

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Персиановский,
2018

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Учебное пособие для практических занятий и самостоятельной
работы аспирантов по
направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство**

Персиановский,
2018

УДК 631:001.891 (075.8)

ББК 72.4

О-75

Рецензенты: **Габибова Е.Н.**, к.с-х. наук, доц. каф. растениеводства и садоводства;

Мажуга Г.Е., к.с-х. наук, доц. каф. агрохимии и экологии имени Е.В. Агафонова

О - 75

Основы научных исследований: Учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы аспирантов по направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство / сост.: А.П. Авдеенко, С.С. Авдеенко, И.В. Фетюхин, Н.А. Рябцева ; Донской ГАУ. - Персиановский: Донской ГАУ, 2018. - 184 с.

Аннотация

Учебное пособие дает необходимый минимум теоретических и практических знаний по правилам постановки, проведения научных опытов и оценке полученных результатов. Освоение материала, представленного в учебном пособии, поможет обучающимся решать профессиональные задачи в области научно-исследовательской деятельности, связанные со сбором, обработкой, анализом и систематизацией научно-технической информации отечественного и зарубежного опыта, разработкой методик проведения экспериментов, освоением новых методик исследований, организацией, проведением и анализом результатов эксперимента.

Учебное пособие предназначено для практических занятий и самостоятельной работы аспирантов по очной и заочной формам обучения. Может быть использовано в практической работе агрономов и технологов сельскохозяйственного производства.

УДК 631:001.891 (075.8)

ББК 72.4

Утверждено методической комиссией агрономического факультета, протокол № 3 от 12 ноября 2018 г.

Рекомендованы к изданию методическим советом университета, протокол № 3 26 декабря 2018 г.

© ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2018

© Авдеенко А.П., Авдеенко С.С.,
Фетюхин И.В., Рябцева Н.А., составление, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей растениеводческой отрасли сельского хозяйства является получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Для решения этой задачи необходимо постоянное расширение научных знаний. Разработкой теоретических основ и агротехнических приемов повышения урожайности и улучшения качества культурных растений занимается агрономическая наука.

Научная агрономия использует свои специфические методы исследования. К ним относятся - лабораторный, вегетационный, лизиметрический, полевой и вегетационно-полевой методы. Но основным ведущим методом исследования является **полевой опыт**. Полевой опыт относится к биологическим методам исследования, когда для оценки плодородия почвы, эффективности агротехнических приемов и сортов, применяют такой биологический индикатор, как само растение. По своему логическому характеру полевой метод, как эксперимент, является аналитико-синтетическим. Он расчленяет, изменяет приемы возделывания сельскохозяйственных культур, а затем синтезирует их для получения высокого урожая в производственных условиях. Это метод изучения, дополненный другими методами изучения факторов жизни растений, обеспечивает наибольший успех, как для теоретического понимания, так и для практического применения результатов опыта и получения высокого урожая наилучшего качества. Проводится полевой опыт в поле на специально выделенном участке в целях установления влияния факторов жизни, условий и приемов возделывания на урожайность и качество сельскохозяйственных растений. Культурное растение в полевом опыте изучается в естественных условиях вместе со всей совокупностью почвенных, климатических, погодных и агротехнических условий, близких к производственным, или непосредственно в производственных условиях. При помощи этого метода испытываются новые сорта и гибриды, изучаются севообороты, способы обработки почвы, применение удобрений, средств защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности и многие другие приемы агротехники. Результаты полевых опытов используют при разработке новых зональных технологий возделывания сельскохозяйственных растений, районировании новых сортов и гибридов.

Несмотря на его кажущуюся простоту, полевой опыт является сложным методом познания, так как он проводится всегда при большом числе неконтролируемых факторов: погодные условия, неоднородность почвы, повреждения растений вредителями и болезнями и др. Поэтому,

чтобы результаты полевых опытов были воспроизводимы при внедрении их в производство, опыты необходимо закладывать и проводить с соблюдением основных методических требований:

- типичность (репрезентативность);
- принцип единственного различия;
- закладка опыта на специально выделенном участке;
- учет урожая и достоверность опыта по существу.

Высокой точности опыта можно достигнуть только при правильной методике его постановки. Полевой опыт должен быть правильно спланирован, для чего надо знать основные элементы методики полевого опыта. Под методикой полевого опыта подразумевают совокупность слагающих ее элементов: вариант, схема опыта, площадь, форма и направление опытной делянки, защитные полосы, повторность и повторение, методы размещения делянок, повторений и вариантов, учет урожая и организация опыта во времени. Правильное сочетание этих элементов обеспечивает максимальную точность проведения полевого опыта в конкретных условиях.

ТЕМА 1. ВАРИАНТ, СХЕМА ОПЫТА

Плевой опыт проводится на делянках различной величины и формы. **Вариант** - одна делянка опыта, на которой изучается какой-либо сорт, гибрид или агротехнический прием. Вариант обозначается буквой «I». Если невозможно или нецелесообразно изолированное изучение отдельных агротехнических вопросов, вариантом опыта может быть весь комплексный прием в целом, а не отдельная его часть. Например, технологии возделывания сельскохозяйственной культуры, системы удобрения, системы обработки почвы. Сравнение между собой комплексных приемов нельзя квалифицировать как нарушение, при проведении опыта, принципа единственного различия, т.к. это сравнение проводится при тождестве прочих условий, которые не являются составными элементами сравниваемых агрокомплексов.

Опытные варианты бывают контрольные и изучаемые. Совокупность контрольных и изучаемых вариантов, разработанных с целью выяснения изучаемого вопроса, есть **схема опыта**. Разработка схемы опыта является ответственной и трудной задачей, определяющей успех научной работы. Надо суметь предвидеть результат, проникнуть в сущность неизвестного.

Схема полевого опыта определяется темой исследования и строится по принципу единственного различия. Правильно составленная схема опыта позволяет сравнивать каждый ее вариант с другими при наличии между ними единственного изучаемого различия и единстве прочих условий. Например, тема: «Изучение сортов озимой пшеницы».

Схема опыта: 1. Скифянка (контроль); 2. Дон 95;
3. Ермак; 4. Фишт; 5. Уманка.

В этом опыте единственное различие – сорт. Чтобы оценить роль сорта, все другие условия жизни растений озимой пшеницы должны быть одинаковыми: предшественник, обработка почвы, удобрение, срок сева, норма высева семян, уход за опытом.

Тема: «Доза азотного удобрения при допосевном внесении под озимую пшеницу».

Схема опыта: 1. $P_{60}K_{60}$ (контроль); 2. $N_{30}P_{60}K_{60}$;
3. $N_{50}P_{60}K_{60}$; 4. $N_{70}P_{60}K_{60}$; 5. $N_{90}P_{60}K_{60}$

Единственное различие - доза азотного удобрения. Единство условий - предшественник, сорт, обработка почвы, фосфорно-калийный фон, форма азотного, фосфорного и калийного удобрения, срок и способ его внесения, срок сева, норма высева семян и уход за опытом.

В схеме опыта каждому варианту присваивается порядковый номер. При разработке плана (схемы) размещения опыта на опытном участке на делянке пишется номер варианта, под которым он записан в схеме опыта (рис. 1, а). Если записывать на делянке полное название варианта, то такая схема размещения опыта будет трудно читаемой (рис. 1, б).

В имеющихся пособиях по закладке и проведению полевых опытов часто смешивают понятие варианта с понятием делянки, хотя эти понятия далеко не равнозначные. Предположим, что ставится опыт по изучению гербицидов против двудольных и однодольных сорняков на посевах сахарной свеклы при двукратной повторности по схеме: 1. Без гербицидов; 2. Пирамин Турбо; 3. Агрон

Вариантов опыта будет три. Число же делянок в данном опыте будет шесть. Если бы повторность опыта была не дву-, а трехкратной, то делянок было бы девять, а вариантов по-прежнему осталось бы три.

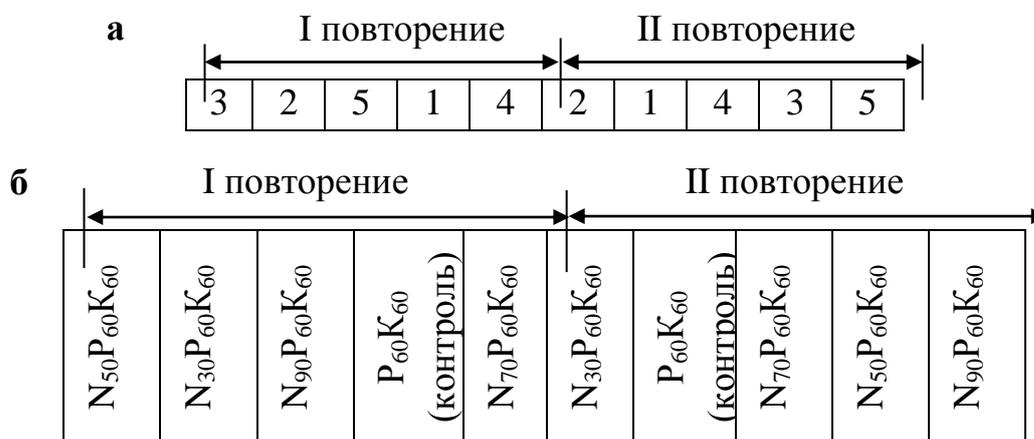


Рисунок 1. Схема размещения опыта: пять вариантов, двукратная повторность

В каждом правильно поставленном опыте всегда должна быть возможность какого-то сравнения, сопоставления вариантов. **Контроль** (стандарт) - вариант, с которым сравнивают все остальные варианты схемы опыта. Он позволяет оценить меру чувствительности растения к изучаемому фактору. В опытах по сортоиспытанию за контроль принимается вариант, на котором высеивается районированный сорт или гибрид, в агротехнических опытах - применяется рекомендуемый агротехнический прием. При изучении удобрений, пестицидов в качестве контроля может быть вариант без их внесения (нулевой вариант).

Число вариантов в схеме опыта определяется исследователем и зависит от его содержания, то есть от тех вопросов, которые в данном опыте разрешаются. Минимальное число вариантов в схеме опыта два. Чем больше число вариантов в схеме опыта, тем выше его информативность. Но с

увеличением числа вариантов (при неизменной площади опытной делянки и повторности опыта) увеличивается площадь под опытом, уменьшается вероятность расположить его на однородном по плодородию земельном участке, увеличивается ошибка эксперимента и, следовательно, уменьшается его точность (табл. 1). В связи с этим, при разработке схемы опыта необходимо осторожно увеличивать число вариантов и стремиться к тому, чтобы в опыте было не более 12-16 вариантов при общем числе делянок 60-64. Опыты с большим числом вариантов требуют, как правило, более сложных методов постановки опыта.

Таблица 1. Увеличение относительной ошибки опыта ($S\bar{x},\%$) в зависимости от числа вариантов (l) при одинаковой площади делянки (Н.Ф. Деревницкий, 1960)

Картофель		Сахарная свекла	
l	$S\bar{x},\%$	l	$S\bar{x},\%$
2	3,91	2	2,67
3	4,03	3	3,23
4	4,51	4	3,70
5	4,39	6	3,73
8	6,02	9	4,02
12	6,79	12	4,15
16	6,27	18	4,31
24	6,66	27	4,36
32	7,86	36	4,57
48	11,73	54	4,58
96	14,14	108	6,08

По содержанию варианты схемы опыта могут быть качественные (предшественник, сорт, вид и форма удобрения, способ посева, обработка почвы) и количественные (сроки сева, нормы высева семян, дозы и нормы удобрений, пестицидов, глубина обработки почвы и т.п.). Полевые опыты, в зависимости от изучаемого вопроса, продолжительности во времени, условий и места проведения бывают различных видов. Но, прежде всего, по схеме опыта они подразделяются на однофакторные и многофакторные.

Однофакторные опыты - это простые эксперименты. На основании полученных результатов можно ответить только на один вопрос. Например, какой предшественник лучше для изучаемого сорта, или какой сорт лучше при изучении нескольких сортов по одному предшественнику.

При разработке схемы **однофакторного опыта** с качественными вариантами в общем виде они обозначаются заглавными буквами латинского алфавита. Например: 1. А; 2. В; 3. С; 4. D; 5. Е и т.д.

К схеме опыта с качественными вариантами предъявляются два требования. Первое - необходимо правильно выбрать контрольный вариант. Второе - выдержать принцип единственного различия с учетом принципа оптимальности и целесообразности, определить сопутствующие, не изучаемые в опыте агротехнические условия. Минимальное число вариантов в схеме равно двум.

Схему однофакторного опыта с количественными вариантами (градациями) можно представить так:

1. a_0 ; 2. a_1 ; 3. a_2 ; 4. a_3 ; 5. a_4 .

При составлении схемы опыта с количественными вариантами, необходимо соблюдать требования, предъявляемые к схеме опыта с качественными вариантами и, кроме того, правильно установить единицу (шаг) варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (вариантов). Важно так спланировать схему опыта, чтобы на основании полученных результатов, можно было построить **кривую отклика**, которая будет характеризовать зависимость урожайности от изменения изучаемых градаций фактора (рис. 2).

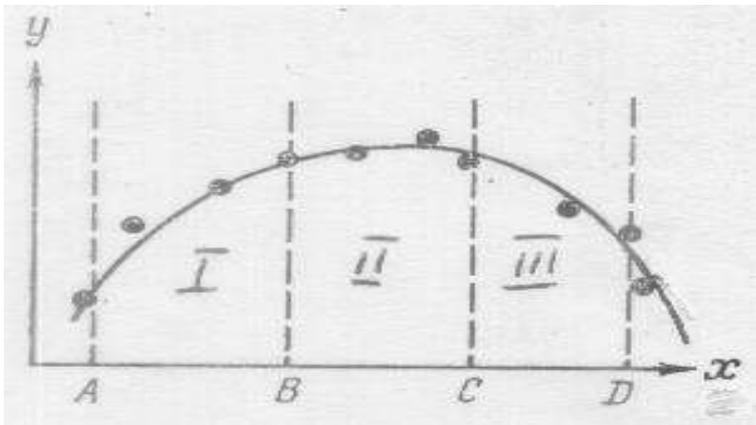


Рисунок 2. Кривая отклика,

где;

y — урожайность;

x — градации изучаемого фактора

Если схема опыта разработана правильно, кривая отклика имеет три зоны, в которых с увеличением изучаемого фактора, урожайность:

- увеличивается. Лимитирующая зона (I);
- стабилизируется. Стационарная зона (II);
- уменьшается. Ингибирующая зона (III).

Задача исследователя заключается в том, чтобы правильно определить центр схемы опыта и шаг варьирования. Обычно достаточно иметь 5-8 вариантов. Точные рекомендации по шагу варьирования дать сложно. Многое здесь зависит от квалификации и интуиции экспериментатора. Если

шаг варьирования маленький, данные по урожайности попадают в лимитирующую зону и для проявления эффекта стационарной зоны необходимо увеличивать число ненужных вариантов. В том случае, когда шаг варьирования выбран слишком большим, можно «проскочить» оптимальный вариант. Как правило, шаг варьирования выбирают таким, при котором разность между соседними вариантами превышает существенную наименьшую разность (НСР), для выбранного уровня вероятности.

При планировании повторности опыта, необходимо учитывать, какие варианты будут изучаться: качественные, или количественные. Если изучаются качественные варианты, важно точнее определить прибавку урожайности относительно контроля, т.е. эффект варианта. Для этого существует одна возможность - увеличить повторность. Обычно это 4-6-кратная повторность. Иное положение, когда в опыте изучаются количественные варианты по изучаемому фактору. Здесь преследуется цель оценить не отдельные прибавки урожайности, а установить формулу соответствующей кривой действия фактора. В этом случае, для достижения высокой точности опыта необходимо иметь больше доз. Поэтому, в таких опытах, целесообразно, вместо увеличения повторности, увеличить число вариантов изучаемого фактора, при 3-4-кратной повторности. Урожайность сельскохозяйственных культур формируется под влиянием не одного, а многих факторов (предшественник, сорт, удобрение, орошение и др.), которые взаимосвязаны между собою. Чтобы установить действие изучаемых факторов, характер и величину их взаимодействия при совместном применении, проводятся **многофакторные опыты**.

Фактором считается то, что в данном опыте нормируется или дозируется и эффективность его может быть определена.

Взаимодействие факторов - тот дополнительный эффект, который получается при совместном действии двух или более факторов. Например, если при основном внесении под озимую пшеницу N_{30} получена прибавка в урожайности зерна 3,0 ц/га, от P_{60} - 5 ц/га, а при совместном внесении $N_{30}P_{60}$ прибавка составила 11 ц/га, то дополнительный эффект от их совместного внесения будет равен $11 - (3+5) = 3$ ц/га.

В многофакторном опыте эффект взаимодействия может быть:

- положительный (синергизм). Прибавка от совместного применения нескольких факторов существенно больше суммы прибавок от их раздельного применения;
- отрицательный (антагонизм). Прибавка от совместного применения нескольких факторов существенно меньше суммы прибавок от их раздельного применения;

– отсутствие эффекта (аддитивизм). При совместном применении факторов прибавка существенно не отличается от суммы прибавок при их раздельном применении.

Чтобы на основе данных многофакторного опыта можно было вычислить эффекты действия и взаимодействия факторов при разработке схемы, необходимо выдержать принцип факториальности, суть которого заключается в том, что схема опыта должна предусматривать изучение всех возможных сочетаний факторов и их градаций. Такой опыт называют **полным факториальным экспериментом (ПФЭ)**.

Сокращенно схема многофакторного опыта записывается в виде произведения чисел. Число сомножителей указывает, сколько в опыте изучается факторов, каждое число - на количество вариантов (градаций, доз) по каждому фактору, а произведение чисел - на общее число вариантов в схеме опыта. Например:

1. 2×3 . Опыт двухфакторный. По фактору А изучается два варианта, по фактору В - три. Всего вариантов 6.

2. $3 \times 3 \times 4$. Опыт трехфакторный. По факторам А и В изучается по 3 варианта, по фактору С - 4. Общее количество вариантов 36.

3. $4 \times 5 \times 3 \times 2$. Опыт четырехфакторный. Число вариантов по фактору А - 4, В - 5, С - 3 и Д - 2. Общее количество вариантов в схеме опыта 120.

Схема многофакторного опыта, так же, как и однофакторного, разрабатывается с учетом принципа единственного различия. Так как число вариантов в схеме опыта может быть большим, разработка факториальных схем облегчается использованием специальной символики (кодирования) вариантов. Изучаемые факторы обозначаются заглавными латинскими буквами А, В, С, Д и т.д., а их градации (варианты) цифрами 0, 1, 2, 3, 4 и т.д. или строчными буквами с индексами $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$; $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ и т.д.

Минимальное число вариантов в схеме многофакторного опыта равно 4. Это двухфакторный опыт 2×2 .

В факториальных схемах может изучаться действие и взаимодействие как качественных, так и количественных факторов и, их градаций. Для количественных факторов нулевая градация (0) означает отсутствие изучаемого фактора, например: без удобрений, без гербицидов, без орошения и т.п. или его низший уровень. Для качественных факторов нулевая градация означает контрольный вариант (рекомендуемый сорт, агротехнический прием).

При разработке схемы многофакторного опыта строится матрица. **Матрица** - таблица, в которой число столбцов равно числу изучаемых

факторов плюс два, а число строк равно общему количеству вариантов в схеме опыта.

Наиболее простой факториальной схемой является двухфакторный опыт, в котором факторы А и В, изучаются в двух градациях 0 и 1. Например, требуется изучить два сорта озимой пшеницы Скифьянка (0) и Ермак (1) при размещении их по двум предшественникам: горох (0) и соя (1). Матрица опыта представлена в таблице 2. В начале составляется схема опыта для фактора А (сорт), а затем каждый вариант фактора А сочетается с вариантами фактора В (предшественник).

Таблица 2. Матрица факториального опыта 2×2

Номер варианта	Фактор		Название (код) варианта
	А	В	
1	0	0	00 – Скифьянка, предшественник горох
2	1	0	10 – Ермак, предшественник горох
3	0	1	01 – Скифьянка, предшественник соя
4	1	1	11 – Ермак, предшественник соя

При разработке схем трех- и четырехфакторных опытов факторы С, Д вводятся последовательно (табл. 3).

Таблица 3. Матрица факториального опыта 2×3×3

Номер варианта	Фактор			Название (код) варианта
	А	В	С	
1	0	0	0	000
2	1	0	0	100
3	0	1	0	010
4	1	1	0	110
5	0	2	0	020
6	1	2	0	120
7	0	0	1	001
8	1	0	1	101
9	0	1	1	011
10	1	1	1	111
11	0	2	1	021
12	1	2	1	121
Номер варианта	Фактор			Название (код) варианта
	А	В	С	
13	0	0	2	002
14	1	0	2	102
15	0	1	2	012
16	1	1	2	112
17	0	2	2	022
18	1	2	2	122

Полная схема многофакторного опыта дает возможность получить из него максимум информации, поэтому ей нужно отдавать предпочтение. Стремление сократить схему путем исключения практически неинтересных вариантов ведет к потере значительной части информации, так как не позволяет установить эффект взаимодействия факторов и сводит эксперимент к простому однофакторному опыту.

Контрольные вопросы по теме 1.

1. Что понимается под методикой полевого опыта?
2. Понятия: вариант, схема опыта.
3. Виды вариантов по назначению и содержанию.
4. Контрольный вариант. Назначение контрольного варианта.
5. Количество вариантов в схеме однофакторного опыта.
6. Кривая отклика.
7. Влияние числа вариантов на ошибку эксперимента.
8. Многофакторный опыт. Требования к схеме ПФЭ.
9. Понятия: фактор, эффект взаимодействия и виды взаимодействия в многофакторном опыте.

ТЕМА 2. ПЛОЩАДЬ, ФОРМА И НАПРАВЛЕНИЕ ОПЫТНОЙ ДЕЛЯНКИ

Опытная делянка - это часть площади опытного участка определенного размера и формы. Делянки служат для размещения на них контрольных и изучаемых вариантов.

Вопрос о размерах опытных делянок неоднократно был предметом обсуждения. Сторонники больших делянок от 1000 м² до 1-2 га и более считали, что на таких делянках нивелируется пестрота почвенного плодородия. Делянки увеличенных размеров, охватывая большее разнообразие почвенного плодородия, приближают опыт к типичным почвенным условиям. Проведение опытов на больших делянках также приближает все работы на них к типичным производственным условиям. Можно механизировать все процессы, начиная от посева и заканчивая уборкой урожая. Следовательно, на больших делянках лучше будет выдержана и агротехническая типичность опыта. Ошибки на делянках большого размера от технологических приемов, например, от огрехов во время вспашки, неравномерности высева семян, повреждения растений при междурядных обработках, повреждаемости их вредителями и болезнями,

относительно в меньшей степени скажутся на окончательных результатах, чем это может быть на малых делянках.

Сторонники малых делянок считают, что при размещении опыта на больших делянках, не всегда можно достичь выравненности почвенного плодородия на всем опытном участке. Общая земельная площадь под опытом может выходить за пределы однородного по плодородию участка и точность его проведения снижается. Важнейшим правилом при проведении полевого опыта является одновременность и высококачественность всех выполняемых на опытном участке агротехнических работ, не подлежащих изучению. Все работы, как правило, должны быть проведены в один день. При большой площади опытного участка, это не всегда возможно и, как следствие, – нарушение принципа единственного различия. При малой площади опытной делянки гораздо легче достичь большей точности при проведении опыта. Они удобнее и требуют меньше затрат средств и труда, чем аналогичные опыты на крупных делянках. Чем больше площадь под опытом, тем дороже обходится его проведение.

Большое число дробных учетов урожая рекогносцированных посевов, проведенных в России и за рубежом, показало, что универсальной площадью опытной делянки является примерно 100 кв. м. При таком размере делянки обеспечивается выполнение важнейших полевых работ на тракторной тяге. Отклонение в ту или иную сторону от указанной площади в каждом конкретном случае определяется в основном:

- изучаемой культурой;
- назначением и задачей опыта;
- степенью изученности вопроса;
- видом опыта;
- степенью и характером пестроты почвенного покрова;
- технологией возделывания культуры;
- применяемыми сельскохозяйственными машинами и орудиями;
- возможностью обработки почвы на всех делянках одновременно, или их придется обрабатывать отдельно.

Целесообразно проектировать размер опытной делянки, допускающей проведение всех полевых работ с максимальной механизацией, включая и уборку урожая. Поэтому предел, меньше которого не должна быть площадь делянки, определяется возможностью нормально проводить все агротехнические работы.

В конечном итоге, необходимая площадь одной опытной делянки может быть определена, как оптимальная, минимальная. В практике опытного дела наиболее широко используются делянки размером 50-200 м²,

на первоначальных этапах исследования 10-50 м². Опытные делянки меньше 10 м² обычно применяются в микрополевых опытах.

На опытной делянке необходимо иметь достаточное число растений, чтобы можно было сгладить индивидуальные различия в их развитии. Для культур сплошного сева (пшеница, ячмень, овес, лен, горох и др.), которые имеют сотни растений на 1 м², площадь опытной делянки может быть 40-60 м², в сортоиспытании 25-50 м². При изучении пропашных культур (кукуруза, подсолнечник, картофель, свекла и др.), число растений на 1 м² определяется единицами, поэтому учетная площадь опытной делянки увеличивается. Она должна быть достаточной, чтобы исключить влияние индивидуальной изменчивости отдельных растений на точность опыта. Наиболее часто для пропашных культур размер опытной делянки планируется 50-150 м², при условии, что на делянке будет 80-100 учетных растений. Для картофеля достаточно на учетной делянке иметь 40-50, для кукурузы - 60 растений (табл. 4).

Таблица 4. Площадь опытной делянки в зависимости от изучаемой культуры

Культура	Площадь, м ²
Пшеница, овес, горох, гречиха	40-60
Кукуруза, свекла, картофель	50-150
Арбузы, тыква	150-200
Огурцы, томаты, капуста, баклажаны	20-50
Лук, морковь, перец, петрушка	10-30
Редька, редис	5-10

В селекционной практике, на первых этапах работы, когда имеется ограниченное число семян (от одного колоса, или растения), используются делянки размером 0,5-2,0 м², в малом сортоиспытании 5-10 м². Агротехнические опыты, не требующие отдельной обработки почвы, закладывают обычно на делянках площадью 50-200 м². При изучении способов обработки почвы или других приемов, требующих отдельного применения машин и орудий на каждой делянке, размер ее может быть увеличен до 300-1000 и более кв. м.

Крупная делянка имеет преимущество в сравнении с небольшой при закладке многолетних стационарных опытов, так как при проведении опыта может возникнуть необходимость изучить новые факторы и приемы, не предусмотренные при его закладке. В этой связи такие опыты целесообразно закладывать на делянках 300-500 м² и более, с тем, чтобы при необходимости расщепления каждая из них имела площадь 50-100 м².

Приведенные размеры делянок являются ориентировочными и в каждом отдельном случае размер делянки надо устанавливать на основании всей совокупности конкретных условий. Например, при постановке опытов с пшеницей, опытная делянка может быть: 0,2 м² - в селекционной работе, 25 м² - при сортоиспытании, 10-50 м² - в опытах с удобрениями, 200-300 м² - при изучении способов обработки почвы, 50-1000 м² - при орошении, 500-1000 м² - в стационарных многолетних опытах и опытах в производственных условиях (табл. 5).

