитываются следующие факторы почвообразования, определяющие условия орошения и освоения:

климат;

гидрогеологические условия;

мелиоративно-хозяйственные условия;

литолого-геоморфологическое строение.

Контрольные вопросы.

1.Водная и ветровая эрозия.

2.Научные принципы разработки схем однофакторных опытов.

3. Особенности методики проведения опытов по влиянию орошения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

7. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.

9. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

Дополнительная

7. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 1. Методика, планирование и техника проведения полевого опыта. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина, Н.В. Николайченко. - Саратов, 2008. – 79 с.

8. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.

9. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Антипов, Г.П.** Генетика с биометрией. Ч.1. Биометрия. / Г.П.Антипов, А.П.Лисицин, В.В.Лавровский.- М.: Изд-во МСХА, 1995. – 254 с.

2. **Гатаулин А.М.** Основы математической статистики. – М.: МГУП, Tacis, 2001. – 142 с.

3. **Гатаулин А.М.** Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. - М.: Изд-во МСХА в 2-ух частях, 1992. – 356 с.

4. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

5. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 2. Биометрия. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина - Саратов, 2009. – 70 с.

6. **Дружкин, А.Ф.** Основы научных исследований в агрономии. Часть 1. Методика, планирование и техника проведения полевого опыта. / А.Ф.Дружкин, З.Д.Ляшенко, М.А.Панина, Н.В. Николайченко. - Саратов, 2008. – 79 с.

7. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку. - Москва, 2004. – 168 с.

8. **Кирюшин Б.Д.** Методика научной агрономии. Часть 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - Москва, 2005.- 199 с.

9. **Литтл, Т.** Сельскохозяйственное дело. Планирование и анализ. Пер. с англ. – / Т.Литтл, Ф. Хиллз. - М.: Колос, 1981. – 320 с.

10. **Максимов В.Н.** Многофакторный эксперимент в биологии. - М.:Издательство Московского университета, 1980, - 279 с.

11. **Опытное дело в полеводстве.** / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с.

12. **Перфильев В.Е.** Варьирование и взаимосвязь количественных признаков у плодовых растений. - Мичуринск, 1994. – 75 с.

13. **Савич В.И.** Применение вариационной статистики в почвоведении. - М.: Изд-во ТСХА, 1972. – 156 с.

14. **Смиряев, А.В.** Моделирование: от биологии до экономики. / А.В. Смиряев, А.В. Исачкин, Л.К. Харрасова. - М.: Изд-во МСХА, 2002. – 123 с.

15. **Снедекор Д.У.** Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. Пер. с англ. – М.: Сельхозгиз, 1961, - 497 с.

16. **Совершенствование методики проведения длительных опытов и математические методы обработки экспериментальных данных.** Сборник статей под редакцией акад. РАСХН Семенова В.А. – М.: Агропромиздат, 2003. – 125 с.

17. **Шевцова Л.П.** Основы научной агрономии. / Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.А. Шьюрова. - Саратов, 2008. – 150 с.

18. **Юдин Ф.А.** Методы агрохимических исследований. - М.: Колос, 1971. - 135 с.

19. **Якушев, В.П.** Статистический анализ опытных данных. Непараметрические критерии. / В.П. Якушев, В.М.Буре. - С.-Пб.: АФИ, 2001. – 178 с.

20. **Яшин, И.М.** Почевнно-экологические исследования в ландшафтах. / И.М.Яшин, Л.Л.Шишов, В.А.Раскатов. - М.: МСХА, 2000. – 95 с.

21. **Thomas E., Ditrich C., Novak L.** Mathematishe Statistik/Biometrie. Vorlesungsskript und Ubungsautgaben/Humboldt – Univ., Berlin, 1994.