Таблица 5. Площадь опытной делянки для пшеницы в зависимости от вида опыта

Вид опыта	Площадь, м ²
Сортоиспытание	25
Агротехнический по изучению: удобрений	10-50
обработки почвы	200-300
орошения	50-1000
Стационарный	300-500
В производственных условиях	500-1000

Точность полевого опыта может быть повышена правильным выбором **формы делянки**. По форме опытные делянки бывают: квадратные, прямоугольные, вытянутые, линейные, круглые. Форма опытной делянки определяется соотношением короткой и длинной сторон. Делянки называют квадратными при отношении длины к ширине, равном 1 (4×4, или 10×10), прямоугольными, если отношение больше 1, но равно, или меньше 10 (20×5, или 20×2), удлиненными (вытянутыми) - при отношении больше 10 (40×2,5, или 60×2). Линейными считаются одно- или двухрядковые делянки. Круглая опытная делянка применяется в плодоводстве, когда каждое дерево или куст считается опытной делянкой.

При прямоугольной и вытянутой форме опытной делянки ошибка обычно меньше и точность опыта выше. Такие по форме делянки лучше охватывают разнообразие почвенного плодородия опытного участка, способствуют размещению вариантов опыта в более близких условиях, повышаются их сравнимость и достоверность получаемых результатов, улучшается использование техники при проведении механизированных работ. Вытянутая форма делянки необходима в опытах, требующих отдельного применения на делянках сельскохозяйственных орудий и машин. Это опыты по изучению обработки почвы, способов и сроков сева, механизированного внесения удобрений, испытанию новых сельскохозяйственных машин и орудий.

Преимущество вытянутых делянок наиболее сильно проявляется при их больших размерах, в сложных схемах опытов, когда расстояние между вариантами при квадратной форме делянки может быть очень значительным. Эффект от удлинения наиболее сильно проявляется при отношении сторон в пределах 1:10 или 1:15. Дальнейшее удлинение не оказывает существенного влияния на повышение точности при проведении опыта. При планировании опыта предпочтение отдают делянкам прямоугольной формы. Вытянутую форму следует применять лишь в опытах с большой площадью опытной делянки, не менее 150 м², так как при меньших размерах делянка получается настолько узкой, что не позволяет выделить достаточной ширины боковые защитные полосы.

Существенным недостатком вытянутых делянок, по сравнению с квадратными, является их большой периметр. Это требует выделения большей площади под боковые защитные полосы для устранения влияния соседей и краевого эффекта.

Квадратная форма опытной делянки предпочтительнее прямоугольной и вытянутой в опытах, где смежные варианты могут сильно влиять друг на друга (влияние соседей). Например, при изучении удобрений. Чтобы снять это влияние, увеличивается ширина боковых защитных полос, что ведет к уменьшению учетной площади опытной делянки или увеличению общей площади под опытом.

В опытах по изучению химических средств борьбы с вредителями и болезнями лучшей будет квадратная форма опытной делянки. Из центра опытной делянки квадратной формы вредителям и грибам труднее мигрировать на соседние варианты, так как путь их будет длиннее, чем из центра прямоугольной или вытянутой делянок.

Самая узкая возможная делянка - это делянка в один рядок. Такая делянка применяется в селекционной работе, когда для первоначального изучения в питомнике селекционного материала приходится высевать небольшое количество семян с одного колоса или метелки. Для изучения агротехнических приемов одно- или двухрядную делянку применять нельзя. В делянке допускается не менее трех рядков, из которых два крайних являются защитными, а средний - учетным.

Форма опытной делянки зависит от метода расположения делянок в опыте. При одноярусном расположении делянок, лучшей будет вытянутая, или прямоугольная, а при многоярусном - целесообразно придавать им форму, приближающуюся к квадрату.

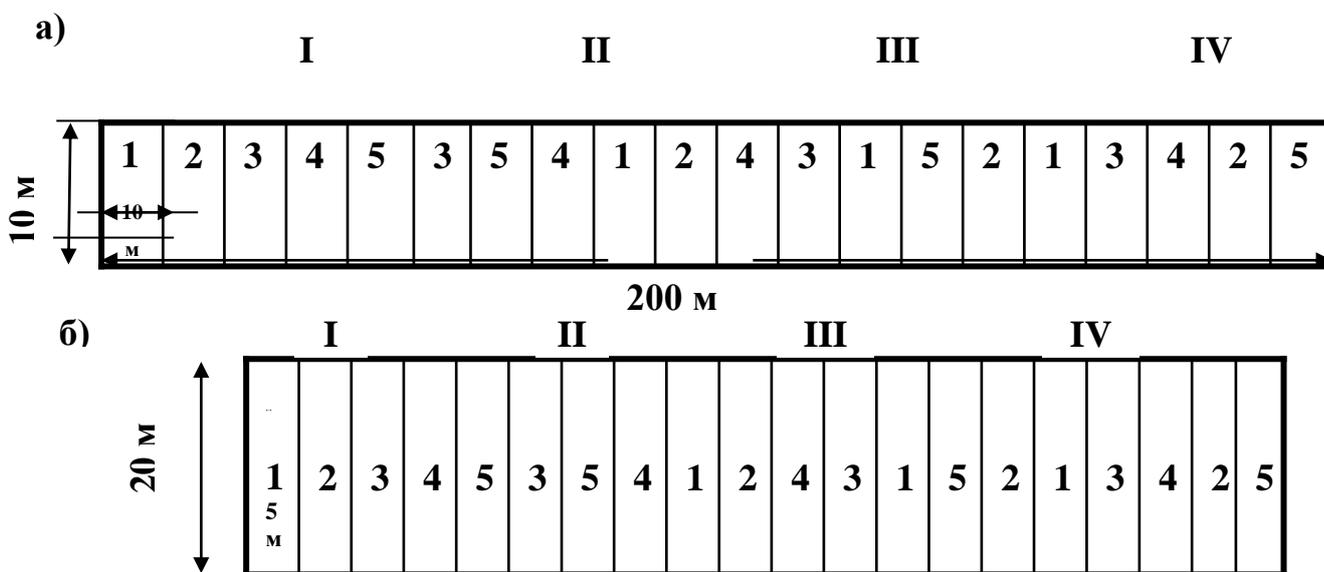
При размещении вариантов на делянках по методу латинского квадрата, лучшей формой опытной делянки считается квадратная, или

прямоугольная. При удлинённой (вытянутой) форме делянок, латинский квадрат не имеет преимуществ перед методом рандомизированных повторений.

Немалое значение в повышении достоверности и точности опыта имеет **направление длинной стороны делянки**, то есть её ориентация на опытном участке. Опытные делянки длинной стороной должны располагаться по направлению к наиболее сильно действующему, не изучаемому фактору. Так, при расположении опыта на склоне, опытная делянка обязательно должна быть вытянута вдоль склона, а не поперек. На полях, защищенных лесными полосами, делянка своей длинной стороной располагается перпендикулярно к лесной полосе. При наличии на земельном участке каких-либо других полос различного плодородия, она располагается также по направлению их действия.

При закладке опытов на выровненных по плодородию участках, направление делянок не оказывает существенного влияния на точность опыта и определяется техническими условиями проведения эксперимента.

Форма опытного участка определяется длиной и шириной одной опытной делянки, числом вариантов, методом расположения делянок. Предпочтение следует отдать форме, близкой к квадрату. Например, в опыте изучается пять вариантов, площадь опытной делянки 100 м^2 , повторность опыта четырехкратная. Всего делянок в опыте 20. Без учета площади дорожек площадь под опытом 2000 м^2 . При квадратной форме опытной делянки $10\text{м} \times 10\text{м}$ и одноярусном расположении делянок опытный участок будет иметь размеры: ширина 10м, длина 200м, а при прямоугольной форме опытной делянки $5\text{м} \times 20\text{м}$ - соответственно 20м и 100м. Если же применить двухъярусное расположение опытных делянок $5\text{м} \times 20\text{м}$, опытный участок принимает форму, близкую к квадрату $40\text{м} \times 50\text{м}$ (рис. 3). В этом случае, при любом методе размещения вариантов, расстояние между ними будет минимальное и сравнимость между собой - лучшая.



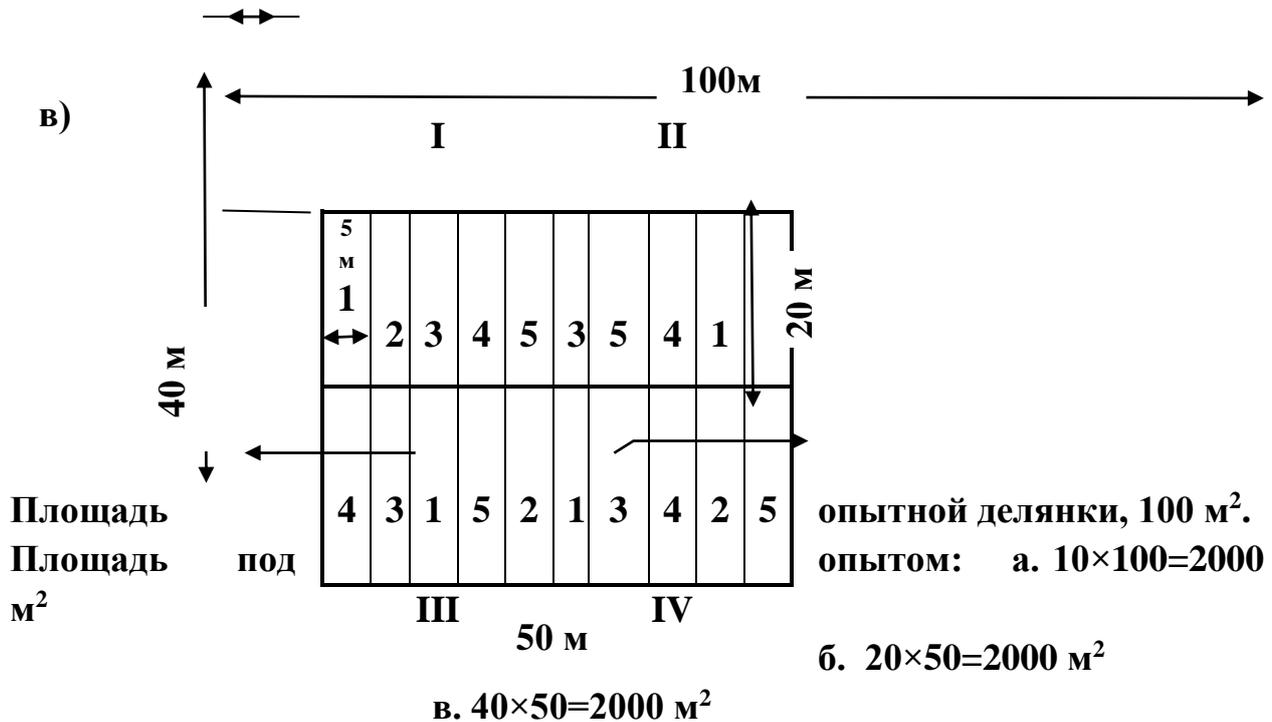


Рисунок 3. Форма опытного участка при одинаковой площади опытной делянки и опытного участка

Контрольные вопросы по теме 2

1. Дать определение, что такое опытная делянка, опытный участок.
2. Зависимость площади опытной делянки от культуры, числа растения на 1 м^2 , степени изученности вопроса, вида опыта, варьирования плодородия почвы опытного участка, используемых при закладке и проведении опыта машин и орудий.
3. Форма опытной делянки.
4. Требования к форме и площади опытного участка.
5. Оптимальная минимальная площадь опытной делянки для культур сплошного сева и пропашных культур.
6. Направление опытной делянки.
7. В каких случаях квадратная форма опытной делянки считается предпочтительной?
8. Влияние площади опытной делянки на типичность опыта и ошибку эксперимента.

Тема 3. ЗАЩИТНЫЕ ПОЛОСЫ, ДОРОЖКИ И ДОРОГИ В ОПЫТЕ

На одной опытной делянке различают посевную, учетную и защитную площади (рис. 4). **Посевная площадь** - делянка в целом, **учетная** - та ее часть, на которой проводят визуальные наблюдения, отбирают на анализ

пробы почвы и растений, определяют урожайность. **Защитная площадь** (сокращенно **защитка**) - это разность между посевной и учетной площадью. Цель защиты - исключить из учета урожая растения, которые находятся по краям опытной делянки в иных условиях роста и развития, чем растения внутри делянки.

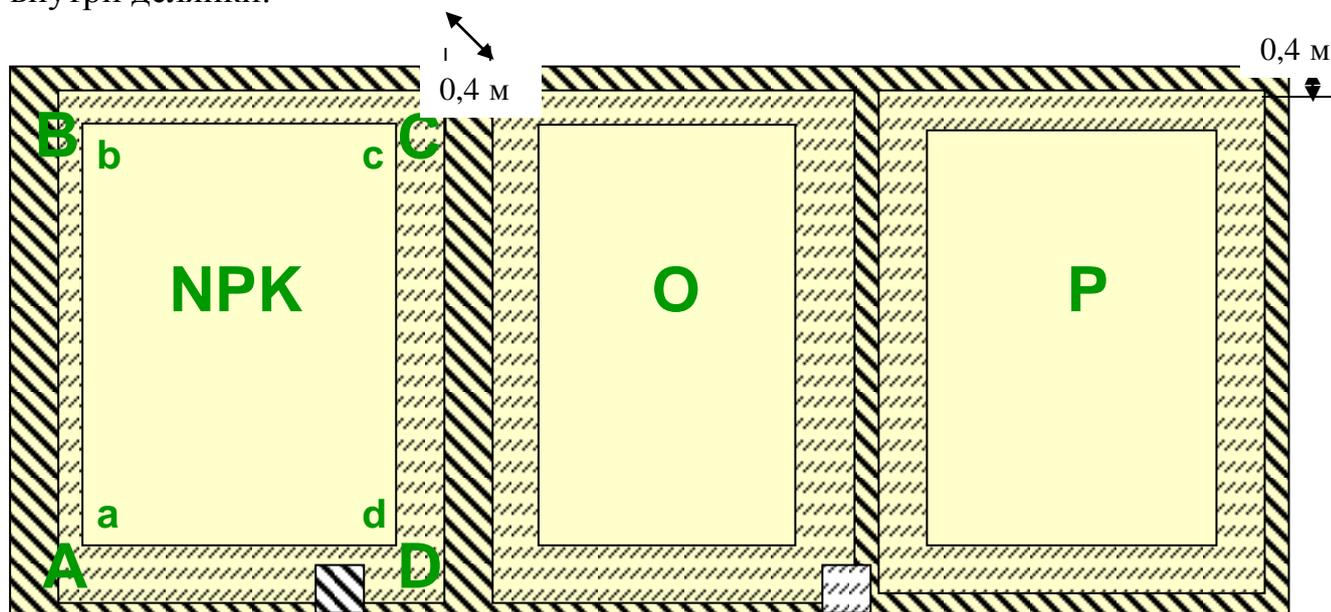


Рисунок 4. Посевная (ABCD), учетная (abcd) и защитная площади опытной делянки

Защитки в полевом опыте бывают: 1 - внутри опытной делянки, которые подразделяют на боковые и концевые; 2 - вокруг опыта для разворота машин и орудий.

Для удобства проведения работ (обработка почвы, посев, уход за опытом), ширину посевной делянки целесообразно устанавливать кратной ширине захвата сельскохозяйственных машин и, прежде всего, ширине захвата сеялки. Ширина учетной площади делянки должна быть кратной ширине захвата жатки комбайна.

При работе с культурами сплошного сева для разграничения опытных вариантов и обеспечения удобного прохода между делянками, выделяют узкие незасеянные полосы - **дорожки**, которые обычно содержат в продолжении всего вегетационного периода изучаемой культуры под чистым паром. Ширина дорожек 30-40 см. Дорожки создают условия, не типичные для сплошного посева, и в опыте получают результаты, отличающиеся от тех, которые были бы в условиях сплошного массива. Краевые растения, соприкасаясь с незасеянными дорожками, развиваются лучше остальных, так как они дополнительно используют влагу и питательные вещества с этих дорожек. Влияние такого усиленного развития краевых растений на общий урожай делянки тем сильнее, чем меньше ее площадь. Кроме того, краевые растения находятся в лучших условиях освещения и вентиляции посевов, что

создает совершенно нетипичные условия, особенно для развития болезней и вредителей. Последние в этих условиях могут развиваться сильнее или слабее, чем на сплошном посеве и, тем самым, вносят искажения в результаты опыта.

Растения, которые имеют лучшие условия питания и освещения, развивают более мощную надземную массу и корневую систему. Многочисленные исследования показали, что корневая система большинства культурных растений развивается в глубину на 100 см и более и в ширину до 60 см. Развитие корневой системы вширь сахарной свеклы до 100 см, картофеля - 60-70 см. Корневая система растений соседних вариантов переплетается, и это, конечно, не может не влиять на их рост и развитие.

В опытах с зерновыми культурами растения крайних рядков, как правило, запаздывают с созреванием. Уборка проводится при созревании центральных рядков, а краевые рядки убираются в прозелень. Это сказывается на однородности и качестве зерна.

Растения, расположенные по краю делянки, могут использовать своими корнями питательные вещества и влагу не только со своей, но и с соседней делянки (влияние «соседей»). Особенно сильно такое влияние может проявляться в опытах по изучению удобрений. Растения на делянке с лучшими условиями питания, имея более мощное развитие надземной массы, будут «угнетателями» по отношению к соседней делянке с худшими условиями питания. Без учета влияния «соседей» искажаются результаты исследований на контрольном варианте без внесения удобрений. Краевые растения, проникая корнями на соседнюю удобренную делянку, будут использовать питательные вещества и сформируют более высокий урожай. Роль контроля, как оценщика меры чувствительности растения к удобрению, будет занижена.

При обработке почвы и работах по уходу за растениями, проводимых поперек делянок, происходит чисто механический перенос почвы, а с ней и вносимых удобрений, с делянки на делянку. В таблице 6 приведены результаты исследований над изменением урожайности разных рядков делянки при 17-рядной сеялке, с междурядьями 15 см и при продольной дорожке 45 см.

Для исключения влияния края и «соседей» при постановке полевых опытов, выделяют боковые (продольные) и концевые (торцевые) защитные полосы. Боковые защитные полосы выделяют вдоль длинных сторон делянок. Ширину защитных полос определяют в зависимости от того, насколько далеко в глубь делянки может распространяться влияние «соседей» и незасеянной растениями дорожки. В большинстве случаев в

обычных опытах влияние края и соседей распространяется на 1-3 рядка. Поэтому при работе с культурами сплошного сева с междурядьями 15 см, боковая защитка бывает 30-45 см, в опытах с пропашными культурами 1-2 рядка. Так как на границе двух делянок защитные боковые полосы выделяются на каждой, то общая ширина не учитываемой полосы, разделяющей учетные площади, равна удвоенной ширине защитной полосы плюс ширина дорожки. Например, в опыте с озимой пшеницей при ширине боковой защитки в 30 см и дорожке в 40 см, общая защитная полоса составит $30+30+40=100$ см.

Таблица 6. Относительные урожаи рядков делянки при разном расстоянии от дорожки

Культура	Относительные урожаи			
	Средних 11 рядков	Третьих от края	вторых от края	крайних
Овес	100	129	134	191
Яровая пшеница	100	113	131	186

При проведении многолетних стационарных опытов, особенно с изучением удобрений, предшественников, обработок почвы, влияние одного варианта на другой может распространяться на более широкую полосу. В таких опытах боковая защитка увеличивается до 2 и более метров.

В опытах по сортоиспытанию влиянием соседних делянок пренебрегают и боковые защитные полосы, как правило, не выделяются. Считается, что взаимовлияние сортов незначительное по сравнению с действием сорта.

По краям каждого яруса опыта выделяют **защитные делянки**. В опытах по сортоиспытанию защитные делянки выделяют и между повторениями. При резком различии испытываемых сортов по высоте и мощности развития растений, скороспелости и т.п. их размещают в повторении группами, включая между группами защитную делянку с посевами двух соседних сортов (по половине делянки). Защитные делянки по краям яруса и между повторениями засевают или засаживают скороспелым сортом изучаемой культуры (рис. 5).

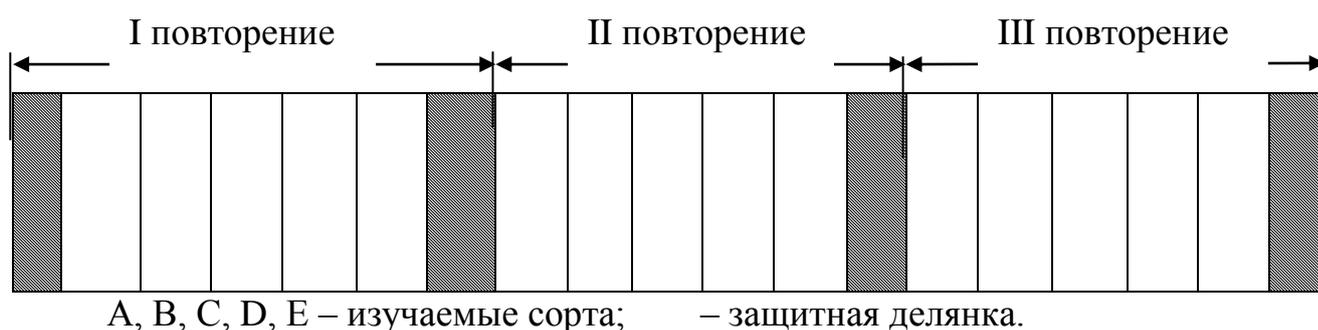


Рисунок 5. Схема размещения опыта по изучению сортов

Концевые (торцевые) защитные полосы служат для защиты растений на учетной площади делянки от всевозможных посторонних влияний и механических повреждений. Наличие концевых защиток мало влияет на сравнимость урожая опытных делянок. Обычно их выделяют шириной 1-2 м. Но, если предполагается отбор проб почвы и проведения различных учетов до уборки урожая, связанных с повреждением части учетной площади делянки, размер концевых защиток увеличивают, согласно программе наблюдений, и на них проводят все отборы и учеты.

В опытах с пропашными культурами продольные дорожки не выделяют, так как их роль выполняет междурядье шириной 45-70 см. Поперечные дорожки, особенно при работе с высокорослыми культурами (кукуруза, подсолнечник, сорго, клещевина и др.) и многоярусном размещении делянок увеличивают до 1 м.

При многоярусном размещении делянок в опыте и изучении вопросов, требующих отдельных механизированных работ по вариантам опыта между ярусами для прохода машин и с.-х. орудий, оставляется **дорога** шириной 4-6 м и более.

Кроме защитных полос внутри опытной делянки и защитных делянок, выделяются защитные полосы вокруг опыта для разворота машин и орудий. Ширина их 5-10 м. Защитная полоса вокруг опыта и межъярусные дороги могут засеиваться той же культурой, что и в опыте, или они обрабатываются по типу чистого пара.

Контрольные вопросы

1. Посевная и учетная площадь опытной делянки.
2. Понятие влияния края и влияния «соседей». Меры устранения.
3. Защитные полосы, защитные делянки в полевом опыте. Назначение, размеры.
4. Концевые защитные полосы. Назначение, размеры.
5. Дорожки и дороги в полевом опыте. Назначение, размеры.

ТЕМА 4. ПОВТОРНОСТЬ И ПОВТОРЕНИЕ

В любом полевом опыте, независимо от воли исследователя, присутствует случайная ошибка. Она обусловлена невыравненностью плодородия почвы опытного участка, индивидуальными различиями растений, случайными повреждениями, поражениями их болезнями и вредителями, неравноточностью в работе машин и орудий и другими ошибками технического характера. Случайная ошибка двусторонняя. Она

действует как в сторону повышения, так и в сторону снижения результатов исследований.

Согласно теории случайных ошибок, положительные и отрицательные ошибки возникают при проведении опытов приблизительно одинаково часто и при большом числе повторных наблюдений они могут частично погашаться. Чтобы снизить ошибку и получить более правильное представление по урожайности или другим наблюдениям для повышения точности, необходимо делянку с опытным вариантом повторить несколько раз.

Существует три вида повторности:

- на территории; - во времени; - в пространстве.

Повторность опыта на территории - это число делянок каждого варианта. Повторность обозначается буквой «n». Повторные делянки дают возможность полнее охватить каждым вариантом возможную пестроту плодородия почвы опытного участка.

Повторные делянки одного варианта, размещенные в разных местах опытного участка, можно рассматривать как части одной крупной делянки. Однако средняя урожайность, вычисленная по результатам нескольких повторностей, дает более правильное представление по варианту опыта, чем данные одной крупной делянки.

Повторность опыта на территории зависит от пестроты плодородия почвы опытного участка, требуемой точности опыта, площади опытной делянки. Наиболее объективно необходимую повторность опыта с учетом площади, формы и направления опытной делянки для заданной ошибки эксперимента можно рассчитать на основании данных дробного учета урожайности рекогносцировочного посева по формуле:

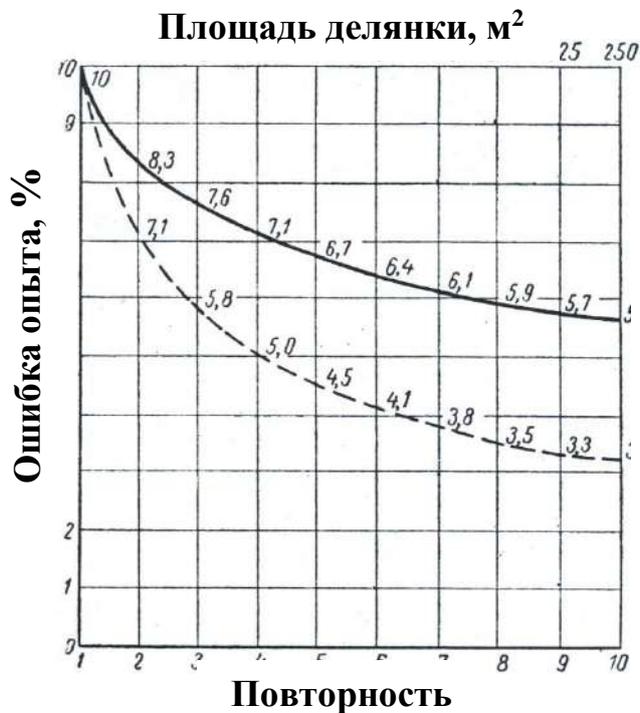
$$n = \left(\frac{V\%}{S\bar{x}\%} \right)^2, \text{ где}$$

n - повторность опыта; V% - коэффициент вариации плодородия почвы опытного участка; $S\bar{x}\%$ - ошибка эксперимента.

Однако, следует учитывать, что рекогносцировочные посевы из-за большой трудоемкости и громоздкости работы целесообразно применять лишь при проведении многолетних стационарных опытов. При постановке краткосрочных нестационарных опытов, повторность опыта определяется на основании многолетнего опыта работы исследователей по оценке точности проведения полевого опыта в зависимости от числа повторностей.

Большую часть полевых опытов рекомендуется проводить при 4-6 кратной повторности, но на практике в основном применяется 3-4 кратная повторность. Повторность 6-8 кратную применяют в опытах с площадью опытной делянки 2-10 кв.м. и на недостаточно выровненных по плодородию земельных участках. Повторность свыше 8-кратной используют только в исключительных случаях. Например, для доказательства незначительных различий между вариантами. Считается, что точность опыта с увеличением повторности до 8 повышается, а при дальнейшем ее увеличении, при

неизменной площади опытной делянки начинает снижаться, т.к. увеличивается площадь под опытом и возрастает вероятность выйти за пределы однородного по плодородию земельного участка. Увеличение числа повторностей при неизменной площади делянки сильнее уменьшает ошибку опыта (т.е. повышает его точность), чем соответствующее увеличение площади делянки при неизменной повторности (рис. 1).



- С увеличением площади делянки
- С увеличением повторности

Рисунок 1. Влияние повторности и площади делянки на ошибку опыта (по Ремеру)

Минимальная повторность опыта двукратная. Но она допустима лишь в предварительных и демонстрационных опытах. При постановке полевых опытов в условиях производства также возможна двукратная повторность. Необходимой точности этих опытов следует добиваться за счет увеличения размера делянки при малом числе вариантов.

Следует отметить, что двукратная повторность в опыте, давая общую оценку расхождения результатов повторных делянок, не дает возможности при появлении «сомнительных» значений, судить, который из параллельных результатов лежит ближе к истинному значению, т.к. оба значения являются арифметически равноценными. Определить принадлежность «сомнительной» даты к совокупности можно только при числе повторностей 3 и более. При двукратной повторности, в случае выпадения одной делянки по случайным причинам, вариант остается с одной повторностью и не представляет научной ценности.

Повторность на территории позволяет при отсутствии данных дробного учета получить представление о пестроте плодородия почвы опытного участка, о ее влиянии на урожайность с отдельных делянок опытного варианта.

Наличие повторности в опыте дает возможность количественно определить величину случайных ошибок, что необходимо для оценки существенности (достоверности) различий между вариантами опыта, поэтому повторность однородных делянок нужно считать обязательным

условием для полевого опыта независимо от места и условий его постановки. Д.Н. Прянишников писал, что работа без повторностей подобна хождению с завязанными глазами или плаванию без компаса.

При проведении полевых опытов сильнодействующим фактором на результаты наблюдений и учетов являются метеорологические условия года. Большая зависимость результатов опыта от погодных условий требует от экспериментатора максимальной осторожности и объективности в интерпретации однолетних данных полевого опыта, а сильная изменчивость неконтролируемых природных факторов при проведении полевого опыта требует обязательного повторения опыта, в разных погодноклиматических условиях. Поэтому для получения надежных результатов, наряду с повторностью на территории, необходимо повторять полевые опыты во времени.

Повторность опыта во времени - это число лет испытаний новых сортов и агротехнических приемов. Такая повторность позволяет иметь ценную информацию об эффективности изучаемых приемов и сортов в зависимости от возможного разнообразия метеорологических условий. На основании многолетних исследований, можно с большой уверенностью говорить о значении показателей, характеризующих погоду и, прежде всего, от количества выпадающих осадков и температуры воздуха, в формировании урожайности.

Кроме того, многие агротехнические приемы имеют длительное последствие (удобрения, предшественники, гербициды, обработка почвы и др.), для определения которого опыт необходимо повторять несколько лет.

Минимальная повторность опыта во времени 3 года. Исследования в севооборотах по изменению агрофизических свойств почвы, запасов гумуса, элементов питания под влиянием различных агротехнических приемов, разработка систем обработки почвы и удобрений диктуют необходимость увеличения повторности опыта во времени до 10 и более лет.

Повторность опыта в пространстве - это закладка опыта в один год в различных почвенно-климатических зонах. Такие опыты называют еще географическими. Они позволяют быстро получить ответ о влиянии погодных и почвенных условий на урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

Полевые опыты на земельном участке располагают методом организованных или неорганизованных повторений.

Повторение - совокупность вариантов схемы опыта, объединенных территориально. Повторение, взятое в отдельности, представляет, в сущности, самостоятельный опыт при однократной повторности, который позволяет делать все возможные сравнения между вариантами. Выделить для закладки опыта земельный участок, идеально выровненный по плодородию почвы практически очень трудно. Это послужило основой для введения метода организованных повторений. При использовании метода организованных повторений различия в плодородии почвы внутри повторения, обусловленные микропестротой, обычно значительно меньше,

чем на всем опытном участке. Различия в плодородии почвы между отдельными повторениями не нарушают сравнимости вариантов, а возникшая систематическая ошибка элиминируется статистической обработкой результатов опыта. На схеме размещения полевого опыта повторение обозначается римскими числами - I, II, III, IV и т.д.

Повторность и повторение - понятия разные, хотя часто различия между ними улавливаются недостаточно четко. В простых опытах при применении систематического размещения вариантов опыта, а также при рендомизированном их размещении внутри повторений, по методу решетки и расщепленной делянки, число повторностей равно числу повторений в опыте. Например, при изучении 5 вариантов и их рендомизированном размещении внутри повторения, каждый из них имеет 3-кратную повторность и все варианты объединены в три повторения (рис. 2).

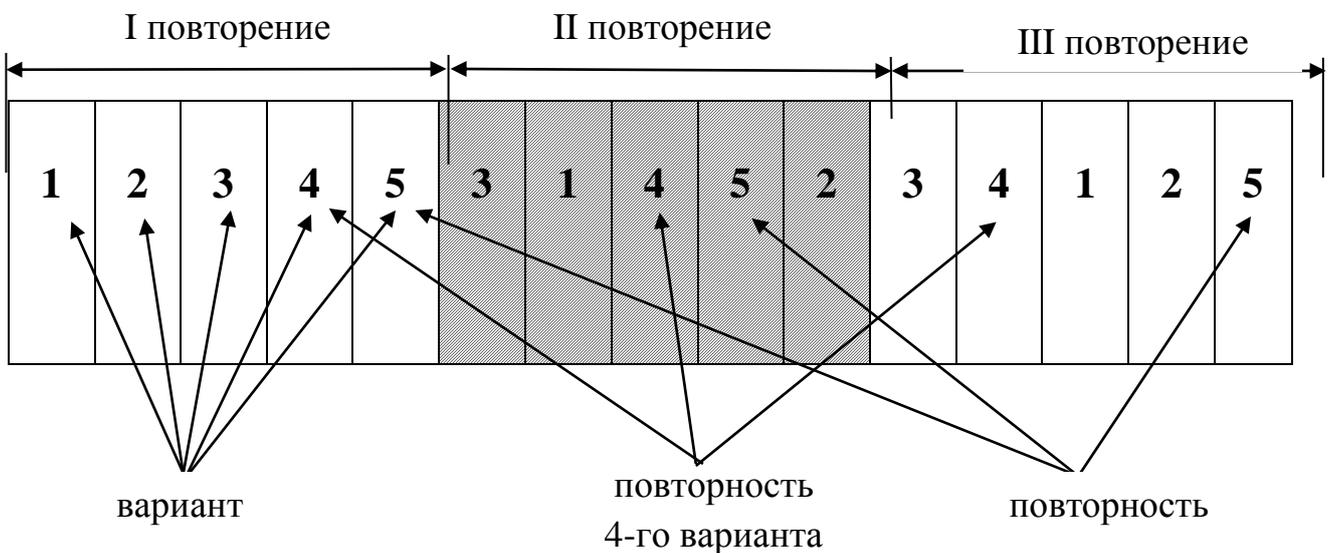


Рисунок 2. Повторность и повторение в полевом опыте при рендомизированном размещении вариантов внутри повторений

При стандартном размещении вариантов, число повторностей контрольного варианта не равно числу повторений в опыте. Например, при размещении 5 вариантов дактиль-методом, вариант 1-контроль имеет 7 кратную повторность, а варианты 2,3,4 и 5 - 3 кратную повторность при наличии трех полевых повторений опыта (рис. 3).

Если на опытных делянках варианты размещаются латинским квадратом и латинским прямоугольником, число повторений в 2 раза больше, чем число повторностей вариантов на территории. Так, при размещении 5 вариантов латинским квадратом, каждый из них имеет 5 повторностей, но повторений в опыте будет 10 (рис. 4).

Опыты могут располагаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы - повторения, а полностью случайно. Такое расположение опыта называют **методом неорганизованных повторений** или полной рендомизацией.

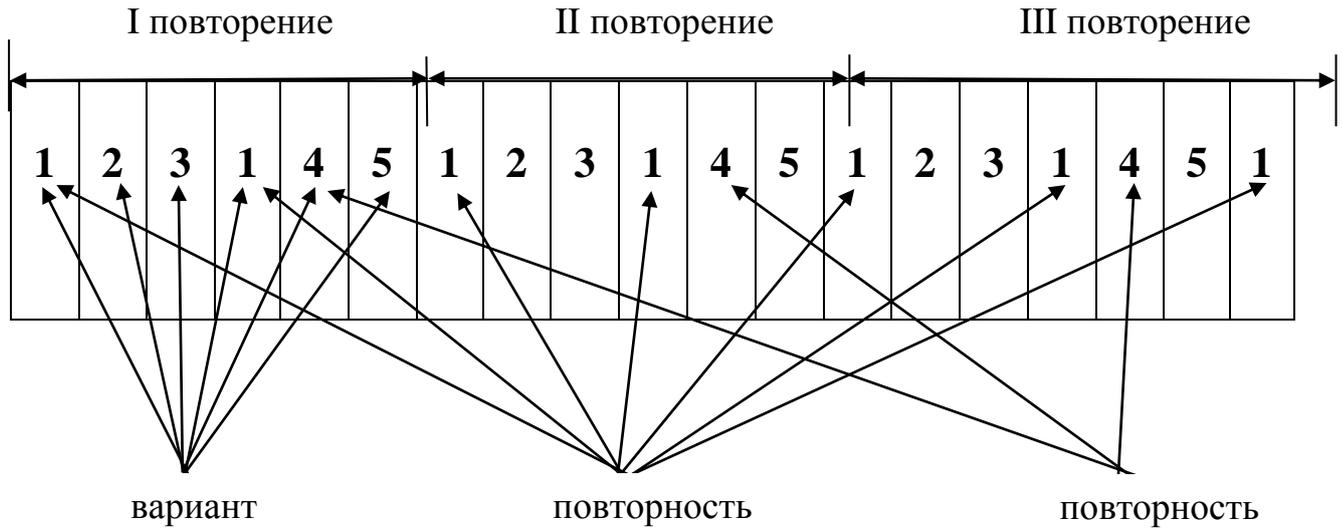


Рисунок 3. Повторность и повторение в полевом опыте при размещении вариантов дактиль-методом

Его используют в тех случаях, когда нет необходимости ставить под контроль возможное закономерное изменение плодородия почвы опытного участка. На рисунке 10 показано размещение четырех вариантов в трехкратной повторности методом неорганизованных повторений.

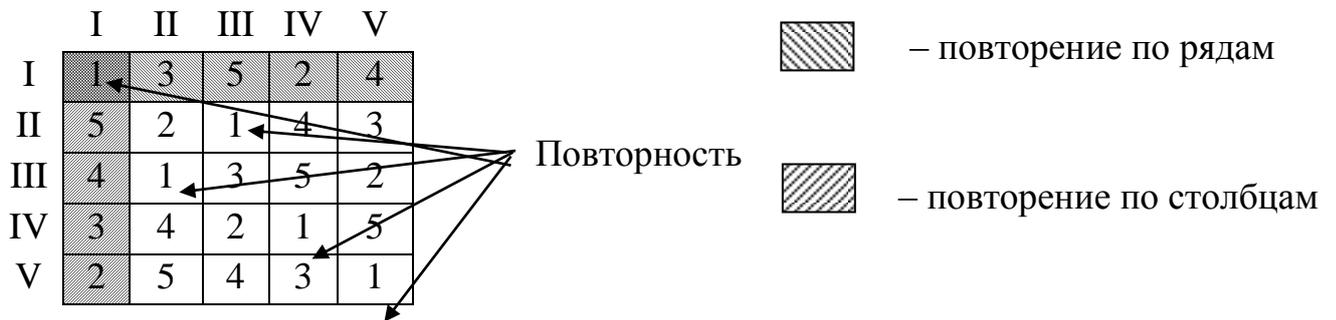


Рисунок 4. Повторность и повторение в полевом опыте при размещении Вариантов латинским квадратом

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

Рисунок 5. Размещение полевого опыта методом неорганизованных повторений

Организация полевого опыта, когда в каждом его повторении представлены все варианты схемы, называется взаимно ортогональной. Организованные повторения контролируют значительную часть территориальной изменчивости плодородия почвы опытного участка и обеспечивают повышение точности исследования.

Контрольные вопросы

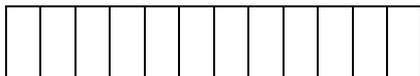
1. Значение повторности в опыте.

2. Виды повторностей в опыте.
3. Повторение опыта.
4. Число повторностей в опыте на территории и во времени.
5. Влияние повторности на ошибку эксперимента.
6. Как определяется число повторностей в опыте?
7. Зависимость между площадью опытной делянки и повторностью в опыте.
8. Метод неорганизованных повторений.

ТЕМА 5. РАСПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛЯНОК И ПОВТОРЕНИЙ НА ОПЫТНОМ УЧАСТКЕ

После выбора и подготовки участка для закладки полевого опыта, с целью повышения его точности и уменьшения различий в исходном плодородии почвы между вариантами, необходимо правильно расположить опытные делянки на местности. В агрономических исследованиях применяют 2 основных метода расположения делянок на опытном участке - одноярусное и многоярусное (рис. 6).

а) Одноярусное



б) Многоярусное



Рисунок 6. Расположение делянок в опыте

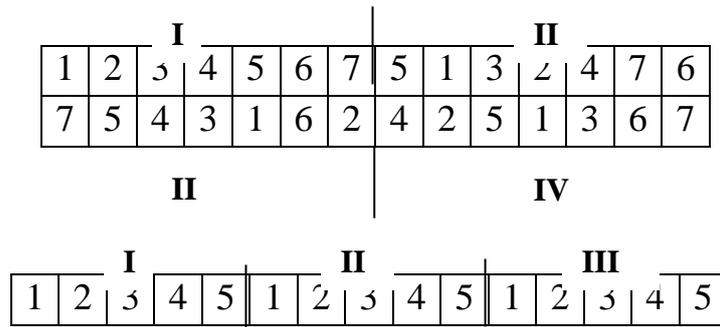
Одноярусное расположение делянок применяют обычно при небольшом числе вариантов и прямоугольной, или вытянутой форме опытной делянки. Такой метод предпочтителен в опытах по испытанию сортов, изучению сроков сева и норм высева семян, способов обработки почвы, так как сельскохозяйственные машины и орудия должны свободно разворачиваться за пределами опытных делянок. Делянки нарезают при этом перпендикулярно длинной стороне опытного участка. Используется этот метод и при закладке опытов в условиях производства.

Многоярусное расположение делянок применяется при большом числе вариантов в опыте, а также при таких методах размещения вариантов, как расщепленная делянка, решетка, латинский квадрат и латинский прямоугольник. В каждом ярусе располагается, как правило, целое число повторений.

Повторения в полевом опыте располагаются на земельном участке сплошным методом или разбросанно (рис. 7). **Сплошное расположение** - все повторения объединены территориально, имеют общую границу, соприкасаются. **Разбросанное расположение** - каждое повторение опыта занимает отдельный земельный участок и повторения территориально

удалены друг от друга. Повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или даже разных полях севооборота и опытный участок, в целом, не имеет одной общей границы.

а) сплошное



б) разбросанное

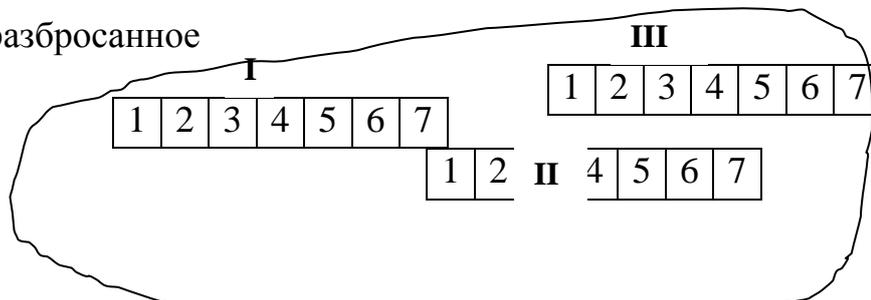


Рисунок 7. Расположение повторений опыта

Обычно в полевом опыте применяют сплошное расположение повторений на опытном участке. Второй метод используется при невозможности выделить для опыта земельный участок достаточной площади. Например, при постановке опытов на солонцах, в опытах по фитопатологии и энтомологии на естественных инфекционных фонах. Но во всех случаях при применении разбросанного метода расположения повторений в каждом повторении должен быть полный набор вариантов схемы опыта.

Контрольные вопросы:

1. Методы расположения делянок в опыте.
2. Методы расположения повторений в опыте.
3. В каких случаях применяется разбросанное расположение повторений в опыте?

ТЕМА 6. РАЗМЕЩЕНИЕ ВАРИАНТОВ НА ОПЫТНЫХ ДЕЛЯНКАХ

Основная цель любого метода размещения вариантов на опытных делянках - обеспечение наилучшего охвата каждым вариантом всей пестроты почвенного плодородия опытного участка, создание возможно одинаковых условий для их сравнения. Чем лучше будет выполнено это условие, тем точнее будет опыт и, следовательно, достовернее суждение экспериментатора об агрономической эффективности изучаемых приемов и сортов.

Метод размещения - это чередование вариантов схемы опыта на опытных делянках. Выделяют три основных метода: стандартное, систематическое и рендомизированное (случайное), каждый из которых имеет свои модификации (рис. 8).



Рисунок 8. Размещение вариантов на делянках полевого опыта

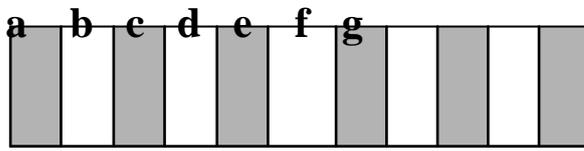
6.1. Стандартное размещение вариантов. Стандарт - слово английское, означает «мерило». Применительно к полевому опыту, стандартный метод

размещения вариантов назван так потому, что эффективность изучаемого варианта измеряется одним и тем же мериллом - контролем (стандартом). Оценка действия изучаемого фактора проводится не со **среднеарифметическим** всех стандартов, а с урожайностью ближайшего контроля, или со средним двух соседних. Стандартное размещение - характеризуется более частым размещением на делянках контрольного варианта. Наиболее часто среди стандартных методов применяются **ямб-метод** и **дактиль-метод** (рис. 9). Размещение делянок всегда одноярусное, опыт начинается и заканчивается контрольным вариантом. При ямб-методе контрольный вариант располагается через один изучаемый, а при дактиль-методе - через два изучаемых варианта.

Стандартные методы размещения вариантов основаны на том, что плодородие опытного участка изменяется постепенно. Между близлежащими опытными делянками существует корреляционная связь и, следовательно,

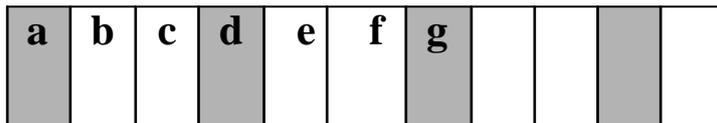
урожаи ближайших вариантов более сравнимы между собой, чем урожаи вариантов, удаленных друг от друга. Чем ближе расположены варианты друг к другу, тем более они равны по плодородию.

а) Ямб-метод



$$Kb = \frac{a+c}{2} ; \quad Kd = \frac{c+e}{2}$$

б) Дактиль-метод



$$Kb = \frac{2a+d}{3} ; \quad Kc = \frac{2d+a}{3}$$

■ – контроль; □ – изучаемый вариант.

Рисунок 9. Стандартное размещение вариантов

Поэтому, предполагается, что каждый изучаемый вариант и его контроль находятся в одинаковых условиях, а разница в урожайности выражает эффективность изучаемого сорта, гибрида, или агротехнического приема. Таким сравнением через соседний контроль стараются устранить влияние неоднородности плодородия почвы опытного участка. При выравнивании плодородия почвы земельного участка или при наличии на нём лишь малой пестроты, стандартные методы не имеют никакого преимущества и лишь усложняют опытную работу.

При стандартном размещении вариантов каждый изучаемый вариант сравнивается со своим контролем. При ямб-методе урожайность на контроле для каждого изучаемого варианта вычисляется, как среднее арифметическое значение двух контролей, примыкающих к изучаемому варианту. Так, контроль для варианта «b» (рис. 9, а) будет равен $\frac{a+c}{2}$, для варианта «d» -

$$\frac{c+e}{2}.$$

При применении дактиль-метода контроль для изучаемого варианта вычисляется методом интерполяции между двумя ближайшими контролями, один из которых непосредственно прилегает к изучаемому варианту, а другой - через один изучаемый вариант. Например, контроль для варианта «b» равен $\frac{2a+d}{3}$, для варианта «c» - $\frac{2d+a}{3}$ (рис. 9, б).

Стандартное размещение вариантов в опыте подкупает простотой и предполагаемой возможностью устранить влияние пестроты плодородия почвы. Но такое размещение имеет и существенные недостатки:

– не всегда имеется корреляционная зависимость между соседними деланками;

- трудно сравнивать между собой изучаемые варианты, далеко расположенные друг от друга, что бывает при числе вариантов в схеме опыта свыше 10 - 12;

- нерациональное использование земельной площади. При ямб-методе более 50%, а дактиль-методе - 40% площади опытного участка занято под контрольными вариантами;

- при одноярусном размещении делянок опыт получается растянутым и возникает вероятность расположить его на неоднородном по плодородию почвы земельном участке. Возникают неудобства в обслуживании такого опыта.

Учитывая достоинства и недостатки стандартного размещения вариантов на делянках опыта, в настоящее время этот метод используется в коротких схемах, при размещении опыта на пестрых по плодородию почвах. Стандартное размещение используется в селекционных опытах, на первых этапах селекционной работы, когда из-за недостатка семян невозможно иметь делянку нужной величины и соответствующую повторность. Стандартное размещение вариантов позволяет визуально, при сравнении контролем, достаточно объективно выявить наиболее перспективные линии и сорта.

При постановке полевых опытов в условиях производства, когда необходимо иметь делянки большого размера (испытание новых сельскохозяйственных машин и орудий, изучение систем обработки почвы и систем удобрений, способов и режимов полива и др.), также возможно применение стандартных методов размещения вариантов.

6.2. Систематическое размещение вариантов. Систематическое размещение предполагает неизменный порядок размещения вариантов на делянках, в каждом повторении опыта, порядок следования которых определяется заранее экспериментатором. Имеется много модификаций этого метода, но наиболее часто применяется последовательное и ступенчатое размещение вариантов (рис. 10).

Последовательное размещение вариантов применяется при одноярусном расположении делянок. Например, если в первом повторении опыта намечен порядок размещения вариантов схемы опыта 1, 2, 3, 4, 5, и 6, то этот же порядок сохраняется и во всех остальных повторениях.

При многоярусном расположении опытных делянок применяется ступенчатое размещение вариантов. Этот метод размещения не допускает, чтобы одноименные варианты соприкасались своими длинными или короткими сторонами. Для этого схему опыта в каждом последующем ярусе необходимо сдвинуть. Число вариантов, на которое надо сдвинуть схему опыта, определяется как результат от деления числа вариантов на число ярусов. Так, при 10-ти вариантах и трехъярусном расположении делянок схему опыта необходимо сдвигать на 3 варианта ($10 : 3 = 3$). В первом ярусе варианты размещаются - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, во втором - 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 1, 2, 3, в третьем - 7, 8, 9, 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

1. Последовательное

а)

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
			I							II							III

б)

2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
			I							II							III

2. Ступенчатое

I	1	2	3	4	5	6	7		8	9	10
II	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3
III	7	8	9	10	1	2	3		4	5	6

Рисунок 10. Систематическое размещение вариантов в полевом опыте

Систематическое размещение вариантов отличается простотой, легко запомнить схему размещения вариантов на опытном участке. Первоначально этот метод занимал господствующее положение при проведении полевых опытов. Однако этот метод нельзя применять при закономерном или смешанном варьировании плодородия почвы земельного участка.

При проведении рекогносцировочных посевов на основании дробных учетов урожайности была установлена территориальная неоднородность плодородия почвы. Следовательно, в поле экспериментатор не имеет возможности выбрать для закладки опыта идеально выровненный по плодородию земельный участок. Почвенное плодородие всегда варьирует. Варьирование почвы бывает случайное и закономерное (рис. 11). При случайном варьировании, урожайность на делянках дробного учета колеблется вокруг среднего значения и разности между выборочными средними значениями, характеризующими отдельные участки дробного учета, является статистически несущественной.

Если на участке, выделенном для закладки полевого опыта независимо от неизбежного случайного колебания, будет закономерное варьирование, то при переходе от делянки к делянке плодородие почвы повышается и урожайность возрастает или, наоборот, уровень плодородия снижается и урожайность падает. Разности между некоторыми выборочными средними отдельных участков дробного учета еще до закладки полевого опыта статистически существенны.

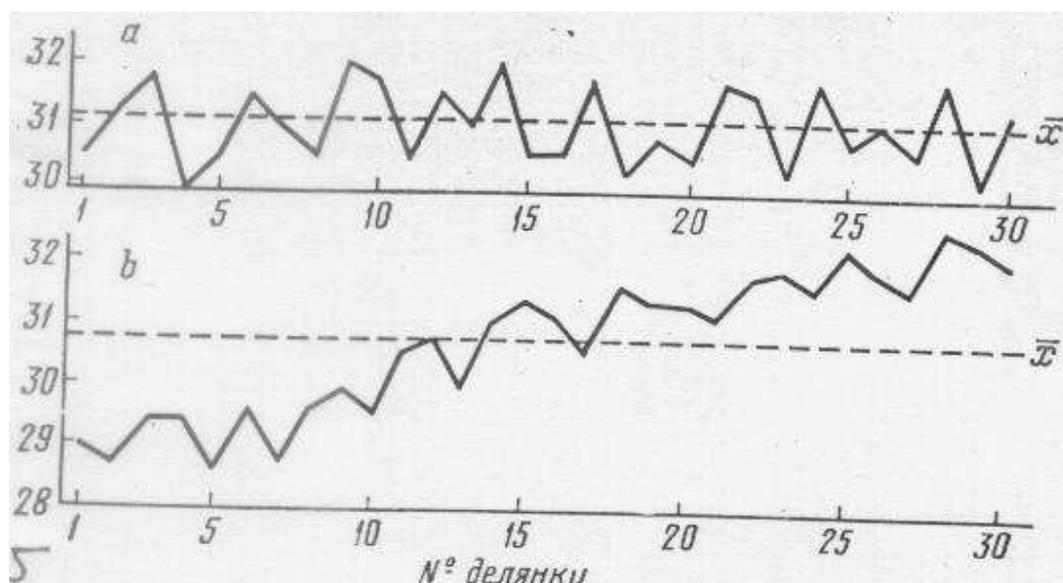


Рисунок 11. Случайное (ряд а), случайное и закономерное (ряд б) варьирование урожайности овса по делянкам дробного учета.

При размещении на таком участке полевого опыта нарушается одно из методических требований полевого опыта - принцип единственного различия. При систематическом последовательном размещении вариантов одни постоянно попадают в лучшие, другие в худшие условия. Одни варианты систематически будут давать завышенные, другие заниженные результаты. Ступенчатое размещение вариантов несколько нарушает влияние закономерного варьирования почвы, но полностью оно не устраняется. Этот существенный недостаток систематического размещения вариантов особенно сильно проявляются при числе вариантов больше 10.

Особенность варьирования плодородия почвы заключается и в том, что на одном и том же поле в разных его частях может быть и случайное, и закономерное изменение плодородия почвы. Территориальное распределение пестроты плодородия почвы меняется во времени и пространстве, зависит от возделываемой культуры, рельефа, площади опытной делянки и др. причин. Случайное варьирование в один год может смениться закономерным в последующий год. Все это вызывает затруднения при проведении полевого опыта с использованием систематического метода размещения вариантов на опытных делянках. Случайное варьирование плодородия почвы можно, в определенных пределах, уменьшить увеличением площади опытной делянки. Закономерное изменение плодородия не элиминируется увеличением размера опытной делянки. Это затруднение в варьировании плодородия преодолевается при использовании современных методов размещения вариантов, основой которых является рендомизация.

6.3. Рендомизированное размещение вариантов. Рендомизация устраняет возможное одностороннее влияние закономерной изменчивости почвенного плодородия на результаты опыта. Преимущества и эффективность рендомизированного размещения вариантов убедительно доказаны Р. Фишером, Д. Снедекором, С. Пирсом, В.Н. Перегудовым, Б.А. Доспеховым и другими учеными. **Рендомизация** - случайное размещение вариантов по делянкам полевого опыта. Место вариантов определяют по жребию или таблице случайных чисел. Наиболее простой способ рендомизации по жребию заключается в следующем. Как указывалось ранее (стр. 6), варианты схемы опыта нумеруют и эти номера пишут на карточках. Карточки тщательно перемешивают, после чего вынимают по одной. Варианты на делянках размещают в последовательности, определенной жребием.

Более современный способ рендомизации - по таблице случайных чисел (табл. 1). Табулированные цифры в таблице 1 сгруппированы по две. Случайность расположенных цифр - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 заключается в том, что нет никого закона в их расположении, но каждое число встречается приблизительно одинаковое число раз. Например, планируется заложить опыт с шестью вариантами в трехкратной повторности. Обозначим варианты цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6 и по таблице определим порядок их размещения по повторениям. По таблице случайных чисел отметим произвольно начальный пункт отчета и просмотрим таблицу в любом направлении до тех пор пока не получим указанный набор цифр. Предположим, что мы выбрали цифру 6 в первой строке 10 столбца. Двигаясь по этой колонке вниз, получим рендомизированное размещение для первого повторения - 6, 3, 5, 2, 1, 4. Номер последнего варианта (у нас 4) проставляют автоматически, повторяющиеся цифры и цифры, превышающие 6, пропускают. Итак, в первом повторении на первой делянке размещается вариант 6, на второй - вариант 3, на третьей - вариант 5 и т.д. Для каждого повторения рекомендуется менять точку отсчета и направление движения по таблице случайных цифр (вниз, вверх, влево, вправо, по диагонали). В итоге получен, например, такой порядок размещения вариантов по повторениям опыта: I повторение - 6, 3, 5, 2, 1, 4; II повторение - 1, 5, 3, 2, 4, 6; III повторение - 2, 3, 6, 5, 1, 4. Рендомизация имеет ряд преимуществ перед другими методами размещения вариантов:

- исключается субъективный подход к размещению вариантов на опытных делянках. Все варианты имеют одинаковую вероятность попасть на любую делянку опыта;
- сводится к минимуму влияние закономерного варьирования

плодородия почвы, предотвращается накопление систематических ошибок, которые, при рендомизированном размещении вариантов, превращаются в случайные;

- разрушается возможная корреляционная связь между соседними вариантами, что делает более равнозначными их попарные сравнения;

- случайное размещение вариантов позволяет наиболее объективно использовать методы статистической обработки результатов опыта, т.к. методы вариационной статистики приложимы в полной мере только к случайным явлениям, и поэтому статистическая обработка результатов наиболее обоснованно применима при случайном размещении вариантов на делянках полевого опыта.

Таблица 1. Таблица случайных чисел

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	09	73	25	33	76	52	01	35	68	34	67	35	48	76	80	95	90	91	17
2	37	54	20	48	05	69	89	47	42	39	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02
3	08	42	26	89	53	14	64	50	93	60	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64
4	99	01	90	25	29	09	37	67	07	51	38	31	13	11	63	88	67	67	43	97
5	12	80	79	99	70	80	15	73	61	74	64	03	23	66	53	98	95	11	68	77
6	66	06	57	47	17	34	07	27	68	05	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85
7	31	06	01	08	05	45	57	18	24	60	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39
8	85	26	97	76	02	02	05	16	56	29	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47
9	63	57	33	21	35	05	32	54	70	84	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09
10	73	79	64	47	53	03	52	96	47	87	35	80	83	42	82	60	93	52	03	34
11	98	52	01	77	67	14	90	56	86	70	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33
12	11	80	50	54	31	39	80	82	77	23	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01
13	83	45	29	96	34	06	28	89	80	38	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10
14	88	68	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93
15	99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68
16	65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86
17	80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	74	21	11	57	82	53
18	74	35	99	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	52	16	42	37
19	69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90
20	09	89	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22
21	91	49	91	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23
22	80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40
23	44	10	48	19	49	85	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81
24	12	55	07	37	42	11	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39
25	63	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82
26	61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93
27	15	47	44	52	66	95	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18
28	94	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92
29	42	48	11	62	13	97	31	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59
30	23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63

Рендомизированное размещение вариантов имеет несколько модификаций.

6.3.1. Метод неорганизованных повторений (полная рендомизация). Варианты по делянкам опытного участка распределяются совершенно случайно. Расположение делянок может быть одно- и многоярусное (рис. 12)

а) Одноярусное расположение делянок

1	4	2	1	3	4	3	1	3	2	4	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

б) Многоярусное расположение делянок

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

Рисунок 12. Схема размещения четырех вариантов в трехкратной повторности методом полной рендомизации

Метод полной рендомизации рекомендуется применять при небольшом числе вариантов (3-4), когда есть основание не ставить под контроль территориальное закономерное варьирование плодородия почвы. Такие условия часто встречаются при работе с многолетними плодовыми культурами, которые характеризуются сильной индивидуальной, генетической изменчивостью. Индивидуальное варьирование урожая с дерева превышает варьирование плодородия почвы.

При небольшом числе вариантов преимущество метода полной рендомизации заключается и в том, что критерий Фишера приобретает наибольшее значение по сравнению с другими методами. Максимально увеличивается число степеней свободы остаточной дисперсии, что позволяет уменьшить ошибку опыта и, следовательно, повышается его точность и статистическая достоверность. Например, при размещении четырех вариантов при трёхкратной повторности методом полной рендомизации, число степеней свободы для остаточной дисперсии составляет: $\nu_z = (N - l) = 12 - 4 = 8$, при размещении вариантов методом рендомизации внутри повторений оно равно $(l - 1) \times (n - 1) = (4 - 1) \times (3 - 1) = 6$, чтобы считать, что в опыте есть существенные различия в первом случае фактическое значение критерия F должно превысить $F_{теор.} = 4,06$, а во втором - 4,76.

6.3.2. Метод повторений (рендомизация внутри повторения, или рендомизация с одним ограничением) - случайное размещение вариантов схемы опыта в пределах каждого повторения. Это наиболее распространенный в мировой практике метод размещения вариантов по делянкам полевого опыта. Опытные делянки могут располагаться в один ярус и многоярусно. Рендомизация проводится отдельно по каждому повторению (рис. 13).

I					II					III							
5	1	3	6	4	2	3	6	5	1	4	2	3	5	4	6	1	2

Рисунок 13. Размещение вариантов опыта методом рендомизированных повторений

Метод рендомизированных повторений представляет собой ортогональную схему размещения вариантов. Это означает, что в каждом повторении имеется полный набор вариантов, и каждый из них повторяется только один раз.

При постановке полевых опытов с большим числом вариантов (15-20), которые отличаются по своим морфологическим, биологическим и другим признакам (высота, скороспелость и др.), варианты внутри повторения целесообразно объединять в однородные группы. Порядок расположения групп в каждом повторении и вариантов внутри групп также определяется рендомизацией. При этом в каждой группе может быть выделен свой контрольный вариант (рис. 14).

3 группа					1 группа					2 группа					I
11	13 (к)	15	12	14	1	4	3 (к)	5	2	6	8 (к)	10	7	9	
2 группа					3 группа					1 группа					II
9	7	8 (к)	6	10	13 (к)	11	14	12	15	4	2	1	3 (к)	5	
3 группа					1 группа					2 группа					III
15	14	12	13 (к)	11	3 (к)	2	4	1	5	8 (к)	6	10	7	9	

Рисунок 14. Схема рендомизированного размещения 15 вариантов в трех повторениях, в каждом повторении по три группы

При небольшом числе вариантов и их рендомизированном размещении в одном из повторений возможно размещение вариантов систематическим методом. Это частичное отступление от строгой рендомизации не является грубым нарушением и может быть допустимо, т.к., согласно теории вероятности, такой случай размещения вариантов не исключается.

6.3.3. Латинский квадрат и прямоугольник (рендомизация двумя ограничениями). Латинский квадрат и прямоугольник применяются, если плодородие почвы опытного участка изменяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях (лесные полосы, склон и др.). Варианты опыта располагаются по рядам и столбцам, число рядов равно числу столбцов. В каждом ряду и в каждом столбце должен быть полный набор изучаемых вариантов и, следовательно, ни один из вариантов не повторяется дважды ни в ряду, ни в столбце. Варианты внутри столбцов и рядов размещаются случайно. Такое расположение позволяет контролировать изменение плодородия почвы по двум взаимно перпендикулярным

направлениям и математической обработкой элиминировать, устранить влияние закономерного изменения плодородия почвы опытного участка на результаты опыта, повысить точность эксперимента. Такое размещение вариантов на делянках опыта способствует доказательству небольших различий между вариантами. При других методах размещения вариантов такие различия могут быть в пределах ошибки эксперимента.

Латинский квадрат применяется при числе вариантов 4-8 (рис. 15). Повторность вариантов на территории равна числу вариантов, $n=l$. При числе вариантов менее четырёх, нецелесообразно размещать их по методу латинского квадрата. В этом случае остаточная дисперсия S^2_z опирается на

небольшое число наблюдений и становится неустойчивой базой для оценки существенности различий между вариантами. Например, если число вариантов равно трём, то число степеней свободы для остаточной дисперсии определяется по формуле $\nu_z = (n-1)(n-2)$ и равно 2. Если же использовать метод полной рендомизации, - 6, так как рассчитывается этот показатель по формуле $\nu_z = (nl-l)$.

	а)	Столбцы		б)	Столбцы				
		I II III IV V			I II III IV				
Ряды	I	3	5	1	4	2			
	II	4	1	2	5	3			
	III	2	4	5	3	1			
	IV	1	3	4	2	5			
	V	5	2	3	1	4			
				Ряды	I	1	3	4	2
					II	2	4	3	1
					III	4	2	1	3
					IV	3	1	2	4

Рисунок 15. Размещение вариантов латинским квадратом: а - вариантов 5 (5×5), б - вариантов 4 (4×4)

Большое преимущество латинского квадрата состоит в возможности двукратной нивелировки влияния неоднородности почвы, а именно, по рядам, столбцам. При всех остальных методах размещения вариантов, это сглаживание происходит лишь в одном направлении.

С увеличением числа вариантов в схеме опыта более 5 и их рендомизированном размещении по рядам и столбцам латинского квадрата, можно воспользоваться уже разработанными схемами размещения вариантов на опытном участке (рис. 16).

Латинский квадрат имеет тот недостаток, что в нем число вариантов должно быть равно числу повторений. С увеличением числа вариантов и соблюдением этого равенства, увеличивается количество опытных делянок, опыт становится громоздким при небольшой его информативности.

6 вариантов (6×6)

1	2	3
---	---	---

5	1	4	6	3	2
1	3	5	2	6	4
6	4	2	1	5	3
2	5	3	4	1	6
4	6	1	3	2	5
3	2	6	5	4	1

6	4	1	3	5	2
1	5	4	6	2	3
4	2	6	5	3	1
3	1	5	2	4	6
2	6	3	4	1	5
5	3	2	1	6	4

1	2	6	4	5	3
3	4	2	5	1	6
6	5	3	1	4	2
4	3	5	6	2	1
2	1	4	3	6	5
5	6	1	2	3	4

7 вариантов (7×7)

1						
3	6	1	2	7	5	4
1	3	6	5	4	2	7
7	2	3	4	6	1	5
2	4	5	6	1	7	3
5	7	4	1	2	3	6
6	1	7	3	5	4	2
4	5	2	7	3	6	1

2						
1	4	3	5	2	6	7
5	2	7	1	3	4	6
6	5	1	3	4	7	2
2	1	4	6	7	5	3
7	6	2	4	1	3	5
3	7	6	2	5	1	4
4	3	5	7	6	2	1

3						
4	7	6	3	5	2	1
5	1	4	6	7	3	2
3	6	5	7	2	1	4
2	3	7	1	4	6	5
1	5	2	4	6	7	3
7	4	3	2	1	5	6
6	2	1	5	3	4	7

8 вариантов (8×8)

1							
3	4	1	6	5	8	2	7
5	2	6	1	8	7	3	4
2	1	7	5	4	6	8	3
7	5	8	4	3	2	1	6
1	8	3	7	6	5	4	2
4	6	5	8	2	3	7	1
8	3	4	2	7	1	6	5
6	7	2	3	1	4	5	8

2							
2	5	6	4	8	7	3	1
4	7	8	3	2	6	1	5
3	6	1	8	5	4	2	7
8	4	7	6	1	3	5	2
7	2	4	1	6	5	8	3
1	3	5	2	4	8	7	6
5	8	2	7	3	1	6	4
6	1	3	5	7	2	4	8

3							
4	2	8	7	1	5	3	6
1	6	5	4	7	2	8	3
5	8	7	3	6	4	2	1
7	1	6	8	4	3	5	2
2	7	4	6	3	8	1	5
8	3	1	5	2	6	7	4
6	5	3	2	8	1	4	7
3	4	2	1	5	7	6	8

Рисунок 16. Схемы размещения опытов с 6-8 вариантами латинским квадратом (Б.А. Доспехов, 1985)

Так, если в схеме опыта 10 вариантов, потребуется заложить 100 опытных делянок. Поэтому, считается нерациональным использование латинского квадрата при числе вариантов более 8. Отсюда, стремление найти другой метод размещения вариантов по принципу латинского квадрата, но без равенства $l=n$. Чтобы, не увеличивая повторности, использовать преимущество латинского квадрата, вариант опыта на опытных делянках необходимо размещать латинским прямоугольником.

Латинский прямоугольник применяется, если число вариантов больше 8 и кратно числу повторностей. При числе вариантов 9 можно заложить опыт с трёхкратной повторностью, но нельзя при четырёхкратной. Если в схеме опыта 12 вариантов, размещение вариантов латинским

прямоугольником возможно при 2, 3, 4 и 6 повторностях.

В основе латинского прямоугольника лежит латинский квадрат, форма которого определяется по числу повторностей. Чтобы квадрат преобразовать в прямоугольник, необходимо число вариантов разделить на число повторностей. На полученное число расщепить каждый ряд или столбец квадрата. Например, число вариантов в схеме опыта 12, повторность - четырёхкратная, число делянок - 48. Вначале строим латинский квадрат 4×4 (рис. 17, а). Затем каждый столбец расщепляем на 3 делянки ($12 : 4 = 3$). Получаем необходимое число делянок - 48. В каждом ряду и в каждом столбце будет 12 делянок, на которых размещаются варианты опыта. Так же, как и в латинском квадрате, столбцы и ряды содержат полный набор вариантов (рис. 17, б).

а)

	I	II	III	IV
I				
II				
III				
IV				

б)

	I			II			III			IV		
I	4	9	11	1	7	2	8	12	10	6	3	5
II	1	5	2	6	10	12	3	4	7	11	9	8
III	12	6	8	3	4	9	1	5	11	2	7	10
IV	3	7	10	5	8	11	9	2	6	4	1	12

Рисунок 17. Размещение вариантов латинским прямоугольником

Формула латинского прямоугольника записывается в виде произведения чисел. Например, $4 \times 4 \times 3$, $5 \times 5 \times 3$. Первые два множителя указывают, какой квадрат лежит в основе прямоугольника (4×4), (5×5), а третий - на сколько делянок необходимо расщепить каждый ряд, или столбец, чтобы превратить квадрат в прямоугольник. Произведение второго и третьего множителей указывает на число вариантов в схеме опыта. На рисунке 18 показаны схемы размещения опытов по методу латинского прямоугольника:

15 вариантов ($3 \times 3 \times 5$)

	I	II	III
--	---	----	-----

I	3	13	12	14	11	2	1	5	15	6	7	9	4	10	8
II	9	10	4	8	7	13	14	3	12	11	5	6	1	15	2
III	1	5	6	15	2	8	7	4	9	10	14	12	3	13	11

18 вариантов (3×3×6)

	I						II						III					
I	12	2	9	5	8	7	6	13	3	15	10	1	14	17	4	11	16	18
II	4	14	16	18	3	10	17	8	16	12	2	11	6	9	1	5	7	13
III	13	1	7	16	11	6	5	14	7	4	9	18	8	3	10	2	12	15

16 вариантов (4×4×4)

	I				II				III				IV			
I	7	9	12	3	15	16	1	6	2	4	14	13	11	8	5	10
II	8	6	5	14	11	2	4	7	12	3	1	10	9	16	13	15
III	2	11	10	4	5	13	9	8	6	15	16	7	3	14	12	1
IV	15	1	16	13	3	10	12	14	11	8	5	9	2	7	4	6

20 вариантов (5×5×4)

	I				II				III				IV				V			
I	10	2	1	14	9	20	3	15	13	5	8	19	16	4	18	11	7	6	17	12
II	3	20	15	9	8	19	13	5	17	7	12	6	2	1	14	10	11	16	18	4
III	13	5	19	8	16	4	11	18	20	9	15	3	12	6	7	17	14	2	10	1
IV	4	11	16	18	6	12	17	7	14	1	2	10	15	20	9	3	13	19	8	5
V	6	12	7	17	2	1	14	10	17	11	4	16	19	8	13	5	20	15	9	3

Рисунок 18. Схемы размещения опытов с 15-20 вариантами методом латинского прямоугольника (Б.А. Доспехов, 1985)

6.3.4. Решетка применяется при большом числе вариантов - 25, 50 и более. Размещение полевого опыта методом организованных повторений позволяет контролировать варьирование урожайности и других наблюдений, вызванное различием плодородия между повторениями, но не учитывает территориальную неоднородность внутри их. При большом числе вариантов, когда увеличивается площадь, занятая отдельными повторениями, значительно ухудшается сравнимость вариантов.

Метод решетки, путем специального размещения вариантов, позволяет контролировать пестроту плодородия почвы не только повторения в целом, но и их отдельных его частей - блоков.

Существует много модификаций этого метода размещения вариантов. Решетка может быть двухместная, трехместная, сбалансированная,

прямоугольная и др. Наиболее простой и распространенной является простая двухместная решетка, которая характеризуется тем, что число вариантов в схеме опыта равно квадрату целого числа (16, 25, 36, 48 и т.д.). Варианты размещаются по блокам, а блоки объединяются в повторения. Число блоков в каждом повторении и число вариантов в блоке равно корню квадратному из числа вариантов (\sqrt{t}). Блоки в каждом повторении обозначаются римскими числами - I, II, III, IV и т.д. Простая двухместная решетка применяется при четном числе повторений. Нечетные повторения обозначаются «X», четные - «У». В повторении «X» в блоках варианты размещаются по горизонтали, в повторении «У» - по вертикали и так, чтобы варианты каждого блока повторения «X», по одному входили в во все блоки повторения «У». На рисунке 24, а показано размещение по методу двухместной решетки. 16 вариантов при двукратной повторности. Распределение блоков внутри повторения и вариантов внутри блока рекомендуется проводить случайно, т.е. рендомизировать (рис. 19, б).

а)

Блок	X				У				Блок
I	1	2	3	4	1	5	9	13	I
II	5	6	7	8	2	6	10	14	II
III	9	10	11	12	3	7	11	15	III
IV	13	14	15	16	4	8	12	16	IV

б)

Блок	X				У				Блок
II	7	8	5	6	10	6	14	2	II
IV	16	15	13	14	5	1	13	9	I
I	1	4	3	2	11	15	3	7	III
III	9	10	11	12	12	8	4	16	IV

Рисунок 19. Размещение вариантов опыта по методу решетки

6.3.5. Расщепленная делянка. Все ранее рассмотренные методы размещения вариантов можно применять при проведении одно- и многофакторных опытов. Размещение вариантов по методу расщепленной делянки применяется только при закладке многофакторных опытов. При таком методе размещения варианты одного фактора (делянки первого порядка), используются для размещения вариантов второго фактора (делянки второго порядка), которые потом используются для размещения вариантов третьего фактора (делянки третьего порядка) и т.д. В агротехнических опытах на делянках первого порядка целесообразно изучать приемы, которые

выполняются первыми (предшественник, обработка почвы). При проведении многолетних стационарных многофакторных опытов, методу расщепленных делянок следует отдавать предпочтение. В процессе опытной работы возникают новые идеи, мысли, требующие экспериментального изучения. Метод расщепленной делянки позволяет вводить для изучения новые факторы. Для введения новых вариантов расщепляют делянки предыдущих порядков.

Делянки первого порядка называют главными делянками, а делянки второго, третьего и т.д. порядков называют субделянками. По площади, главные делянки являются самыми крупными. По мере их расщепления, площадь делянок для последующих факторов уменьшается.

Варианты по главным делянкам и субделянкам размещают методом рендомизации. Особенность их размещения в том, что варианты главных делянок рендомизируются самостоятельно по каждому повторению, варианты второго и последующих порядков рендомизируются каждый раз заново. Размещение вариантов в трехфакторном опыте $3 \times 2 \times 3$ по изучению предшественников (a_0, a_1, a_2), обработок почвы (b_0, b_1) и удобрений (c_0, c_1, c_2) по методу расщепленной делянки показано на рисунке 20.



Рисунок 20. Размещение вариантов опыта по методу расщепленной делянки

Расщеплять опытные делянки можно в горизонтальном и вертикальном направлениях, что диктуется техническими условиями закладки и проведения полевого опыта. На рисунке 21 показано последовательное расщепление делянок в трехфакторном опыте.

6.3.6. Метод смешивания. В многофакторных опытах с увеличением числа факторов и вариантов по каждому фактору, увеличивается общее количество вариантов, для изучения которых требуется увеличение размера опытного участка. При этом из-за возможной неоднородности плодородия почвы варианты могут оказаться в неодинаковых условиях, нарушается принцип единственного различия, увеличивается ошибка, что неизбежно ведет к снижению точности исследования. Одним из эффективных приемов для снижения этих недостатков является применение при размещении вариантов метода смешивания.



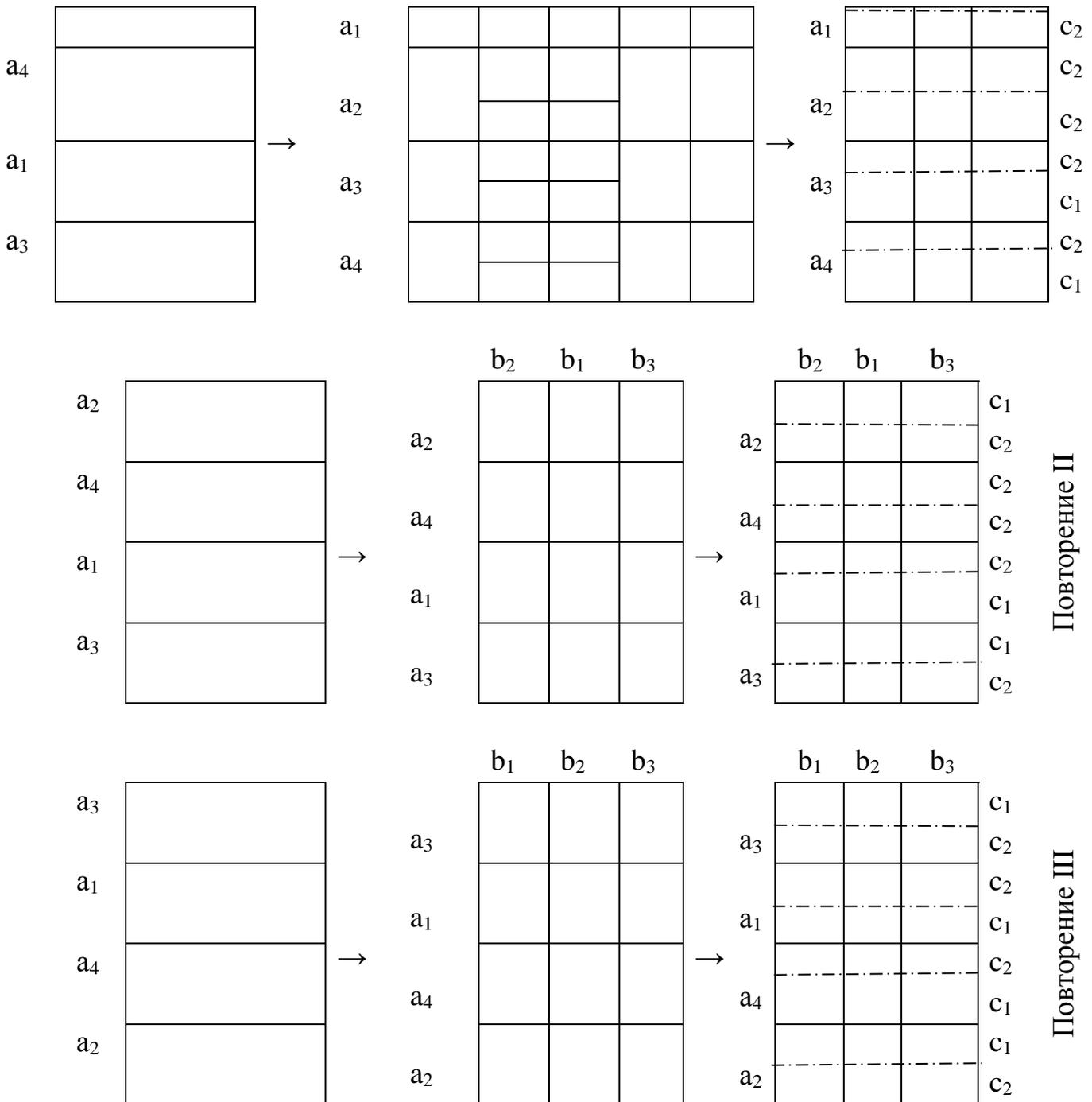


Рисунок 21. Схема последовательного расщепления вариантов в трехфакторном опыте с 24 вариантами ($4 \times 3 \times 2$).

Смешиванием называется такой метод размещения вариантов при котором в каждом повторении опыта варианты объединяются в группы (блоки), равноценные в отношении главных характеристик так, чтобы разности между группами составляли взаимодействие высшего порядка, представляющее меньший интерес, чем главные эффекты и взаимодействия между двумя факторами. В этом случае точность опыта определяется варьированием почвенного плодородия не по всему повторению, а внутри его части - внутри блока. Чтобы более точно сравнить варианты внутри блока, взаимодействия высшего порядка отождествляются, смешиваются с

межблоковыми различиями, которые в условиях полевого опыта, как правило, не существенны и не представляют интереса.

На рисунке 22 показано размещение трехфакторного опыта по изучению удобрений: 0, N, P, K, NP, NK, PK и NPK. Факторами здесь являются азотное, фосфорное и калийное удобрения, которые изучают в двух градациях (дозах) 0 и 1.

	1	2	3	4					
I	K	NPK	PK	NK	0	NP	N	P	II
	N	P	0	NP	PK	NK	NPK	K	
III	NK	0	NPK	N	P	N	PK	NK	IV
	NP	PK	K	P	K	NPK	NP	0	
	5	6	7	8					

Рисунок 22. Схема размещения трехфакторного опыта ($2 \times 2 \times 2$) методом смешивания в 8 блоках четырех повторений (смешано взаимодействие NPK).

Эффект тройного взаимодействия, которое жертвуется, определяется по формуле: $(NPK) = \frac{1}{4} (N+P+K+NPK) - (0+NP+NK+PK)$. Если варианты N, P, K, NPK расположить территориально в одном блоке, а варианты 0, NP, NK, PK – в другом, то тройное взаимодействие «смешивается» (отождествляется) с блоковыми различиями. Блокировка для опыта $2 \times 2 \times 2$, в котором всего 8 вариантов, не является обязательной, но она становится необходимой, если число вариантов более 16-20 и территориальные размеры повторения становятся большими, что ведет к увеличению ошибки опыта.

Контрольные вопросы

1. Методы размещения вариантов в опыте.
2. Техника рендомизации вариантов в полевым опыте.
3. Какой метод размещения вариантов применяется на участке с закономерным изменением плодородия почвы?
4. Стандартное размещение вариантов в опыте. Ямб-метод. Дактиль-метод.
5. Преимущества и недостатки стандартных методов размещения вариантов.
6. Систематическое размещение вариантов в опыте. Недостатки систематического размещения вариантов в опыте и их статистическая необоснованность.
7. Последовательное и ступенчатое систематическое размещение вариантов в опыте.
8. Рендомизированные методы размещения вариантов в опыте. Преимущества рендомизированных методов размещения вариантов в опыте.
9. Размещение вариантов по методу полной рендомизации и рендомизации внутри повторений.
10. Размещение вариантов в опыте по методу латинского квадрата и прямоугольника.

11. Рендомизированное размещение вариантов в опыте с одним и двумя ограничениями.

12. Какой метод размещения вариантов в опыте применяется, если $l = n$ и $l > 8$, l/n ?

13. Какие методы размещения вариантов применяются, если плодородие почвы изменяется в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях?

14. При каких условиях варианты в опыте размещаются по методу расщепленной деланки?

15. Размещение вариантов в опыте по методу решетки. Как контролируется варьирование плодородия почвы при размещении вариантов по методу решетки?

ТЕМА 7. УБОРКА И УЧЕТ УРОЖАЯ В ОПЫТЕ

7.1. Выключка в полевом опыте. Заключительная часть эксперимента - уборка и учет урожая. Этот очень ответственный этап при проведении полевого опыта требует большого внимания и аккуратности, так как урожайность - главный показатель в оценке эффективности испытываемых агротехнических приемов и сортов растений. Небрежность и излишняя поспешность при выполнении этой важной работы неизбежно ведут к ошибкам, которые обесценивают конечные результаты опыта. Малейшая неточность при пересчете урожая с опытной деланки в кг в центнеры с 1 гектара приводит к большим погрешностям. Например, при опытной деланке площадью 50 м^2 , все ошибки при пересчете на гектар будут увеличиваться в 200 раз.

К уборке урожая необходимо заранее подготовиться. Необходимо подготовить этикетки, мешки. Работа должна быть организована так, чтобы исключить возможность даже незначительных потерь урожая. За один - два дня до уборки нужно тщательно осмотреть весь опыт, убрать этикетки, колышки и другие посторонние предметы, которые могут попасть в уборочную технику и вывести ее из строя.

С момента появления всходов ведутся наблюдения за состоянием посева. Всякие отклонения (нетипичные места) отмечаются и фиксируются в полевом журнале. Особенно тщательно осматривают учетные площади опытных деланок и при необходимости делают выключки. **Выключка** - часть учетной площади опытной деланки, на которой не учитывается урожай. Иногда выбраковывают и целые деланки. К определению того, что следует считать выключкой, необходимо подходить очень осторожно и делать их только в случае их явной необходимости, так как необоснованное исключение из учета части деланки может сильно исказить результаты

опыта. Причиной для выбраковки могут служить только факторы, не связанные с действием изучаемого вопроса:

- стихийные явления природы (смывы, размывы, градобитие);
- потравы скотом, птицей, грызунами и пр.;
- ошибки при закладке и проведении опыта (просевы, изреживание посевов пропашных культур при междурядных обработках и пр.);
- грубые ошибки.

Недопустимо делать выключки или браковку целых делянок лишь по сугубо субъективному впечатлению, на глаз. Не может служить основанием для каких-либо выключек равномерная неоднородность растений на делянке. Необходимо определить причину ненормально хорошего или плохого состояния растений. Тщательно смотреть состояние одноименных вариантов на всех повторностях и установить, не является ли наблюдаемое явление закономерным. Только при совершенно случайном характере нетипичного состояния посева можно сделать выключку.

Выключки и выбраковки делянок делают с учетом всех предыдущих записей наблюдений и только в том случае, если есть совершенно объективные данные, объясняющие природу выключки. При наличии на учетной части опытной делянки солонцовых пятен, типичных для почв места проведения опыта, к выключкам их не относят и из учета не исключают. Нельзя делать выключки при изучении сортов, если гибель или изреживание их связано с засухой, морозами, заморозками, ледяной коркой и другими неблагоприятными метеорологическими факторами, повреждением вредителями и поражением болезнями, к которым сорта относятся неодинаково. При гибели сортов их урожайность равна нулю, который принимают во внимание при вычислении средней многолетней урожайности. Для выбраковки не может быть убедительным доводом тот факт, что, например, делянка варианта, от которого экспериментатор ждет хороших результатов, кажется ему необычно малоурожайной.

Совершенно недопустимо браковать опытные делянки на основании чисто субъективного впечатления о расхождении или неоднородности повторений или пестроты урожаев по повторениям, особенно после того, как урожай убран и взвешен, если не выявлены конкретные причины этих расхождений. Если возникают какие-то сомнения, используют статистический метод браковки сомнительных дат.

Уменьшение учетной площади делянки из-за выключек допускается не более, чем на 50%, если больше - делянку выбраковывают полностью и относят к выпавшим. При выпадении из учета более 50% делянок варианта, его целиком исключают из опыта. При выпадении из учета 50% делянок

повторения его целиком исключают из учета. Если в равной степени надо браковать вариант или повторение, бракуют повторение. На делянках площадью не более 10 кв. м выключки не делают. Однако, если есть основание на таких делянках сделать выключку площадью более 30%, их исключают из учета целиком.

Форма выключки - прямоугольная. В выключку попадают не только поврежденные растения, но и находящиеся рядом с ними, так как рост и развитие этих краевых растений проходил в нетипичных условиях их освещения, питания и т.п. При небольшой ширине делянок целесообразно выключать отрезок делянки в полную ее ширину.

Выключки отграничивают колышками, измеряют длину, ширину, рассчитывают площадь с точностью до 0,1 кв. м. и все заносится в журнал. По культурам с заданной площадью питания растений, длина выключки должна быть кратной расстоянию между растениями в ряду, а ширина - кратной ширине междурядий.

Урожай на всех выключках и концевых защитных полосах убирают до уборки урожая с учетной площади опытной делянки. Боковые защитные полосы можно убирать до и после уборки урожая с учетной площади. Все определяется тем, как были спланированы размеры опытной делянки, ширина боковых защитных полос и расположение делянок в опыте.

7.2. Методы и способы уборки и учета урожая. В исследовательской работе применяются два метода уборки и учета урожая - прямой (сплошной) и косвенный и два способа уборки - комбайном и вручную.

При сплошном учете весь урожай с учетной части опытной делянки убирают и взвешивают на весах, удовлетворяющих требованиям Госстандарта РФ. Метод и способ уборки урожая должны быть одинаковыми для всех вариантов опыта. Исключением из этого правила могут быть только опыты, в которых вопрос изучения сроков и способов уборки урожая является составной частью программы исследований.

При работе с культурами сплошного сева, уборка чаще всего проводится комбайном. Малогабаритными комбайнами можно убирать урожай на делянках с относительно небольшими учетными площадями (10-25 м² и больше). При планировании площади учетной делянки для комбайновой уборки урожая, необходимо учитывать такую закономерность, что чем выше урожайность культуры, тем меньше может быть учетная площадь и наоборот.

На небольших делянках, или если величина урожая не позволяет использовать на уборке комбайн, растения скашивают вручную (серпом или косой). После скашивания немедленно связывают в снопы, к снопам каждого

варианта прикрепляют этикетку, помещают в мешок колосьями внутрь, перевозят в молотильный сарай и обмолачивают на молотилке.

Прежде, чем приступить к обмолоту урожая с опытных делянок, комбайн опробуют на защитках с тем, чтобы добиться полного обмолота зерна (семян), минимального дробления и потерь. Правильная сравнимость вариантов по урожайности предусматривает уборку по мере созревания. Все варианты опыта убирают в одинаковой степени зрелости.

Уборку урожая, желательно, проводить в течение одного дня, а если по каким-то причинам этого сделать нельзя, убирают опыт по повторениям.

При уборке комбайном зерновых и зернобобовых культур между уборкой двух делянок комбайн должен в течении 3-4 минут работать вхолостую с включенной пневмоочисткой. Этого времени обычно бывает достаточно, чтобы все вымолоченные зерна попали в приемную камеру, для затаривания зерна из бункера комбайна в мешки и этикетирования. В опытах по сортоиспытанию каждый сорт по мере созревания убирают в один день на всех повторностях. После чего комбайн тщательно очищают и только после этого приступают к уборке следующего сорта.

Бункерный урожай (в кг) с каждой делянки взвешивают в поле или после перевозки мешков на ток, или в специально отведенное помещение. После взвешивания зерна из каждого мешка отбирают среднюю пробу массой 1-2 кг для определения влажности, засоренности и показателей качества. Результаты взвешивания бункерной массы с делянки пересчитывают с килограммов в центнеры с одного гектара при стандартной влажности и 100% чистоте по формуле:

$$X = \frac{Y \times (100 - C)(100 - B)}{S \times (100 - B_1)}, \text{ где}$$

X – урожайность зерна при 100%-ной чистоте и стандартной влажности, ц/га;

Y – бункерная масса зерна с делянки, кг;

C – засоренность зерна, %;

B – фактическая влажность зерна, %;

B₁ – стандартная влажность зерна;

S – площадь опытной делянки, м².

Пропашные культуры, как правило, убирают вручную. При учете кукурузы на зерно с учетной площади делянки убирают все початки, делят их на три фракции (с зерном полной, восковой спелости и недозрелые) и взвешивают отдельно каждую фракцию. Затем с каждой делянки отбирают по 50 початков с зерном полной и восковой спелости (пропорционально их

долям в урожае), взвешивают, обмолачивают и определяют выход зерна. Урожайность чистого зерна при стандартной 14% - ной влажности рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{УП(100-B)}{8600}, \text{ где};$$

X – урожайность зерна при 14%-ной влажности, ц/га;

У – урожай початков в полной и восковой спелости, ц/га;

П – выход зерна от урожая початков, %;

B – фактическая влажность зерна, %;

8600 – коэффициент пересчета урожая початков к урожаю зерна при 14%-ной влажности.

При учете урожая кукурузы на силос, растения на учетной площади делянки скашивают и немедленно взвешивают. Для определения в общем урожае зеленой массы доли листьев, стеблей и початков в молочной и восковой спелости зерна, с каждой делянки берут средние пробы по 10-12 растений, разделяют их на основные части, отдельно взвешивают и определяют их процентное соотношение в урожае.

Подсолнечник. При побурении корзинок их срезают и насаживают на стебли растений семенами вниз (чтобы их не склевали птицы). Когда корзинки полностью подсохнут, семена вымолачивают и взвешивают. Из них отбирают пробы для определения чистоты, влажности и показателей качества семян. Пересчет урожайности с делянки (кг) с учетом чистоты и влажности в ц/га проводят по формуле для зерновых культур.

Картофель, свекла, морковь и другие корне- и клубнеплоды. После выкапывания корнеплоды и клубни слегка подсушивают, тщательно очищают от почвы и взвешивают. При значительной загрязненности почвой, которая при подсыхании не обтряхивается, отбирается проба массой 10-15 кг. Отобранные клубни (корни) взвешивают, промывают в воде, подсушивают и вновь взвешивают. Урожайность в ц/га рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{У \times B \times 100}{S \times A}, \text{ где}$$

X - урожайность клубне-, корнеплодов, ц/га;

У - масса клубне-, корнеплодов с делянки, кг;

B - масса пробы клубне-, корнеплодов после промывания и подсушивания, кг;

A - масса пробы клубне-, корнеплодов до промывания, кг;

S - учетная площадь опытной делянки, м².

Пробы после промывания используют для определения показателей качества. При уборке свеклы, моркови параллельно учитывают и побочную продукцию - ботву.

Косвенный метод учета урожая применяется в том случае, когда по каким-то причинам нельзя применить сплошной метод. Известно несколько модификаций косвенного учета урожая: по пробному снопу; по пробным площадкам; отдельными растениями. Все методы косвенного учета основаны на определении урожайности по средней пробе.

Учет урожая по пробным снопам применяется в опытах с прядильными и кормовыми (многоукосными) культурами. Растения на учетной делянке скашивают, взвешивают и отбирают в 40-80 местах делянки два пробных снопа массой по 5-7 кг. Пробные снопы взвешивают, упаковывают в мешки, перевозят в специальное хорошо проветриваемое помещение, подвешивают и сушат до постоянной массы. Урожайность с варианта определяют по формуле:

$$y = \frac{A \times B \times 100}{B \times S}, \text{ где}$$

У - урожайность сухой массы, ц/га;

А - общая масса урожая с делянки, кг;

В - массу сухого пробного снопа, кг;

Б - масса сырого пробного снопа, кг;

S - учетная площадь опытной делянки, м².

При работе с многолетними травами после скашивания и взвешивания зеленую массу удаляют с делянки, чтобы создать благоприятные условия для последующего отрастания растений.

При применении метода пробных площадок растения для учета урожая отбирают в нескольких местах учетной делянки малыми площадками, обычно по 1 кв.м на «типичной» ее части, а затем делают перерасчет на всю учетную площадь и урожайность с 1 га. При площади опытной делянки 100-200 м² рекомендуется брать 30-40 пробных площадок по 1 м², площадью 300-400 м² - 40-60. Урожай с них учитывают суммарно с каждой делянки. По существу, учет урожая по пробным площадкам сводится к уменьшению учетной площади делянки. Учет урожая по пробным площадкам в той или иной степени приблизительный и не лишен субъективизма, так как каждый исследователь в понятие «типичная часть учетной площади делянки» вкладывает свое видение.

Учет урожая отдельными растениями применяют при работе с пропашными культурами с заданным количеством растений на одном погонном метре. На учетном рядке опытной делянки выделяют первые 10 растений и методом рендомизации определяют первое учетное растение. Начиная с него отсчет, для учета урожая берут каждое, например, 5 или 10, растение, а затем делают перерасчет на всю площадь опытной делянки.

Косвенный метод учета урожая по пробным площадкам и отдельными растениями нельзя рекомендовать для точных опытов, они дают значительно большую ошибку по сравнению со сплошным методом уборки и учета урожая. И их можно использовать лишь в том случае, когда такой учет - единственный выход из создавшегося положения, когда какие-либо непредвиденные обстоятельства (например, неблагоприятные погодные условия) не дают возможности собрать и учесть весь урожай сплошным методом.

Полученные при уборке и учете тем или иным методом урожая по каждой делянке, пересчитанные на гектар в центнерах, используют для определения средней урожайности. Среднюю урожайность по варианту выводят как простую (а не взвешенную) среднюю арифметическую урожайность по повторностям, независимо от изменения размера учетной площади делянки в результате выключек.

Научно-исследовательская работа в агрономии связана с большим объемом вычислительной работы, а отсюда неминуемо возникает вопрос и степени точности расчетов, т.е. сколько десятичных знаков следует оставлять после запятой. Избыточная точность вычислений нежелательна, так как она загромождает и затрудняет работу, отнимает время. Поэтому излишние десятичные знаки необходимо ликвидировать путем округления.

Урожайность (ц/га) рассчитывают до третьей значащей цифры. Например, 215 ц/га, 2,15 ц/га, 0,215 ц/га. Каждое из этих значений урожайности содержит по три значащие цифры.

Урожайность и другие показатели наблюдений и учетов, выраженные дробными числами, округляют. При округлении чисел необходимо придерживаться следующих правил. Если отбрасываемая при округлении цифра:

- меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не изменяется;
- больше 5, то последняя значащая цифра увеличивается на единицу;
- перед округлением за значащей цифрой стоит 5, то последнюю значащую цифру увеличивают на единицу, если она нечетная и оставляют без изменения, если она четная или равна нулю.

Например, $15,746 \rightarrow 15,7$; $17,764 \rightarrow 17,8$; $17,752 \rightarrow 17,8$; $17,252 \rightarrow 17,2$; $17,052 \rightarrow 17,0$.

Наряду с правилами округления должно соблюдаться и правильное написание чисел. Например, при внесении в предпосевную культивацию под озимый ячмень фосфорно-калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{40}$ на первой повторности, получено 47,1 ц/га, на второй - 45 ц/га, на третьей— 46,5 ц/га. В таблице урожайности следует записать: 47,1; 45,0 и 46,5 ц/га. При

неправильной записи возможны грубые ошибки при выполнении математических действий.

Результаты по урожайности обязательно должны быть обработаны статистически, что позволит сделать объективные выводы по изучаемым вариантам.

Контрольные вопросы

1. Значение правильного учета урожая.
2. Подготовка полевого опыта к уборке и учету урожая.
3. Выключки на делянках и выбраковки целых делянок. Как это осуществляется практически.
4. Методы и способы уборки урожая.
5. Недостатки косвенных методов уборки и учета урожая.

ТЕМА 8. ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДИКИ В ОПЫТАХ С ОВОЩНЫМИ, ПЛОДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ И ВИНОГРАДОМ

8.1 Опыты с овощными культурами открытого грунта

Основная цель полевого опыта - получить данные, которые помогут объяснить какое-либо непонятное явление или определить направление дальнейших исследований. Объективность, достоверность сделанных выводов зависит от того насколько правильно были соблюдены основные методологические требования, предъявленные к полемому опыту и спланированы основные элементы методики полевого опыта.

Опыты с овощными растениями необходимо проводить в типичных севооборотах с соблюдением методических требований: типичности, принципа единственного различия с учетом принципа целесообразности и оптимальности, учета урожайности и достоверности опыта по существу. В условиях орошаемого овощеводства, где орошение используют как фон, поливы надо проводить одинаково на всех вариантах учитывая расход поливной воды. Если орошение изучают в опыте, поливают в соответствии со схемой опыта.

Методика проведения опытов с овощными культурами открытого грунта каких-либо существенных различий от опытов с полевыми однолетними культурами не имеют, поэтому основные элементы методики полевого опыта, рассмотренные ранее применимы и к опытам с овощными культурами, однако имеются и особенности методики, обусловленные большим разнообразием овощных растений, их биологией.

Размер опытных делянок зависит от культуры, площади питания растений, вида опыта и уровня механизации. Ширина опытной делянки

должна быть кратной ширине захвата сеялки или рассадопосадочной машины, на учетной площади делянки должно быть не менее трех рядов.

На выровненных по плодородию почвах опытных участках при 3-4 кратной повторности размер учетной площади опытной делянки может быть следующий м²: - укроп, салат, шпинат, петрушка, сельдерей, пастернак – 3-8;

- лук, чеснок, ревень, эстрагон, редис, редька – 8-10;

- горох, фасоль, перцы, баклажаны – 10-20;

- огурец – 15-20; - картофель – 20-25;

- капуста, томат, свекла, морковь – 10-25;

- кабачок, тыква и дыня короткостебельные – 80;

- тыква, дыня, арбуз – 100-150.

Минимальная площадь опытной делянки с овощными культурами определяется числом растений, при котором индивидуальные различия между ними не будут оказывать существенного влияния на точность опыта. В большинстве случаев считается достаточным иметь 80 учетных растений на одной опытной делянке.

Концевые защитные полосы в опытах без орошения выделяют 1,0-1,5 м, в условиях орошения - 1,5-2,0 м. При выборе ширины боковых защитных полос обычно используется правило: чем значительнее различия в росте и развитии растений по вариантам опыта, тем шире должны быть защитки. У большинства овощных растений диаметр корневой системы около 1 м, поэтому в боковые защитные полосы выделяют 1-2 рядка, а при сильных различиях между вариантами опыта 2-4 рядка. В связи с тем, что в опытах с бахчевыми культурами междурядья достаточно широкие (140-210 см), боковые защитные полосы, как правило, не выделяются. Учетную площадь опытных делянок в опытах с переплетающимися растениями – огурцами, бахчевыми культурами, а также горохом и томатами выделяют при отбивке защитных полос перед смыканием растений, отодвигая ветви в стороны, чтобы была видна дорожка разделяющая учетную площадь и защитные полосы. У остальных растений - капуста, морковь, свекла, перц, лук и др. – защитные полосы отбивают перед уборкой урожая. Границы учетных делянок обозначают колышками, бороздками, рейками, шнурами.

При применении в опыте рассадного способа возделывания овощных растений рассаду необходимо выращивать в одинаковых условиях. Рассадку используют только однородную по силе роста и развитию растений. Чтобы иметь возможность отбора, рассады выращивают на 25-30% больше, чем нужно для закладки опыта. Запас нужен также для подсадки в случае изреживания насаждений. Высаживают рассаду в грунт на всем опыте в один день. Необходимо учитывать, что на приживаемость рассады оказывает

влияние время высадки в течении дня. Рассада, высаженная в жаркую погоду во второй половине дня, приживается иначе, чем высаженная утром. Учитывая это, работу по высадке рассады необходимо спланировать так, чтобы влияние времени посадки на всех вариантах опыта было одинаковым. Если это условие выполнить для всего опыта не представляется возможным, высадку рассады в грунт необходимо перенести на следующий день, но только в пределах целых повторений опыта, а не части вариантов. По каждому варианту на боковых защитках высаживают дополнительно 20-25 резервных растений, которые в дальнейшем могут быть использованы для подсадки не прижившейся рассады. Подсадку проводят не позднее, чем через 7 дней после высадки рассады в грунт. Выросшие из нее растения еще можно брать в учет урожайности. Более поздние будут сильно отличаться и их следует исключить из учетных. Растения для подсадки выкапывают с большим комом почвы. После подсадки или по истечении семи дней неиспользованные резервные растения с защиток удаляют.

Наиболее приемлемая форма опытной делянки с овощными культурами прямоугольная 1:5, при использовании механизации 1:10.

В опытах с овощными культурами открытого грунта применяют те же методы расположения делянок, повторений, как и с полевыми культурами. При размещении вариантов на опытных делянках предпочтение следует отдавать рендомизированному (случайному) размещению вариантов по жребью или таблице случайных чисел.

Урожай овощных культур с опытных делянок убирают, как правило, вручную. Перед уборкой проводят осмотр всех делянок и делают выключки. В опытах с луком и морковью выключку делают, если в ряду растения выпадают на расстоянии не менее 30 см, в опытах с огурцами, свеклой, бобовыми – не менее 50 см. В опытах с капустой, томатами, баклажанами, перцами и бахчевыми выключки делают при выпадении не менее двух растений подряд. При этом выключают ближайшие крайние растения в этом же рядке и прилегающие растения со средних рядков, если будет замечена разница в росте и развитии растений. Если выпадения в рядке одного-двух растений встречаются часто и в сумме составляют больше половины рядка, такой рядок целиком исключают из учета.

Выключки фиксируют, измеряют. В опытах с одноборовыми культурами убирают овощи с защитных полос, выключек, удаляют их с опытного участка, а потом убирают растения на учетной площади опытной делянки. Такая очередность позволяет предотвратить многие случайные ошибки. Однако иногда по организационным соображениям и другим причинам сначала необходимо снять урожай с учетной площади делянки, а

затем с защиток. У многосборовых культур перед каждым сбором защитки и выключки отделяют, чтобы четко обозначить учетную площадь делянки.

Урожай учитывают сплошным методом, взвешивая овощи со всей учетной площади каждой делянки. Весь опыт необходимо убрать за один день, максимум за два дня. На второй день переносят только целые повторения, а не отдельные варианты.

Урожай учитывают сплошным методом, взвешивая овощи со всей учетной площади каждой делянки. Весь опыт необходимо убрать за один день, максимум за два дня. На второй день переносят только целые повторения, а не отдельные варианты. Односборовые культуры (картофель, лук, чеснок, корнеплоды, капуста поздняя, тыква и др.) убирают в один прием. Картофель убирают, когда у 75% растений на делянке наступило естественное отмирание ботвы.

Убранная продукция должна быть взвешена поделаноно в день уборки, а лук - репку, чеснок взвешивают после просушки луковиц в валках в зависимости от степени созревания в течение 3-7 дней, или в закрытых проветриваемых помещениях. Вызревшими считаются луковицы, у которых шейка тонкая, сухая. После просушки у луковицы обрезают корни и часть шейки, оставляя её длиной 3-5 см. Время уборки лука и нестрелкующихся форм чеснока определяют наступлением массового полегания и пожелтения листьев, что является признаком окончания формирования луковицы. У стрелкующихся форм чеснока время уборки определяют по подсыханию нижних листьев и пожелтению верхних. Кроме того, к моменту уборки желтеют нижняя часть ложного стебля и частично растрескиваются обертки соцветия. Уборку проводят по мере созревания лука на вариантах опыта. Нельзя оставлять луковицы вызревшего варианта в почве, до созревания его на других вариантах, потому что они могут тронуться вторично в рост чеснок распадается на зубки, теряет товарный вид. Такая продукция будет плохо храниться в зимний период.

В опытах с зимними сортами капусты необходимо иметь в виду, что вполне развитые кочаны, если они закрыты зелеными листьями, не боятся первых легких заморозков и в позднеосенний период дают наибольший прирост урожая. Если кочаны поздней капусты созревают неравномерно, в пределах варианта, их убирают в два срока, чтобы не допустить растрескивания. При уборке кочерыгу срезают на расстоянии 2 см от кочана. Хозяйственный отход - листья, цветущие растения и недоразвитые кочаны не учитывают. Учет их проводят лишь в специальных опытах, когда, например, изучают биологию сорта, влияние площади питания, удобрения и орошения, величину продуктивной и непродуктивной части растения.

К уборке и учету урожая свеклы, моркови, редьки зимней, брюквы приступают, когда не менее 75% корнеплодов достигнут размера товарных. Выдернутые корнеплоды очищают от почвы, ботву обрезают. Урожай с делянок сортируют на товарный и не товарный, взвешивают их отдельно и вычисляют процент от общего урожая.

Урожай многосборных культур (огурцы, томаты, баклажаны, перцы, фасоль, горох, бахчевые и др.) убирают регулярно через определенные промежутки времени при наступлении технической спелости, не допуская перезревания и огрубления продукции. Общий урожай определяют путем суммирования урожая за все сборы.

Сборы огурцов начинают при появлении единичных плодов хозяйственной спелости одного из вариантов. Варианты, не давшие к первому сбору хозяйственно спелых плодов, начинают собирать по мере созревания их в следующие сроки. Промежутки между сборами устанавливают в 1-2 дня, соблюдая их в течении всего периода уборки. В исключительных случаях по отдельным периодам сборов (в начале и в конце плодоношения) могут устанавливаться разные промежутки между сборами, но каждый из них должен быть одинаковым для всех вариантов. При каждом сборе плоды по вариантам опыта сортируют на товарные и не товарные и взвешивают отдельно. К нетоварным относят уродливые, желтяки, пораженные болезнями, поврежденные птицами, грызунами и прочий брак. Вычисляют общий урожай за все сборы по каждому варианту и повторностям и процент товарных плодов.

Уборку и учет урожайности томатов проводят в зависимости от зоны выращивания и их использования. Плоды убирают в полной зрелости (с окраской присущей сорту), розовыми, бурыми, бланжевыми или зелеными. Бланжевыми считаются плоды с ясно выраженной блестостью (молочным оттенком), а у сортов белоплодных в зеленой спелости бланжевыми считается плоды с появляющейся оранжево-бурой окраской. Особенно тщательно необходимо следить за своевременностью первых сборов, чтобы можно было правильно выявить действие изучаемого приема на ускорение созревания и величину первого сбора урожая. При более раннем созревании плодов на делянках с изучаемыми приемами первые сборы на них проводят, не дожидаясь созревания урожая на остальных вариантах опыта. Последующие сборы проводят одновременно на всех делянках опыта. Сборы начинают со времени появления единичных плодов соответствующей зрелости хотя бы на одном варианте. Промежутки между сборами плодов устанавливают в 3-4 дня или больше. При необходимости в отдельные периоды сборов (начало плодоношения, конец плодоношения) промежутки

между сборами могут быть разные, но каждый из них должен быть одинаковым для всех вариантов. Учет урожая на вариантах, у которых к первому сбору не оказалось плодов съемной зрелости, начинают проводить по мере созревания в следующие сроки сборов. Порядковый номер сбора для всех испытуемых вариантов должен быть один, его устанавливают по началу сбора самого раннего варианта в опыте.

При каждом сборе плоды сортируют на товарные и нетоварные (уродливые, треснувшие, больные, поврежденные вредителями, с солнечными ожогами и др. брак) и взвешивают отдельно. При последнем сборе, перед наступлением осенних заморозков, учитывают зрелые плоды вместе с розовыми, бурыми и отдельно бланжевые вместе с зелеными. Учет зрелых, розовых и бурых плодов проводят, как при обычном очередном сборе. Зеленые и бланжевые плоды учитывают только те, которые пригодны для дозаривания и засолки. Нетоварные зеленые и бланжевые плоды (больные, сильно уродливые, треснувшие и прочий брак) последнего сбора не учитывают. Урожай всех плодов и отдельно товарных плодов суммируют за все сборы по вариантам и повторностям опыта. Товарную часть урожая составляют зрелые и незрелые плоды, соответствующие стандарту. Количество зрелых товарных плодов и отдельно зеленых товарных плодов, в том числе бланжевых выражают в процентах от общего урожая плодов по варианту.

Общий выход зрелых товарных плодов по варианту рассчитывают с точностью до 1% по формуле:

$$\frac{(100 - V_c) \cdot V_g}{100} * V_c, \text{ где}$$

V_c - выход товарных плодов созревших на корню, от общей массы урожая, %; V_g - выход товарных плодов при дозаривании, %.

При изучении зеленых и пряных многолетних овощных культур необходимо обратить внимание на сроки отрастания. К уборке приступают по мере достижения культуры технической спелости (хозяйственной годности). У сортов листового салата техническая спелость характеризуется началом стеблевания 10-15% растений на делянке, у сортов кочанного – когда кочаны у 25% растений уплотняются и покрывающие их листья примут бледно-зеленый, белесоватый или бело-желтоватый оттенок (в зависимости от окраски листьев), а у единичных растений появится цветуха. У ранних сортов кочаны могут, не отбеливаясь, переходить к стеблеванию. У таких сортов хозяйственная годность учитывается при появлении единичных стеблей. Кочанный салат убирают выборочно в 2-3 срока при появлении хозяйственно-годных кочанов у 25% растений. Уборку листового салата

можно проводить в один прием, лучше в сухую погоду, когда листья просохнут от росы.

Укроп употребляется в виде зелени (молодые растения в фазе закладки соцветий у 75% растений) в качестве специй (в фазе конца цветения зонтиков первого порядка у 75% растений) при засолке огурцов и других овощей). Уборку при весеннем посеве проводят в два срока (по половине делянки): первый – при наступлении хозяйственной годности и второй - в фазе конца цветения зонтиков первого порядка (у 75% растений). При летнем и осеннем посеве уборку молодых растений проводят в один срок при наступлении хозяйственной годности (закладка соцветий).

Щавель - многолетняя культура. В первый год обычно проводят один сбор листьев. Основные сборы начинают на второй год по мере отрастания листьев (до трех сборов, а при хорошем отрастании и больше). Собранные листья взвешивают. Осеннюю уборку листьев не проводят.

У корневого сельдерея и корневой петрушки в пищу употребляют листья и корнеплоды, у листового сельдерея и листовой петрушки - только черешки и листья, у пастернака - только корнеплоды. Признаком технической спелости корневого сельдерея является пожелтение внешних листьев. Урожай корнеплодов пастернака учитывают без листьев, корневой петрушки и корневого и листового сельдерея с листьями, затем у растений одного повторения обрезают листья, определяют процент выхода корнеплодов. У листовой петрушки, листового и черешкового сельдерея при уборке удаляют желтые и больные листья и взвешивают целые растения.

Эстрагон - многолетнее растение, но как овощную пряную культуру его следует выращивать на одном месте не более 4-х лет. У него очень ароматичные листья, которые употребляют в пищу в виде свежего салата и приправы, в качестве специй при засолке огурцов и других овощей. Уборку урожая начинают при достижении хозяйственной годности. За сезон срезают ветки 2-3 раза, которые должны иметь длину 20-25 см. После последней срезки над землей должен остаться стебель высотой 10 см.

8.2 Опыты с овощными культурами в защищенном грунте.

При постановке опытов в защищенном грунте опытный участок - это вся площадь теплицы или блоков и отдельных зон. При использовании искусственного климата и почвы очень трудно создать равноценные условия света, температуры, влажности почвы и воздуха. В связи с чем в современных сооружениях защищенного грунта наблюдается неравномерное распределение микроклимата как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Это ведет к сильному закономерному и случайному

варьированию урожайности овощных культур по зонам (северная, южная, восточная, западная, центральная) теплиц.

В ангарной остекленной теплице зависимости от изучаемой культуры разница в урожайности по зонам теплицы достигает 20-40% в. Поэтому территориальное варьирование урожаев может перекрывать величину прибавки по вариантам опыта. Отсюда очевидна необходимость правильного планирования элементов методики и организации опыта в защищенном грунте.

Каждая теплица имеет свой режим, неповторимый уже в следующем году. Этим объясняется варьирование урожая по годам на одних и тех же опытных делянках. Поэтому постановка опытов в условиях защищенного грунта требует особого внимания к планированию схемы опыта и структуры эксперимента.

Прежде чем закладывать опыты, необходимо изучить распределение климатического режима в различных зонах теплицы. Питательным субстратом для овощных растений служит почва, искусственные среды. В теплицах с использованием почвогрунта необходимо провести обследование на однородность. При большой пестроте его необходимо тщательно перемешивать, добиваясь однородности в пределах опытного участка. В дальнейшем теплицу и почву необходимо ежегодно дезинфицировать.

Учитывая ограниченность площади теплицы в защищенном грунте закладывают мелкоделяночные опыты. Площадь учетная для крупных растений (томат, огурец, перец сладкий, баклажан, цветная капуста и др.) 5-10 м², для редиса, салата, шпината, сельдерея, петрушки 1-2 м². При изучении дыни, арбуза размер делянок с этими культурами увеличивается до 10-20 м². На искусственных субстратах площадь опытной делянки определяются размером стеллажей, бассейнов и вместимостью резервуаров для питательных растворов. При этом для каждого варианта с удобрениями необходимо организовывать автономное питание.

Форма опытной делянки прямоугольная с соотношением сторон от 1:2 до 1:4, если условия выращивания овощей в теплице варьирует в одном направлении, при варьировании условий в двух взаимно перпендикулярных направлениях лучше квадратная форма. В ангарных теплицах опытные делянки направляют перпендикулярно коньку, в блочных – вдоль конька.

Повторность опытов 4-6 квадратная. Варианты опыта объединяют в повторения. Число повторностей и повторений, как правило, одинаковое. По условиям выращивания в теплицах выделяют несколько зон. В ангарных - пять: центральная, западная, восточная, северная и южная. В блочных - три: примыкающая к центральной дороге, пяти-шести метровая зона вдоль

боковых ограждений и центральная. Крайние секции теплиц для опытной работы непригодны, каждое повторение должно занимать площадь с однородными условиями. Размещение одной части вариантов, например, в южной зоне, а другой в восточной или иной недопустимо.

Делянки могут располагаться одно- и многоярусно. Повторения - сплошным методом или разбросанно по зонам, если весь опыт нельзя разместить в пределах одной зоны, выделяя достаточные защитные полосы (2-4 м) от торцовых и боковых ограждений.

Учитывая ограниченность однородной площади в условиях защищенного грунта и неравномерность в распределении микроклиматических факторов в схему однофакторного опыта следует включить не более 6-8 вариантов и до 32 в многофакторных. Варианты на делянках опыта лучше размещать рендомизированно. Систематическое размещение ведет к получению сильно искаженных данных при закономерной территориальной изменчивости плодородия опытного участка. Следует так же иметь в виду, что при установлении случайного варьирования плодородия в данном году, на следующий год оно может перейти в закономерное и при этом часть вариантов будет расположена в лучших вариантах, другие - в худших. При этом будет нарушено методическое требование - принцип единственного логического различия.

На боковые защитки выделяется один ряд. В опытах с удобрениями, проводимых на грунте, планируют защитки до 2 м, но, чтобы уменьшить размер опытной делянки для исключения влияния соседей можно обойтись и без защиток, если между делянками на всю глубину грунта установить щиты, например, из пластмассы.

Уборку и учет урожая овощных культур в условиях защищенного грунта проводят с соблюдением положений для опытов открытого грунта. Урожайность определяют в кг с одного квадратного метра.

8.3. Опыты с плодовыми культурами и виноградом

Методика полевого опыта с плодово-ягодными культурами в принципе такая же как и, с полевыми культурами, но отличается рядом важных особенностей. Главная особенность состоит в том, что в этих опытах исследователь имеет дело с мощными многолетними растениями, требующими индивидуального ухода и учета урожайности. Многолетние растения живут дольше и, следовательно, нужна большая аккуратность при планировании элементов методики в опытах с ними. К тому же они, как правило, крупнее однолетних растений и предъявляют больший интерес в качестве отдельных индивидуумов. Можно легко определить урожайность с одного дерева, куста, однако пшеницу, ячмень изучают только в виде

совокупности, состоящей из нескольких сот растений на одном квадратном метре.

При работе с полевыми культурами основным источником ошибок полевого опыта является пестрота почвенного плодородия. Основной причиной сильного варьирования опытных данных в плодоводстве служит индивидуальная, генетическая изменчивость растений. У плодовых, ягодных и орехоплодных растений довольно устойчиво варьирует урожайность по годам. Отмечается прямая корреляционная связь между состоянием растений в начале опыта и на протяжении всех последующих лет. Следовательно, эту вариабельность необходимо учитывать и объединять растения в варианты надо по исходному состоянию так, чтобы каждый из них охватывал всё разнообразие условий опытного участка и опытных растений.

Правильно размещая опытные растения по вариантам на основе предварительного учета их исходного состояния и изучения плодородия опытного участка, можно значительно повысить точность опыта.

Участок, намеченный под закладку опыта, должен быть по местоположению вполне пригодным для изучаемой культуры, однородным по почвенному покрову, рельефу, водному режиму и по характеру использования в последние 3-5 лет. Земельный участок подбирают с учетом его длительного использования: для плодовых деревьев и винограда - несколько десятков лет, для ягодников - 10-15 лет. Почва и подпочвобразующая порода должны обеспечивать глубокое проникновение корней.

При планировании опытов во вновь закладываемых насаждениях особое внимание необходимо обращать на однородность посадочного материала, плодовых и кустарниковых ягодных растений, который необходимо вырастить в одинаковых условиях. Для плодовых культур использовать стандартные подвои. За всеми растениями в питомнике должен быть одинаковый и тщательный уход.

Посадочный материал для опыта отбирают в питомнике до выкопки саженцев. Измеряют диаметр штамба, высоту растений, количество и прирост побегов. Все отобранные саженцы должны быть одинаковыми по силе роста и с доброкачественной корневой системой. Из опыта следует исключить все неподходящие растения - большие, маленькие, уродливые. После отбора по деланкам опыта растения распределяют методом рендомизации, чтобы исключить вольной или невольной субъективизм исследователя.

При закладке опытов в уже существующих садах и ягодниках они должны отвечать следующим требованиям: - типичность насаждения для

зоны деятельности опытного учреждения по породно-сортовому составу и местоположению: рельефу, почве и условиям увлажнения;

- однородность насаждения по сортовому и возрастному составу, обеспеченность сортами опылителями, здоровое состояние растений, изреженность в плодовых садах не выше 15-20%, в ягодниках не выше 10-15%, чистосортность ягодных насаждений (примеси допускаются не выше 10%), изреженность кустов винограда и примесь посторонних сортов не должны превышать 10%. Следует учитывать, что с возрастом, в связи с обрезкой и обломкой, вариация урожайности отдельных кустов винограда сильно увеличивается, и если возраст не является изучаемым фактором, для опыта лучше использовать виноградники не старше 20-30 лет;

- однообразие агротехники, применявшейся в насаждениях за последние 3-5 лет (система содержания почвы, вносимые удобрения, формирование кроны, обрезка, борьба с вредителями, болезнями и др.);

- вариационный коэффициент урожайности плодовых культур высокий. Например, у яблони в зависимости от сорта, подвоя, возраста, условий насаждения он колеблется от 25 до 40-50%, а диаметра штамба до 20%. Учитывая, что индивидуальная изменчивость плодовых растений значительно превышает варьирование плодородия почвы, до закладки опыта за 1-2 года, необходимо провести учет урожайности по каждому дереву или кусту. При сильном варьировании основных показателей роста и урожайности плодовых растений на результаты опыта будут влиять не только условия вариантов (сорта, элементы, технологии или технологии в целом), но и различия в исходном состоянии растений. Поэтому необходимо учитывать урожайность и обхват штамба (но середине его высоты) каждого дерева перед закладкой опыта.

Диаметр или окружность штамба, а еще лучше площадь поперечного сечения штамба являются важными показателями состояния плодового дерева и находятся в прямой корреляционной связи с урожайностью. Считается, что в молодых садах при таксации насаждений можно ограничиться измерением диаметра штамба, а в плодоносящих при закладке опыта ориентироваться на урожайность, как наиболее изменчивый признак. Полученные данные используют для отбора более или менее одинаковых растений для закладки опыта. В зависимости от степени изменчивости устанавливается количество деревьев в варианте, число повторностей, размер опытных делянок и их расположение в опыте.

Для опытов с плодовыми, ягодными культурами и виноградом площадь опытной делянки определяется количеством учетных и защитных деревьев. Исследованиями установлено, что использование небольших делянок, но с

большим числом повторностей обеспечивает получение более точных данных, чем закладка опыта на больших делянках при небольшой повторности.

Повторность в опыте служит для повышения точности проведения опыта и должна быть такой, чтобы в соответствии с количеством изучаемых вариантов обеспечить 15, а лучше 25 степеней свободы для остаточной дисперсии. Отсюда можно иметь «дерево-делянку», «куст-делянку», если повторные деревья рассеяны по опытному участку. Если деревья сосредоточены на одной делянке, то учет урожайности с каждого дерева не создает повторности и их нельзя использовать при статистической обработке данных. В исследовательской работе с плодово-ягодными культурами и виноградом чаще всего используют опытные делянки со следующим числом растений:

- яблоня, груша, айва, слива, алыча, вишня, черешня, абрикос, персик – 6-15 деревьев;
- смородина, крыжовник, малина - 10-30 кустов;
- виноград столовые сорта - 20 кустов; - для земляники - 20-40 м².
- виноград технические сорта - 30-40 кустов;
- в питомнике - 40-60 растений; - в школе сеянцев - 20-25 м²;

Как правило, опыты, требующие точных сравнений необходимо закладывать в 4-6 кратной повторности.

Общее число опытных растений в каждом варианте зависит от принятой повторности, но, как правило, для плодовых оно не должно быть менее 20-40, кустарниковых ягодников - 30-60, для питомников - 100-160, для школы сеянцев и опытов с земляникой не менее 50-100 м².

Для изучения динамики развития растений по годам, более детального и тщательного учета и анализа различных элементов, проведения агрохимических, биохимических, физиологических исследований на различных вариантах могут быть поставлены опыты с размером опытных делянок: с плодовыми деревьями 1-3 дерева, с кустарниковыми ягодниками - 3-4 растения, с земляникой - 4-10 м². Повторность должна быть не менее 5-8 кратной.

Конкретно размеры делянок устанавливают с учетом коэффициента вариации (V %) и требуемой точности опыта (Sx%).

По величине вариационного коэффициента урожайности и намеченной точности определяют ориентировочно количество (n) деревьев в варианте по формуле:

$$n = (V \% / Sx\%)^2, \text{ если } V \% = 30\%, Sx\% = 5$$

$$\text{то } n = (30/5)^2 = 36$$

Это количество деревьев каждого варианта должно быть размещено на площади сада в повторениях. Учетные растения на опытной делянке располагают в 1-2 ряда, землянику в 2-4 ряда.

Как и в опытах с полевыми культурами в опытах с плодовыми культурами выделяются защитные полосы (ряды). Существуют разновидности защитных рядов – внешние и внутренние. Первые используются для защиты экспериментального участка и выделяется с двух сторон квартала вдоль длинных делянок, необходимо иметь 1-2 защитных ряда, вторые для предотвращения взаимного влияния вариантов. Внутренние защитные ряды выделяются между вариантами опыта во всех случаях, когда изучаются удобрения, системы содержания почвы, орошение, опрыскивание, опыливание. Между вариантами выделяется обычно один защитный ряд. В опытах с обрезкой защитки выделяются, если есть вероятность, что в результате обрезки деревья будут резко различаться по величине, форме.

В опытах с зелеными операциями, со сроками и способами укрытия и в других исследованиях, когда не наблюдается заметного взаимодействия вариантов можно обходиться без боковых защитных полос. Во всех опытах в конце опытных рядов выделяются защитные растения: у плодовых культур - 1-2 дерева, у ягодных кустарников – 2 куста, у земляники - 4-5 растений.

Варианты опыта на делянках размещаются рендомизированно по жребию или по таблице случайных чисел. При небольшом числе вариантов следует использовать метод полной рендомизации, а с увеличением их количества - рендомизацию внутри повторений. Если есть вероятность изменения изучаемых факторов в двух взаимно перпендикулярных направлениях применяется латинский квадрат или прямоугольник. При закладке многофакторных опытов применяется метод рендомизированных расщепленных делянок, позволяющий использовать делянки одного опыта в качестве блоков, повторений для другого. Расщеплять основную делянку можно до элементарной единицы, т.е. до одного растения. В опытах с плодовыми культурами по методу «дерево-делянка», когда деревья одноименных делянок размещают рассеянно по опытному участку и каждое дерево считается делянкой, особенно тщательно нужно изучить выделенное под опыт насаждение до закладки опыта.

Учет урожайности в опытах с плодовыми культурами также имеет свои особенности по сравнению с полевыми культурами.

За две недели до уборки урожая визуально определяют ожидаемую урожайность, срок съемной зрелости плодов.

На типичном дереве каждой делянки для определения оптимальной урожайности с дерева на одной, удобной для учета скелетной, ветви

подсчитывают число плодов, определяют среднюю массу плода, перемножают оба показателя и получают массу плодов на этой плодовой ветви. Полученный результат умножают на число равновеликих ветвей и получают массу плодов с дерева.

Срок съемной зрелости плодов определяют по содержанию в них крахмала с использованием йода калия. Чем меньше крахмала, тем спелее плод. Отсутствие крахмала или незначительное его количество указывают на потребительскую спелость плода. Этот метод необходимо дополнить морфологическими и биологическими показателями (окраска кожицы плодов, их аромат, консистенция мякоти и её плотность, легкость отделения плодов, вкус, побурение семян и др.).

Урожайность по вариантам опыта учитывают сплошным методом. Сначала убирают плоды на защитных рядах, а затем на учетных. Если учесть урожайность по всему опыту за один день невозможно, то эту работу проводят по повторениям. Из учета исключают деревья, у которых урожайность снижена по причинам, не связанным с действием изучаемого приема (механические повреждения, хищения, несоответствие привоя и подвоя и др.). Также, как и при работе с полевыми культурами, не допускается браковка по субъективным причинам.

У молодых, вступивших в плодоношение садах урожайность учитывают со всей учетной площади опытной делянки. Средняя урожайность с одного дерева определяется путем деления урожайности с делянки на число учетных деревьев включая и не плодоносящие в данном году, но не исключенные из учета.

При полном плодоношении урожайность учитывают с каждого дерева. Условно началом полного плодоношения считается год, когда урожайность с одного учетного дерева в среднем достигает: у яблони не менее 25 кг, у груши - 15 кг и у косточковых - 10 кг. В число учетных обязательно включают деревья, которые не плодоносят или слабо плодоносят в этом году.

Урожайность по вариантам опыта в тоннах с одного гектара рассчитывают по формуле: $У = А/Б * 10$, где

А - средняя урожайность с каждого дерева (кг);

Б - площадь питания одного дерева ($м^2$).

Учет урожайности земляники, малины проводят со второго года после посадки со всей учетной площади делянки с интервалом 1-2 дня по мере созревания ягод каждого сбора, но обязательно за один день со всех делянок. Если опыт включают много вариантов учет проводится по повторениям. Урожайность всех сборов суммируют по вариантам и делают расчет на один гектар в тоннах.

Урожайность смородины крыжовника определяют с каждого куста с последующим пересчетом на гектар. При неодновременном созревании ягод урожайность учитывают в два приема.

В опытах с виноградом перед сбором и учетом урожайности опытный участок тщательно осматривают и отмечают кусты, которые сильно отличаются от типичных кустов с действием изучаемого фактора. Эти кусты исключают из учета. Все не выключенные кусты, не давшие в данном году урожай, входят в число учетных. Далее собирают и удаляют урожаи с делянок выключенных и защитных кустов. Урожайность по вариантам опыта определяют либо с каждого учетного куста (покустный учет), или в целом с опытной делянки (поделяночный учет). Покустный учет урожайности требует дополнительных затрат труда. Поэтому не следует выделять на делянках более 15 учетных кустов. Они должны быть наиболее типичными для каждой делянки опыта. Их подбирают сначала по типичному числу глазков, затем по типичному числу плодоносящих побегов и даже гроздей. Подобранные кусты обозначают этикетками и используют для учетов во все последние годы. Урожай с защитных рядов убирают в последнюю очередь.

Контрольные вопросы:

1. Минимальное количество учетных рядов в опытах с овощными культурами.
2. Площадь опытной делянки в опытах с овощными культурами открытого грунта.
3. Особенности влияния защитных полос в опытах с овощными культурами открытого грунта.
4. Требования к высадке рассады овощных культур на опытных делянках.
5. Учет урожая одно- и многосборовых культур в опытах с овощными культурами.
6. Особенности проведения опытов с овощными культурами в защищенном грунте.
7. Площадь опытной делянки в опытах с овощными культурами в защищенном грунте.
8. Особенности в разработке схем опытов с овощными культурами в закрытом грунте. Метод размещения вариантов на опытных делянках.
9. Главная особенность в разработке полевых опытов с плодовыми культурами.
10. Требования к закладке опытов во вновь закладываемых насаждениях в уже существующих садах.
11. Площадь опытной делянки в опытах с плодовыми культурами.

12. Методы размещения вариантов на делянках в опытах с плодовыми культурами.

13. Внутренние и внешние защитные полосы в опытах с плодовыми культурами.

14. Особенности учета урожая в опытах с плодовыми культурами и виноградом.

ТЕМА 9 Исследования по расширению ассортимента овощей и сроков поступления свежей продукции

Такие исследования необходимо планировать с учетом природно-экономических особенностей каждой зоны страны. В условиях пригородного овощеводства опытную работу целесообразно проводить в направлении разработки технологий производства ранних овощей и конвейерного поступления свежей продукции в широком ассортименте. В южных районах нужно усилить исследования, направленные на производство свежих овощей в осенне-зимний, весенний и раннелетний периоды года для вывоза продукции в центральные и северные зоны. В основных природных зонах страны целесообразно решать следующие задачи:

- в каждом научном учреждении, занимающемся овощеводством, организовать коллекционный питомник в целях предварительного изучения малораспространенных овощных культур, отбора из них наиболее перспективных;

- изучить биологические особенности и выделить перспективные культуры и сорта для выращивания в полевых условиях с применением временных пленочных укрытий, отработать механизированные технологии выращивания ранних овощей под такими укрытиями;

- усовершенствовать приемы предпосевной подготовки семян, повышающие полевую всхожесть, гарантирующие получение раннего и высокого урожая;

- разработать агрокомплексы для получения ранней продукции, обеспечивающие дружную отдачу урожая при различных сроках и способах выращивания (ранневесенний и осенний сроки посева, подзимние посева);

- создать систему конвейерного производства овощей, расширив сроки поступления продукции и ее ассортимент;

- усовершенствовать технологии выращивания многолетних овощных культур (хрен, ревень, щавель, спаржа, многолетние виды лука и др.);

- разработать технологии выращивания ценных малораспространенных овощных культур.

После того, как будет достаточно исчерпывающе изучена коллекция овощных растений, выявлена роль отдельных агроприемов и их взаимосвязь на фоне углубленного анализа условий роста и развития растений, можно переходить ко второму этапу - к изучению агрокомплексов, а затем и технологий.

Используя эффективные приемы подготовки семян и выращивания рассады, определяя оптимальные площади питания, создавая необходимые условия минерального питания и водного режима при выращивании растений, защищая их от весенних заморозков свето-прозрачными пленками, можно значительно ускорить поступление ранней продукции, повысить урожай, товарность и качество овощей.

Для выращивания ранних овощей севооборотный участок должен иметь естественную защиту, предохраняющую растения от воздействия холодных ветров. Располагают его обычно на южных склонах с легкими по гранулометрическому составу почвами, которые быстро прогреваются весной, что позволяет проводить работы в наиболее ранние сроки. Поля севооборота следует нарезать с таким расчетом, чтобы на них могли работать имеющиеся сельскохозяйственные машины и орудия. Ширину опытной деланки устанавливают кратной одному-трем проходам посевного или посадочного агрегата. Это позволит проводить многофакторные опыты путем деления элементарной деланки на две, три и более частей. Размещение деланок систематическое или рендомизированное, повторность 3-4-кратная.

Площадь учетной деланки различная в зависимости от культуры.

Чтобы избежать пестроты плодородия полей, при организации опытного участка все поля севооборота необходимо разделить на три части и занимать под опыты ежегодно, только третью часть площади. Остальную часть полей засевают одной и той же культурой (желательно одного сорта) и применяют одинаковую агротехнику (уравнительный посев).

Набор ранних овощных культур и их чередование зависят от природных условий зоны, где проводят опытную работу. Для пригородного овощеводства центральных районов Нечерноземной зоны характерно преобладание холодостойких культур. В южных районах страны большой удельный вес в севообороте занимают требовательные к теплу культуры: томат, перец, баклажан, огурец, арбуз, дыня и др.

Для многолетних овощных культур, особенно хрена, надо отвести запольный участок, где их выращивают при определенном чередовании.

Подбор культур и перспективных сортов для расширения ассортимента. Цель опытов - выбрать сорта и культуры, наиболее полно использующие природные условия зоны, разработать их агротехнику

применительно к конвейерному производству овощей в течение круглого года.

В южных микрорайонах товарного производства ранних овощей, предназначенных для вывоза в центральные и северные районы страны, следует подобрать культуры и сорта для осеннего, зимнего и ранневесеннего выращивания (капуста белокочанная, цветная, брюссельская, салат кочанный, редис, столовые корнеплоды, пряновкусовые культуры, овощной боб), а также для раннелетнего (томат, огурец, баклажан, арбуз, дыня и др.).

В центральных и северных районах европейской части страны, на Урале, в Сибири, на Дальнем Востоке основное внимание следует уделить расширению ассортимента холодостойких овощных культур (капуста цветная, краснокочанная, кольраби, брокколи, салат кочанный, салатный цикорий, кресс-салат, шпинат, редька, редис, мангольд, ранние столовые корнеплоды, пряные овощные растения, овощной горох, боб и др.). При наличии синтетических пленок целесообразно расширение площади под ранними требовательными к теплу культурами (огурец, томат, перец, баклажан).

Во всех зонах страны необходимо проводить исследования с многолетними овощными культурами (ревень, щавель, спаржа, виды лука, пряновкусовые овощи, хрен). Выращивание этих культур позволит расширить ассортимент, увеличить объем производства продукции и расширить период поступления ее населению.

Решение задачи расширения ассортимента овощей начинают с организации коллекционного участка на специально выделенном поле, однородном по плодородию. Размещают культуры с учетом их принадлежности к ботаническому семейству (капустные, пасленовые, астровые, тыквенные и др.), а также хозяйственного назначения продуктового органа (корнеплоды, плоды, листья и пр.) и биологических особенностей (однолетники, двулетники, многолетники). Это позволит применить впоследствии правильное чередование культур.

Агротехника культур и сортов, проходящих предварительное изучение, должна соответствовать их биологическим особенностям и основываться на механизации производственных процессов. Культуры и сорта, наиболее полно отвечающие поставленным задачам, включают в план дальнейших исследований. Разработка агроприемов и агрокомплексов, обеспечивающих высокие и ранние урожаи овощей. Для получения ранних высоких урожаев овощей большое значение имеют подбор ультра- и раннеспелых сортов и гибридов, сроки посева семян в грунт, мульчирование посевов, применение рассадного способа и особенно временных пленочных укрытий.

Высокая эффективность временных пленочных укрытий установлена при выращивании огурца, кабачка, томата, бахчевых культур, многолетних видов лука, ревеня и др. Необходимо проводить исследования в этом направлении и с другими культурами в различных зонах страны: перцем, баклажаном, салатом листовым и кочанным, укропом, петрушкой на зелень, шпинатом, пряновкусовыми культурами и т.д. Следует изучать особенности микроклимата, складывающиеся под пленочными укрытиями, и без укрытий - определять среднесуточную, максимальную, минимальную температуру воздуха и почвы на поверхности и на глубине 10, 20 см, влажность воздуха, динамику влажности почвы по слоям 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 см, освещенность в солнечные и пасмурные дни, особенности роста и развития растений и поступление урожая в динамике.

Важно исследование по зонам оптимальных и возможных сроков выращивания капусты цветной, брокколи, кольраби, редиса, зеленных культур в целях обеспечения конвейерного поступления продукции и длительного снабжения ею населения.

Сроки выращивания капусты цветной изучают с использованием трех-четырех сортов (районированных и перспективных). В центральных районах Нечерноземной зоны рекомендуется оценивать следующие сроки высадки рассады: третья декада апреля, первая, вторая и третья декады мая, первая, вторая и третья декады июня, первая декада июля. Кроме того, в опыт целесообразно включить один-два срока посева семян в открытый грунт. При этом можно обеспечить непрерывное поступление готовой продукции из открытого грунта в течение 90-100 дней и подготовить растения для доращивания головок в защищенном грунте. В опытах применяют передовую в данной зоне технологию. В условиях юга страны рационально изучение не только весенних, но и осенне-зимних сроков выращивания капусты цветной.

Рекомендуется выявить сроки и способы прищипки верхушек растений капусты брюссельской, обеспечивающих ускорение созревания и повышающих выход товарных кочанчиков. Для всех видов капусты необходимо унифицировать ширину междурядья, уточнить площади питания, гарантирующие устойчивые высокие урожаи с наименьшими затратами труда.

Аналогичные исследования выполняют при изучении конвейерного поступления продукции зеленных культур. Посевы проводят под зиму и весной через каждые 10-15 дней. Представляет также интерес выявление оптимальных сроков посева и посадки лука на зелень. В этих опытах планируют летние и осенние сроки посева чернушки, посадки севка и

выборка для получения зелени лука весной и в начале лета. При осенней посадке изучают различные материалы, используемые в качестве мульчирующих укрытий. Весной устанавливают временные пленочные укрытия в целях получения более ранней продукции. Объектом изучения могут быть как районированные, так и перспективные сорта и гибриды.

Немалое значение имеют изучение и оценка агрокомплексов для получения ранних овощей. Агрокомплекс включает эффективные агроприемы, составляющие основу механизированной технологии выращивания той или иной культуры. Ниже приведены примерные схемы опытов с различными овощными культурами.

<i>Корнеплодные и зеленные овощные культуры</i>	
Первый агрокомплекс	Контроль (принятая в данной зоне технология в открытом грунте).
Второй агрокомплекс	То же, но посев под зиму дражированных семян, покрытых гидрофобными пленками; повышенный фон минерального питания; обработка посевов гербицидами осенью.
Третий агрокомплекс	Посев под зиму дражированных семян, покрытых гидрофобными пленками; повышенный фон минерального питания; применение пленочных укрытий в ранневесенний период; обработка посевов гербицидами осенью.
Четвертый агрокомплекс	То же, что и в третьем агрокомплексе, + мульчирование (синтетические пленки или специальные мульчматериалы).

В данных опытах изучают в основном агроэкономическую эффективность каждого агрокомплекса. Проводят метеорологические, фенологические наблюдения, биометрические исследования, выявляют режим питания, влажность почвы при выращивании каждой культуры, нарастание урожая в динамике, оценивают качество продукции. Все агротехнические мероприятия максимально механизировать.

Разработка агротехники зеленных овощных культур. Для успешного внедрения в производство указанных овощных растений необходимо вести широкую пропаганду и разъяснение их пищевой ценности и способов использования, одновременно разрабатывая их агротехнику, обеспечивающую высокий урожай.

Требовательные к теплу плодовые овощные культуры

	Огурец
Первый агрокомплекс	Контроль (принятая в зоне технология выращивания в открытом грунте).
Второй агрокомплекс	Выращивание под временными пленочными каркасными укрытиями; посев дражированных или барботированных и закаленных к холоду семян; борьба с сорняками под пленкой с помощью гербицидов.
Третий агрокомплекс	То же, что и во втором агрокомплексе, но выращивание под пленочными бескаркасными укрытиями.
Четвертый агрокомплекс	То же, что и во втором агрокомплексе, но выращивание растений рассадным способом.
	Томат
Первый агрокомплекс	Контроль (принятая в зоне технология выращивания в открытом грунте).
Второй агрокомплекс	Высадка рассады под пленочные укрытия каркасного тоннельного типа до наступления последнего весеннего заморозка; опрыскивание цветочных кистей стимуляторами образования плодов в дозах, рекомендуемых для каждой зоны; пасынкование растений.
Третий агрокомплекс	То же, что и во втором агрокомплексе, + мульчирование почвы в междурядьях.

В опытах с пряными корнеплодными овощными культурами (петрушка, сельдерей, пастернак и др.) следует изучать различные способы получения ранней зелени, корнеплодов с зеленью и самих корнеплодов, унифицировать схемы посева и посадки, уточнять размер и конфигурацию площади питания растений, находить способы равномерного размещения их в рядах, чтобы исключить прорывку, уточнять оптимальные дозы, способы и сроки внесения минеральных удобрений, режимы и способы полива, определять влияние различных агроприемов на качество продукции. Для пастернака следует уточнить сроки посева, способы мульчирования почвы, приемы, повышающие сохранность корнеплодов при их перезимовке в открытом грунте, и способы получения высокого раннего урожая.

Первоочередная задача опытов с репой, редькой и редисом - разработка механизированной технологии конвейерного производства продукции, поступающей из открытого грунта, а также способов хранения ее до нового урожая. При разработке агротехники салатного цикория витлуф важно обратить внимание на площади питания и схемы посева, способы равномерного размещения растений в рядах, которые должны обеспечить максимальный выход выравненных корнеплодов диаметром от 3 до 5 см. Такие корнеплоды при выгонке их в защищенном грунте дают более высокий урожай кочанов.

Изучая агрокомплекс получения высокого урожая лука-порея, следует уточнить оптимальный возраст рассады, способы отбеливания утолщенной ножки (ложной луковицы), вопросы перезимовки растений в открытом грунте.

Важно изучить приемы, обеспечивающие конвейерное поступление продукции зеленных культур, установить очередность сроков посева отдельных сортов каждой культуры, унифицировать схемы посева (преимущественно многострочные) по группам культур, обеспечивающие высокую урожайность при максимальной механизации производственных процессов, включая уборку урожая.

Кабачок и патиссон могут быть страховыми культурами при выращивании огурца в центральных районах страны. Помимо разработки сортовой агротехники этих культур, следует рассмотреть использование их в качестве кулисных растений при выращивании огурца в открытом грунте и с использованием временных пленочных укрытий.

Особенности проведения опытов с многолетними овощными культурами.

Исследования с указанными культурами ведут по общепринятой методике полевого опыта. Однако, учитывая, что их выращивают на одном месте в течение нескольких лет, особенно тщательно подбирают участок и проводят все мероприятия в полном соответствии с требованиями полевого опыта (планировка, уравнильный посев, почвенное обследование, удобрение и пр.). При закладке опытов с многолетними культурами следует установить постоянные границы делянок, которые необходимо точно сохранять в течение всего периода проведения эксперимента.

Большое внимание надо уделять разбивке опыта на площади. Составляют схематический план каждого опыта, на котором указывают расположение повторений, размещение делянок с указанием номера варианта и названия приема. Все поля и делянки должны иметь постоянную нумерацию.

Ниже приведены схемы некоторых опытов по изучению агротехники многолетних овощных культур.

Р е в е н ь. Один из наиболее важных вопросов технологии производства ревеня – способы его размножения. Примерная схема такого опыта следующая:

- деление куста на две части с оставлением двух-трех почек;
- деление куста на три части с оставлением одной-двух почек;
- деление куста на четыре части с оставлением одной-двух почек;
- посадка рассадой;

□ посадка корней с почками.

Перед закладкой опыта отбирают равноценных по продуктивности маточники ревеня. В опыте, помимо проведения общепринятых наблюдений и исследований, дают экономическую оценку различных способов размножения, позволяющих применять механизацию. На второй год после высадки в грунт следует провести исследования, направленные на выявление эффективности различных способов уборки черешков: путем выламывания стандартных и оставления на растении мелких и путем одновременной срезки всех черешков, удобной для механизированной уборки урожая. Необходимо ежегодно учитывать урожайность и определять качество продукции.

Щавель. Эту культуру выращивают на одном месте до 3 лет, ежегодно проводя многократную срезку листа. В опытах с ней следует изучать сроки посева (весенние, летние, осенние, подзимние) и их влияние на урожайность и качество продукции; роль временных пленочных укрытий в ускорении поступления ранней продукции; влияние числа сборов урожая (до 5-6) в течение лета на продуктивность растений в следующем году (срезку листьев проводят на культуре первого и второго года посадки); способы механизированной уборки урожая; влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество продукции.

Спаржа. Необходимо изучать различные способы посадки, выявлять наиболее эффективные и экономичные дозы органических (60, 80, 100, 120 т навоза на 1 га) и минеральных удобрений, совершенствовать способы отбеливания побегов (различная высота окучивания почвой, применение синтетических пленок и др.), разрабатывать способы ускоренной выгонки молодых побегов путем обогрева почвы.

Эстрагон. Цель опытов - изучить способы размножения растений (делением куста, черенками, корневыми отпрысками-побегами, рассадой и посевом семян); выявить эффективность каждого способа размножения для различных сортов; определить оптимальные дозы органических и минеральных удобрений, вносимых при закладке плантации; исследовать влияние условий выращивания (уровня плодородия почвы, обеспеченности растений влагой, различных приемов ухода за растениями и др.) на качество продукции при различных сроках уборки урожая. Помимо общих для всех культур наблюдений и исследований, в опытах с эстрагоном определяют содержание эфирных масел в листьях.

Многолетние виды лука. В каждой климатической зоне целесообразно: изучить биологические особенности многолетних видов лука, их реакцию на комплекс условий выращивания, определить место в

конвейерном производстве зеленого лука. В связи с этим необходимо установить сроки и схемы посева, площади питания с учетом оптимальной густоты стояния растений, разработать агрокомплексы, обеспечивающие получение высоких урожаев (определить режимы орошения, минерального питания, агротехнические способы борьбы с сорняками и другие приемы ухода за растениями). Для увеличения выхода ранней продукции следует разработать по зонам сроки и способы укрытия растений синтетическими пленками.

Хрен. В культуре возделывают как однолетнее, двулетнее или многолетнее растение. Цель опытов - решить следующие вопросы:

- собрать и изучить местные формы хрена, а также отечественные и зарубежные сортообразцы, отобрать лучшие из них (по отсутствию или слабому ветвлению корней, из которых формируется товарная продукция в первый и второй год после посадки); исследовать влияние различных сроков посадки и уборки (ранневесенние, весенние, летние, осенние) на выход товарной продукции в первый и второй год культуры;

- изучить различные способы подготовки черенков хрена (удаление спящих почек, подращивание за 10-12 сут до высадки и сочетание указанных способов), обеспечивающие высокие урожаи товарной продукции при однолетней и двулетней культуре;

- установить действие органических и минеральных удобрений на урожай товарных и посадочных корней; выявить влияние длины и толщины черенков на выход товарного урожая в первый и второй год культуры; механизировать отдельные производственные процессы выращивания (нарезка черенков, подготовка их к посадке, посадка рассадопосадочной машиной, уход за растениями, уборка урожая);

- разработать агротехнические и химические способы борьбы с сорняками, способы уничтожения оставшихся корней при ликвидации плантации хрена; способы и режимы хранения корней.

При изучении ассортимента овощных культур, разработке технологий выращивания и уборки урожая, а также приемов получения ранней продукции проводят следующие наблюдения и учеты: определяют агрегатный состав, полную влагоемкость, объемную массу, плотность почвы, содержание в ней гумуса, общего азота (перед закладкой опытов), подвижных форм фосфора и калия, гидролитическую кислотность и рН почвы, сумму обменных оснований и степень насыщенности почвы основаниями.

Фиксируют метеорологические условия, а в опытах со светопрозрачными пленками - и микроклимат, складывающийся под

укрытиями. В опытах с подзимними посевами выявляют условия перезимовки семян, измеряя на глубине их заделки температуру и влажность почвы.

Определяют лабораторную, полевую всхожесть, энергию прорастания семян, густоту стояния растений, степень приживаемости рассады, засоренность посевов. Проводят фенологические наблюдения и биометрические исследования. Учитывают динамику прироста растений, сроки и дружность отдачи урожая. Дают оценку качества продукции, особое внимание уделяя содержанию витаминов, эфирных масел, нитратов и нитритов. Все опыты сопровождают анализами затрат труда и средств по вариантам исследования.

ТЕМА 10 Особенности проведения опытов по семеноводству овощных культур

В области семеноводства овощных культур применительно к разным почвенно-климатическим зонам перспективны исследования по следующим вопросам:

изучение биологических особенностей однолетних семенных растений и семенников двулетних овощных культур, биологии формирования семян;

разработка приемов повышения выхода маточников двулетних растений и повышение урожая семян двулетних и однолетних культур с единицы площади;

изучение влияния массы маточников, густоты стояния семенных растений, схемы посева и посадки на урожай и качество семян;

исследование приемов механизированной уборки маточников двулетних культур, влияния ее на сохранность маточников, урожай и качество семян; совершенствование приемов механизированной посадки маточников;

разработка способа беспересадочного производства семян двулетних овощных культур в южных районах страны, позволяющего резко снизить трудоемкость их получения;

подбор оптимальных доз органических и минеральных удобрений, оптимальных режимов орошения при выращивании маточников и семян овощных культур;

разработка способов борьбы с сорняками, болезнями и вредителями на семеноводческих посадках и посевах;

□ использование регуляторов роста, ростовых веществ, биологически активных препаратов, в том числе группы ауксинов, для повышения урожая и качества семян.

Опыты по разработке приемов выращивания маточников и семян проводят в овощном севообороте на орошаемых участках, на почвах, хорошо обеспеченных элементами минерального питания.

В исследованиях с перекрестноопыляемыми растениями (капустой, морковью, луком, огурцом и др.) необходимо создать условия для наиболее полного опыления, используя для этого пчел, шмелей и т.д.

При постановке опытов с двулетними культурами необходимо предусмотреть хранилище для маточников с регулируемым режимом температуры и влажности воздуха, а также навесы и площадки для дозаривания и сушки семян. При опытной работе с растениями, имеющими сочноплодные семенники (томат, огурец), следует подготовить место для выделения, сбраживания и сушки семян.

Особенность экспериментов с двулетними культурами в сравнении с однолетними заключается в их более высокой трудоемкости и большей продолжительности, так как часто для получения однолетних данных необходимы не один, а два года.

Полевые опыты по технологии семеноводства закладывают не менее чем в четырех повторностях. Размер посевных и учетных делянок варьирует в зависимости от вида растений, а также от способов посева и посадки (ручная или механизированная). В исследованиях с однолетними культурами размер учетных делянок принимают такой же, как и в других агротехнических опытах. В ряде опытов с двулетними культурами (морковь, капуста и др.) площадь посевной делянки увеличивают до 200-400 м², что связано с необходимостью отбора типичных маточников и сохранения определенного числа растений для исследований. Площадь учетной делянки в экспериментах с двулетними культурами второго года жизни не менее 20 м². Основные показатели в опытах - величина урожая и качество семян. При оценке посевных качеств семян необходимо руководствоваться действующими стандартами ГОСТ или ГОСТ Р по определению чистоты, всхожести, жизнеспособности, влажности, зараженности болезнями и вредителями.

Урожай семян, как правило, учитывают полностью со всей делянки. В опытах с крупными семенниками двулетних культур (капуста, морковь и др.), с большим числом вариантов и при необходимости дозаривания семенников допускается учет урожая семян с 10 семенных растений, взятых в виде средней пробы в разных местах делянки. В экспериментах с

двулетними культурами важен учет выхода маточников капусты, корнеплодов, луковиц с единицы площади.

Сопутствующие исследования включают учет метеорологических факторов, биометрические исследования, оценку густоты стояния растений в период вегетации и перед уборкой семенников, степени поражения болезнями и повреждения вредителями, фенологические наблюдения. В число сопутствующих исследований по двулетним культурам включают также наблюдения за сроками отрастания маточников в поле, продолжительностью цветения, образованием плодов, созреванием плодов и семян. Учитывают сохранность маточников в период зимнего хранения. Во всех опытах определяют экономическую эффективность отдельных агроприемов или их комплекса.

При постановке опытов с отдельными культурами необходимо учитывать следующие особенности методики их проведения.

Капуста белокочанная. Представляют интерес исследования, направленные на выявление эффективных приемов повышения выхода маточников с единицы площади с учетом биологических особенностей сорта или гибрида. В этих целях изучают разные сроки посева, схемы посадки, создают различную густоту стояния растений.

Например, в Нечерноземной зоне для определения оптимального срока посева семена сортов типа Белорусская высевают с конца апреля и до конца мая с интервалом 5-10 дней. При этом устанавливают срок посева, дающий максимальный выход стандартных маточников массой 2,4-2,6 кг.

При выявлении оптимальной густоты стояния растений среднеспелых сортов могут быть изучены варианты посадки от 20 до 70 тыс. растений рассады на 1 га. В каждом варианте наряду с общим выходом маточников изучают их фракционный состав, разделяя растения по массе кочана на следующие группы: 1,0-1,5 кг, 1,6-2,5, 2,6-3,5, 3,6-4,5, более 4,6 кг. Учитывают также число недогонов и число растений с треснувшими кочанами.

Изучают сохранность маточников в разных вариантах опыта. Маточники хранят при температуре 0-1°C и относительной влажности воздуха 90-97%. На хранение закладывают 150 маточников каждого варианта.

Перед закладкой на хранение и в процессе его определяют содержание в кочанах сухого вещества, сахаров, а также витамина С. В период хранения ведут наблюдения за прохождением морфогенеза в растениях, по которому можно судить о переходе точки роста из вегетативного в генеративное состояние. В маточниках капусты в результате пяти этапов морфогенеза

формируются зачатки цветков. Для биохимических и анатомических исследований из каждой повторности отбирают 8-10 маточников. В конце периода хранения учитывают пораженность их серой гнилью и слизистым бактериозом.

Изучают влияние отдельных приемов на урожайные качества маточников путем высадки их в поле и определения семенной продуктивности растений. При этом учитывают приживаемость семенников, пораженность растений болезнями, а перед уборкой урожая устанавливают число выпавших растений.

В целях получения максимального урожая семян капусты с единицы площади исследуют варианты посадки семенников по разным схемам и с различной густотой стояния растений. При этом максимальное число растений в варианте может быть доведено до 70 тыс. на 1 га.

Наряду с учетом урожая семян проводят следующие сопутствующие наблюдения и учеты: биометрические исследования за ростом центрального побега (в динамике), определение длины и числа побегов первого и второго порядков, числа стручков на одном растении, числа семян в стручке, диаметра стебля, числа семенников с различным типом ветвления. Определяют урожай семян с одного растения и выход семян отдельно с побегов первого и второго порядков. Исследуют фракционный состав семян, разделяя их по диаметру на фракции: менее 1,5 мм, 1,5-2,0, более 2,0 мм.

При выращивании семян капусты в Нечерноземной зоне, Западной Сибири и ряде других районов для хранения маточников требуются большие объемы хранилищ. В целях повышения эффективности их использования актуальны исследования по хранению маточников в виде вырезанных кочерыг, сохранность которых можно повысить путем обработки фунгицидами.

При хранении семенников в хранилищах с регулируемой температурой кочерыги обрезают осенью, обрабатывают их 0,5%-ной суспензией фундазола и укладывают в контейнеры с полиэтиленовыми вкладышами (толщина пленки не более 100 мкм) или в штабеля шириной в два ряда, корневой системой внутрь, высотой 1-1,5 м. Корни пересыпают увлажненным торфом или опилками.

Для уменьшения потерь семян при уборке, особенно механизированной, необходимо искать пути снижения их осыпаемости. Перспективны в этом направлении исследования по обработке семенников клеевыми эмульсиями. В опыты может быть включен поливинилацетат в дисперсном виде в концентрациях от 5 до 20%. Указанной клеевой

эмульсией опрыскивают семенники при влажности побегов первого и второго порядков 70-65, 60-55 и 50-45%.

Ценный прием - предпосевное осветление и подрачивание кочерыг в штабелях в открытом грунте. Подготовленные таким образом кочерыги дают повышенный урожай семян.

Очень важно совершенствовать приемы, направленные на сокращение затрат труда при производстве семян. К таким приемам относится способ беспересадочного выращивания семян в южных районах страны, при котором исключаются работы по выкопке, хранению и посадке маточников. Маточные растения зимуют непосредственно в поле. В производстве этот способ уже широко применяется при выращивании семян ранних и среднеспелых сортов в зоне Черноморского побережья Кавказа. Необходимы также разработки для выращивания семян поздних и лежких сортов капусты.

Основная задача исследований, проводимых в данном направлении, - установление оптимального возраста растений, запаса питательных веществ, который обеспечил бы прохождение яровизации, а также способствовал повышению зимостойкости растений. При выявлении оптимального возраста растений применительно к зоне Каспийского побережья Дагестана посев семян на рассаду следует проводить с конца мая до конца июля или высевать семена непосредственно в грунт с начала июня до начала августа с интервалом 10 дней. При этом возраст растений различных сортов ко времени наступления температур, обуславливающих яровизацию (на уровне 8-10°C), будет достигать 80-155 дней. В таких условиях растения капусты образуют семенной куст.

В этих опытах важно в зимний период наблюдать за изменением содержания общего сахара и белкового азота в растениях, учитывать растения, образовавшие цветоносы, а также вести наблюдения за температурой воздуха.

При массовом применении пестицидов, которые вызывают значительную гибель и снижение активности насекомых-опылителей, на семенных участках устанавливают ульи с пчелами. Сроки их установки и количество можно определить экспериментально. Обработку семенников пестицидами против цветоеда необходимо проводить в период массовой бутонизации до цветения, чтобы не погубить насекомых-опылителей.

Морковь столовая. При разработке приемов повышения выхода маточных корнеплодов с единицы площади создают различную густоту стояния растений (600, 900, 1200, 1500 тыс. на 1 га), применяя различные нормы посева.

В Центрально-Черноземной зоне и южных районах страны семена высевают в несколько сроков, начиная с апреля, с интервалом 10-15 дней. Маточники в этом случае убирают в несколько приемов с начала сентября через каждые 10-15 дней. Учитывают общий и товарный урожай корнеплодов. Определяют выход маточных корнеплодов (массой 50-150 г) в тоннах и количественном выражении (тыс. на 1 га), а также в процентах к общему урожаю. В качестве сопутствующих исследований учитывают в динамике площадь, число и длину листьев, массу растений, диаметр, массу и длину корнеплода у 40-50 растений.

Для изучения фракционного состава маточников в каждом варианте берут пробу из 300-400 корнеплодов, которую, например, у сорта Шантенэ 2461 распределяют на следующие фракции, г: 50 и менее, 51-70, 71-90, 91-110; 111-130, 131-150, 151-170, 171-190, более 190. При этом особо выделяют фракции с корнеплодами массой менее 50 г, 51-150, 151-200 и более 200 г.

Изучают сохранность и семенную продуктивность маточников, убранных в разные сроки и, следовательно, имеющих разный возраст (90, 100, 110, 120, 130 и 140 дней) или выращенных при различной густоте стояния.

Для разработки приемов механизированной уборки маточников следует изучить возможность использования машин теребильного и подкапывающего типа. В этих опытах наряду с определением основных показателей качества уборки (потери корнеплодов, степень и вид их повреждений) необходимо учитывать число корнеплодов с поврежденной точкой роста, которые практически непригодны для использования в качестве маточных.

Маточные корнеплоды, убранные механизированным способом, закладывают на хранение в 4-кратной повторности в полиэтиленовые мешки вместимостью 25-30 кг и поддерживают температуру 0-3°C и относительную влажность воздуха 85-90%. Перед закладкой маточников на хранение и в конце этого периода определяют содержание сухого вещества, в том числе моно- и дисахаров, каротина. После высадки маточников в поле учитывают приживаемость растений, выпадения семенников в течение вегетации и урожай семян. В опытах по изучению влияния густоты стояния семенников на урожай семян высаживают различное число маточников: от 30 до 140 тыс. растений на 1 га. Для выявления оптимальной массы маточника применительно к определенной густоте стояния используют корнеплоды от 50 до 200 г и выше.

На делянках учитывают число семенников каждого типа ветвления и проводят биометрические исследования (определяют высоту растений в

динамике, число зонтиков каждого порядка ветвления, их диаметр и другие показатели). У семенников моркови отмечают следующие фенофазы: начало стеблевания (при образовании стебля высотой 5 см), переход к цветению (по началу цветения центральных зонтиков), массовое цветение (по зонтикам первого порядка и побегов замещения), начало созревания, полная зрелость семян.

Наряду с поделяночным учетом урожая целесообразно выделять 15-25 семенных растений для определения структуры урожая (выход семян с центральных зонтиков, боковых зонтиков первого, второго и других порядков) и посевных качеств семян. Основная масса семян (65-70%) обычно формируется на боковых зонтиках первого порядка, но в зависимости от приемов выращивания этот показатель может варьировать.

Целесообразно комплексное изучение в различных зонах семеноводства влияния степени загущения семенников и массы маточных корнеплодов на структуру семенного куста, дружность созревания и качество семян, урожай семян со всего куста и с различных его ярусов.

Перспективно совершенствование приемов беспересадочного выращивания семян в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской области, Чечне, Ингушетии. Основная задача этих исследований - установление срока посева, позволяющего получать корнеплоды массой 15-30 г. Такие корнеплоды более устойчивы к вымерзанию. В этих целях посев семян проводят с интервалом 10 дней с конца июля до конца сентября. В качестве контроля может быть ранневесенний срок высадки маточных корнеплодов.

Перед уходом растений в зиму учитывают густоту стояния их, число и длину листьев, массу растения, массу и диаметр корнеплода. Определяют содержание сухого вещества, сахаров, каротина, общего и белкового азота. Весной выявляют количество перезимовавших растений и не образовавших цветоносных побегов. В течение вегетации ведут необходимые сопутствующие наблюдения.

Наряду с изучением срока посева исследуют влияние густоты стояния растений на урожай и качество семян. Для этого осенью формируют деланки с густотой стояния 70, 300, 600, 1200 тыс. растений на 1 га. После перезимовки и перед уборкой урожая учитывают густоту стояния семенников.

Перспективно применение десикантов, которые способствуют более дружному созреванию семенников моркови и позволяют проводить механизированную уборку их за один прием. В опытах используют хлорат магния в дозе 10-20 кг/га д.в., реглон в дозе 0,2-0,6 кг/га д.в. и др. Растения

обрабатывают десикантами при влажности семян с зонтиков первого порядка 60, 55, 50 и 40%. Действие препаратов оценивают на 5-й, 10-й и 15-й день после обработки путем определения влажности семян, зонтиков и стеблей 20 растений, взятых с каждого варианта.

Лук репчатый. В районах производства семян лука важной задачей является повышение выхода маточного материала с гектара. В этих целях закладывают опыты с различными схемами посева и разными нормами высева семян (в южной зоне используют нормы высева 6-12 кг/га). В опытах формируют варианты с густотой стояния растений от 500 до 1100 тыс. на 1 га. Учитывают общий урожай лука, урожай лука-матки, выход маточных луковиц диаметром более 4 см, определяют среднюю массу маточной луковицы.

Перспективно также изучение выхода маточного материала при подзимнем и ранневесеннем посевах семян. В субтропической зоне целесообразно исследовать сроки посева, начиная с февраля и до апреля с интервалом 15 дней. Анализируют фракционный состав луковиц, выделяя фракции по массе, г: 25-50, 55-80, 88-110, 115-140, 145-170, 175-200. Наиболее ценные луковицы массой 88-170 г.

Учитывают динамику нарастания сырой массы растений и ассимиляционного аппарата, определяют высоту растений, диаметр ложного стебля, длину и ширину наиболее крупного листа, начало и массовое созревание луковиц и отмирание ботвы. Наряду с выходом маточных луковиц, оценивают их сохранность, закладывая на хранение 500 луковиц каждого варианта в 3-4-кратной повторности, содержание в них сухого вещества, сахара (моно-сахара, сахарозу и их соотношение), витамина С.

При выращивании семян в южной зоне страны лук-матку высаживают под зиму. В этом случае необходимо установить оптимальный срок высадки маточников. Высаживают их с сентября до ноября с интервалом 10-15 дней. Контролем служит ранневесенний срок высадки (в феврале или марте). В опыте наряду с другими исследованиями ведут наблюдения за отращиванием корневой системы и листьев, учитывают число выпавших растений.

Для определения оптимальной глубины посадки маточные луковицы высаживают с таким расчетом, чтобы над плечиками был слой почвы 5, 8 и 10 см.

Для оценки влияния ориентации луковиц в почве на урожай семян высаживают луковицы в вертикальном положении и с отклонением от вертикали на 45, 90 и 135°. Урожай семян лука наряду с другими факторами зависит от густоты стояния растений. Для выявления оптимального числа растений на единице площади на фоне разных схем посадки (однорядная,

двухрядная и др.) закладывают опыты, варианты которых предусматривают от 50 до 200 тыс. растений на 1 га.

В семеноводстве лука необходимо установить оптимальный размер и массу маточной луковицы применительно к каждому сорту. Для опытов отбирают луковицы: мелкие - 40-50 г, средние - 80-100, крупные - 120-140, очень крупные - более 140 г. В каждой фракции определяют диаметр луковиц. В этих опытах необходимо учитывать расход посадочного материала на 1 т (кг) выращенных семян. В качестве сопутствующих исследований по 20-40 растениям каждого варианта определяют число листьев и стрелок на одном растении, их высоту, диаметр соцветий (зонтиков), число плодов (коробочек) в одном зонтике, число семян в одном плоде, массу семян с одного зонтика. Урожай семян учитывают с единицы площади и с одного растения.

В опытах, в которых необходимо изучить темпы цветения растений, ежедневно в 5-10 фиксированных зонтиках подсчитывают число распустившихся цветков. При этом отмечают следующие фазы: бутонизация, раскрытие цветка, вскрытие пыльников, рост столбика, усыхание лепестков. Это позволяет установить продолжительность цветения как отдельного цветка, так и одного зонтика в различных вариантах опыта. О потенциальной семенной продуктивности сорта в определенных условиях выращивания судят по числу цветков в зонтиках. Фактическую семенную продуктивность растений рассчитывают по количеству семян в каждом зонтике, затем суммируют массу семян со всех зонтиков растения. Для южных районов семеноводства лука перспективно совершенствование приемов беспересадочного способа выращивания семян.

При постановке этих опытов для создания разной густоты стояния растений используют различные нормы высева и посев проводят в разные сроки: с начала полевых работ до августа-сентября с интервалом 30 дней. Контролем служит весенний срок посадки маточников. Густота стояния растений в опыте может быть доведена до 200 тыс. на 1 га. Ширина междурядий 50 или 70 см, расстояние между растениями в рядках от 6 до 15 см. При этом необходимо учитывать характерное для каждого сорта число стрелок на одном растении. Массу растений изучают в динамике. Ведут наблюдения за ростом растений, развитием корневой системы, определяют длину, массу и число корней, глубину их проникновения в почву, проводят учет перезимовавших растений, пораженность их болезнями, особенно пероноспорозом. Важно предохранить растения от поражения этой болезнью, применяя рекомендуемые меры борьбы с ней.

Огурец. Применительно к каждой зоне семеноводства культуры для вновь районированных сортов и при выращивании гибридных семян целесообразно определить влияние на урожай и качество семян срока и схемы посева, густоты стояния растений, срока уборки и других агроприемов, возраста семенных плодов. В южных районах перспективно изучение мартовских и апрельских сроков посева, в Центрально-Черноземной зоне - майских с интервалом 10 дней с учетом суммы эффективных температур воздуха (выше 10°C).

Для выявления оптимальной площади питания и схемы посева следует изучить однострочный посев и ленточный двухстрочный на фоне различной густоты стояния растения - от 40 до 150 тыс. на 1 га.

Необходимо также исследовать действие на семенные растения и урожай семян разных доз и соотношений минеральных и органических удобрений, влияние полного минерального удобрения и отдельных его элементов, а также совместного применения минеральных удобрений и навоза.

В опытах по изучению влияния некорневой подкормки на урожай семян огурца используют растворы мочевины (в концентрации 0,5 и 1%), сульфата меди (0,02%), сульфата цинка (0,02%), борной кислоты (0,03%), молибдата аммония (0,02%) и др. Первую подкормку проводят в начале образования плодов, вторую - при массовом завязывании семенных плодов. Основные показатели при учетах: урожай семенных плодов и число их на единице площади, урожай семян со стандартной влажностью, посевные и физические свойства семян.

В сопутствующие исследования включают учеты числа женских цветков на растении, средней массы семенного плода, выхода семян из одного плода, числа семенников на одном растении и выхода семян от всей массы семенников. Кроме того, проводят биометрические исследования: определяют длину главного стебля, число и общую длину побегов первого и второго порядков, учитывают общее число листьев на 10 растениях, площадь поверхности листьев и другие показатели. При исследовании структуры урожая отдельно выделяют семена из плодов, расположенных на главном стебле, на плетях (побегах) первого и второго порядков.

Изучают также влияние отдельных агроприемов или их комплекса на урожайные качества семян. В целях обоснования сроков одноразовой уборки семенных плодов с побегов первого порядка собирают плоды разного возраста (20-, 30-, 40- и 50-дневные от начала массового цветения женских цветков, которые отмечают этикетками). Из одной части плодов семена выделяют в день сбора, а оставшиеся плоды дозаривают в течение 10, 15 и 20

дней. По каждому варианту закладывают 40-60 плодов. Контролем служат элитные семена, полученные в тех же условиях из плодов 40-45-дневного возраста без дозаривания.

При совершенствовании приемов гибридного семеноводства целесообразно для наиболее перспективных гибридов F_1 установить оптимальное соотношение рядов отцовской и материнской линий. В этих опытах семена отцовской и материнской форм высевают чередующимися рядами в соотношениях 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8. В гибридном семеноводстве перспективно также выявить влияние условий минерального питания родительских форм на урожай и качество семян гибридов F_1 .

Томат. При разработке технологий производства семян сортов, пригодных для механизированной уборки плодов, целесообразно изучить влияние на урожай и качество семян безрассадного и рассадного способов культуры, густоты стояния растений, срока механизированной уборки отдельных сортов, степени зрелости плодов во время уборки, перспективных регуляторов роста (гибберсиб, гидрел, ивин и др.) и ряда других приемов.

При исследовании рассадного и безрассадного способов культуры в южных районах семена высевают в конце апреля, а рассаду высаживают, как только минует опасность заморозков, в возрасте 40-55 дней. В опыте формируют варианты с различной густотой стояния растений - от 40 до 280 тыс. на 1 га.

Для выявления оптимального срока уборки плодов на семенные цели их собирают через 10, 20 и 30 дней от начала созревания и проводят оценку посевных качеств семян.

В целях изучения влияния степени зрелости плодов на урожай и посевные качества семян отбирают бланжевые, красные зрелые и красные перезрелые плоды. Красные зрелые плоды собирают на 10-й день от начала созревания, а перезрелые - на 30-й. Учитывают урожай семян, исследуют их посевные, физические и урожайные качества при различных агроприемах. В качестве сопутствующих исследований проводят учет числа боковых побегов, числа соцветий и плодов на одном растении, числа цветков и плодов в соцветии, массы плода, выхода семян в процентах к общей массе плодов.

При разработке вопросов семеноводства сортов салатного назначения, предназначенных для сбора урожая вручную, изучают выход и качество семян из плодов, собранных с первой, второй и третьей кистей, а также в разные сроки (от первого до шестого сбора). Масса навески плодов с каждого варианта должна быть не менее 10-15 кг.

В опытах с сортами салатного назначения исследуют фракционный состав плодов, разделяя их по массе, г: 20-45, 50-85, 90-120, 130 и более.

Исследуют также посевные и урожайные качества семян из плодов мелких (20-50 г), средних (90-120 г), крупных (190-220 г) и очень крупных (300 г и более).

ТЕМА 11. ЗАКЛАДКА И ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

Схемы полевых опытов с удобрениями

Постановка полевого опыта требует разработки методически правильной схемы, при этом прежде всего должен быть соблюден принцип единственного различия. Варианты схемы должны отражать те вопросы, на которые необходимо получить ответ с помощью опыта. Схема опыта должна обязательно включать вариант сравнения (контрольный). В *однофакторных опытах* с различными видами минеральных удобрений контрольным вариантом служит вариант без удобрений (абсолютный контроль). В опытах по изучению доз, форм, сроков и способов внесения удобрений контрольными являются варианты без удобрений (абсолютный контроль) и фоновый, т.е. вариант, на фоне которого изучают удобрения.

В *многофакторных опытах*, где удобрения изучают на фоне нескольких агротехнических приемов (полив, без полива, известкование, совместное применение различных органических удобрений), контрольных вариантов может быть несколько. В зависимости от количества изучаемых факторов опыты могут быть одно-, двух-, трехфакторными.

При постановке полевых опытов с удобрениями и разработке схем нужно стремиться к тому, чтобы число вариантов было минимальным, но при этом они должны давать исчерпывающий ответ на поставленный экспериментатором вопрос.

Опыты с видами удобрений

Основная цель опытов с разными видами минеральных удобрений - выявить отзывчивость растений на то или иное удобрение в отдельности и их сочетания. В связи с многообразием типов, подтипов почв страны и их неодинаковым плодородием урожайность и качество сельскохозяйственных культур даже в пределах одного региона при применении удобрений значительно колеблются. Зная потребность растений в конкретных видах удобрений, хозяйства могут рационально использовать их и избежать покупки неэффективных удобрений.

В России имеются почвы с различным содержанием доступного азота, фосфора и калия, поэтому действие азотных, фосфорных и калийных удобрений на них может проявляться по-разному. Полный исчерпывающий

ответ об эффективности различных видов удобрений может дать только полевой опыт с правильно спланированной схемой. Для постановки таких опытов в научной работе широко используют восьмерную схему фр. Ученого Ж. Вилля.

Эту схему использовал Д.Н. Прянишников в 30-е годы XX в. Схема Ж. Вилля включает изучение отдельных видов удобрений и их комбинаций: 1) контроль; 2) N; 3) P; 4) K; 5) NP; 6) NK; 7) PK; 8) NPK. Эта схема глубоко раскрывает задачу опыта и дает возможность оценить действие удобрений в отдельности и их сочетания.

При постановке такого опыта дозы азота, фосфора и калия во всех вариантах должны быть одинаковыми. Для сравнения здесь используют только вариант без удобрений; прибавки в центнерах, тоннах или процентах рассчитывают по отношению к контролю. Схема Ж. Вилля может быть включена в схему многофакторных опытов. Так, напр., действие видов удобрений может быть изучено по фону извести и без нее, при поливе и без полива, с микроэлементами и без них, в этом случае вариантов сравнения может быть несколько.

Опыты с формами удобрений

Эффективность минеральных удобрений на изучаемых культурах зависит от принятой формы удобрений. Это связано, прежде всего, с неодинаковой отзывчивостью растений на химический состав удобрений, а также с различными превращениями удобрений в почвах. Напр., для большинства растений не безразлично, в какой форме (хлорсодержащей или сернокислой) вносят калийное удобрение. Большинство растений не выносят избыточной концентрации хлора в почвенном растворе и менее чувствительны к аниону серной кислоты. Д.Н. Прянишников установил, что HCl быстрее поступает в клетки, чем H_2SO_4 и при одинаковой кислотности внешнего раствора растение почувствует вред от соляной кислоты, чем от серной. Особенно чувствительны к хлору гречиха, картофель, табак.

Формы азотных удобрений также по-разному влияют на урожай и качество. Во-первых, количество катиона (NH_4) и аниона (NO_3^-), поступающих в растение, зависит от реакции почвенного раствора и биологических особенностей культуры. Во-вторых, сульфат аммония, аммонийная селитра относятся к физиологически кислым удобрениям, а кальциевая и натриевая селитры - к физиологически щелочным. На дерново-подзолистых кислых почвах первые могут дополнительно подкислять почву, а вторые - снижать кислотность. Отношение же культур к кислотности разное, в большинстве случаев они ее не выносят.

Формы фосфорных удобрений по эффективности также неодинаковы. На нейтральных почвах действие фосфоритной муки может проявиться незначительно или его не будет совсем, в то время как от суперфосфата на всех типах почв с разной кислотностью получают дополнительные прибавки. Опыты по изучению форм удобрений должны проводиться в случае, когда установлено положительное действие того или иного вида удобрения. Поэтому дозы удобрений, применяемые при постановке опытов с формами удобрений, должны быть такими же, как при изучении видов удобрений.

При составлении схем полевых опытов с формами удобрений контрольными должны быть варианты без удобрений и фоновый, т.е. такой, который предусматривает изучение форм одного вида на фоне двух других.

Схема полевого опыта по изучению форм азотных удобрений на зерновых культурах может быть следующей: 1) контроль (без удобрений); 2) $P_{60}K_{60}$ (фон); 3) фон + NP_{60} ; 4) фон + K_{60} ; 5) фон + N_{60} ; 6) фон + P_{60} . Опыты по изучению форм удобрений предусматривают одинаковую технику их внесения.

Опыты с дозами удобрений

Действие видов и форм минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур на той или иной почвенной разности какого-либо региона не может дать полного представления об эффективности доз удобрений и их соотношений. Опыты с дозами удобрений позволяют определить тот оптимальный вариант, при котором получают максимальную урожайность с хорошими показателями качества и высокой экономической эффективностью. Стандартное (испытываемое) удобрение должно быть взято в нескольких дозах по питательному веществу.

Как и в опытах с формами удобрений, в схему необходимо вводить оптимальный фон, так как действие испытываемого удобрения на почвах с низкой и средней обеспеченностью тем или иным элементом будет эффективным на фоне недостающих элементов. Другая причина включения фонового варианта состоит в том, что варианты с дозами ставятся в положение минимального фактора. Например: 1) контроль (без удобрений); 2) $P_{60}K_{60}$ (фон); 3) фон + NP_{30} ; 4) фон + NP_{60} ; 5) фон + NP_{90} ; 6) фон + NP_{120} ; 7) фон + NP_{150} .

В приведенной схеме полевых опытов с дозами азотных удобрений последние рассматриваются на одном фоне - $P_{60}K_{60}$.

Сопутствующие наблюдения и учеты.

Уход за растениями на опытных делянках проводят, так же, как и в общих посевах хозяйства, в соответствии с необходимостью. Основой является борьба с сорной растительностью, вредителями и болезнями. Если в

хозяйстве своевременно проводят все агротехнические приемы и используют высококачественные семена, перепревший навоз, посевы остаются чистыми в течение одной или двух ротаций севопольного севооборота. Сложнее бороться с болезнями и вредителями, распространение которых зависит от погодных условий и других причин.

В борьбе с сорной растительностью применяют гербициды, а с вредителями и болезнями - фунгициды и инсектициды. **Учет засоренности.** Для этого используют показатели количества, встречаемости и ярусности сорняков в посевах. В зависимости от целей, поставленных программой, используют количественные и глазомерные методы учета. Под **численностью** понимают число растений (стеблей), приходящееся на единицу площади (1 м²).

Учетные (пробные) рамки прямоугольной или квадратной формы делают из деревянных брусков. Рамки располагают из расчета 1 площадка на 10 м² посевной площади делянки. Массу всех надземных органов растений выражают в граммах на единицу площади (1 м²). Она характеризуется тремя величинами: массой живых растений (сырая масса), их абсолютно сухой массой и массой растений в воздушно-сухом состоянии. В агрохимических опытах с удобрениями ограничиваются определением численности и массы сорной растительности. Кроме количественных методов используют визуальный, или глазомерный. Степень распределения сорняков при глазомерной оценке оценивают по пятибалльной шкале: 1) до 1% общей площади; 2) 1-5%; 3) 5-25%; 4) 25-50%; 5) более 50% площади занято сорной растительностью.

Учет поражения растений болезнями. Это более сложная работа по сравнению с определением засоренности. Экспериментатор должен хорошо знать болезни растений, диагностику их определения, методы учета. Степень поражения растений болезнями зависит от многих причин: необработки посевного материала пестицидами, сроков и густоты посева, погодных условий и др. Большое влияние оказывают минеральные удобрения. Напр., при избыточном азотном питании зерновые заболевают в большей степени, чем при сбалансированном питании. Поэтому некоторые болезни наблюдаются лишь на отдельных делянках.

Распространенность болезней можно учитывать по двум показателям: % поражения растений, колосьев, метелок, початков; % площади, занятой пораженными растениями. Процент пораженных растений и их частей устанавливают: при удалении с делянки пораженных растений; определении процента поврежденных растений в сноповом образце; определении больных растений на корню в пробах, взятых с определенной площади.

Процент площади, занятой пораженными растениями, часто определяют глазомерно, а степень поврежденных посевов оценивают по пятибалльной шкале: 1 балл - повреждены единичные растения, до 10%; 2 - повреждено 10-25%; 3 - повреждено 25-50%; 4 - повреждено 50-75%; 5 баллов - повреждено свыше 75% растений; баллом 0 отмечают отсутствие больных растений. Основными болезнями зерновых культур являются ржавчина, пыльная и твердая головня, корневые гнили, фузариоз колоса; картофеля - парша, фитофтороз.

Учет повреждения растений вредителями. Проводится аналогично.

Основными вредителями на зерновых культурах являются злаковые тли, пшеничные трипсы, шведская и озимая мухи, зерновая совка; на картофеле - колорадский жук; на свекле - свекловичная блошка, долгоносик; на кукурузе - шелкокры, шведская муха, озимая совка. Борьбу с вредителями проводят химическими препаратами.

Фенологические наблюдения. Фенологические наблюдения необходимы во всех агрономических опытах, включая и агрохимические. Цель их заключается в установлении различий в росте и развитии растений в период вегетации по отдельным вариантам, времени наступления фаз развития растений. Фенологические наблюдения помогают объяснить причины положительного и отрицательного действия удобрений на урожайность культур. За начало фазы принимают первый день, в который она зарегистрирована не менее чем у 10% растений, а за массовое наступление - день, в который отмечена не менее чем у 75% растений. Наблюдения за наступлением фаз записывают в полевой журнал, а обобщенные данные в дальнейшем используют при написании отчетов.

У яровых зерновых культур отмечают следующие фазы: всходы, кущение, выход в трубку, колошение (выметывание), цветение, молочная, восковая и полная спелость. У озимых зерновых культур: всходы, появление третьего листа, кущение, конец осенней и начало весенней вегетации, выход в трубку, колошение, цветение, молочная, восковая и полная спелость. У кукурузы: всходы, появление третьего листа, кущение, выметывание метелок, цветение початков, молочная, восковая и полная спелость. У гречихи: всходы, ветвление, образование соцветий, цветение, созревание. У картофеля: всходы, образование соцветий, конец цветения, увядание ботвы.

В опытах с удобрениями наступление фаз на делянках сравнивают с контрольным или фоновым вариантом. Одновременно учитывают и общее состояние растений (окрасу, рост, полегание, изреженность и т.д.).

Исследования почв и растений на содержание элементов питания, агрофизических свойств также приурочивают к наступлению фенофаз.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие фенологические наблюдения проводят в опыте?
2. Какие вы знаете методы учета поврежденных растений болезнями и вредителями?
3. Как проводят учет перезимовки озимых культур и многолетних трав?
4. Как отбирают почвенные образцы до закладки опыта и в период вегетации?
5. Как отбирают растительные образцы в период вегетации?
6. Как отбирают растительные пробы для определения структуры урожайности?
7. Что показывает структура урожайности?
8. Какие вы знаете способы расположения вариантов и повторений?
9. Как влияют на точность опыта площадь, форма и расположение делянок?
10. Как подготавливают и рассчитывают дозы удобрений на делянки?

ТЕМА 12. ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОХИМИИ

Виды лизиметров

Усвоение питательных веществ почвы и удобрений зависит от поступления и распределения атмосферных осадков по профилю почвы. Для каждой сельскохозяйственной культуры имеются свои критические периоды в потреблении влаги, недостаток ее приводит к снижению урожайности. Средние показатели распределения осадков по месяцам в большинстве своем создают лишь видимость достаточной обеспеченности влагой, так как они часто не совпадают с максимальной потребностью растений.

На многих почвах (дерново-подзолистых, серых лесных, оподзоленных и выщелоченных черноземах) тяжелого гранулометрического состава промачивание до 100 см и более происходит только весной от тающего снега, осенние осадки увлажняют почву на меньшую глубину. Летние осадки увлажняют только верхние горизонты почвы, не проникая глубже 50 см.

Без достаточного увлажнения почвы переход в жидкую фазу из твердой, элементов питания как самой почвы, так и закрепленных катионов удобрений не происходит. При избыточном увлажнении наблюдается вытеснение кислорода из почвенных пор, что отрицательно сказывается на развитии не только корневой системы, но и самого растения. К тому же переувлажнение почвы приводит к потерям элементов питания в результате вертикальной миграции и горизонтального смыва. Процессы накопления,

передвижения в почве влаги, а вместе с ней и питательных элементов тесно взаимосвязаны и рассматриваются как основные факторы, влияющие на формирование урожая.

Лизиметрический метод исследования позволяет с помощью специальных сооружений изучать процесс просачивания воды и растворенных в ней питательных веществ через определенный слой почвы. Кроме того, с помощью лизиметров можно глубоко изучить естественное плодородие различных типов почв, транспирационные коэффициенты растений, изменение плодородия почв в результате применения удобрений, потери питательных веществ в газообразном состоянии.

И.С. Кауричев, А.Д. Манько, Л.Н. Чумакова, А.С. Фалькович и др. ученые отмечают исключительно важное значение лизиметрического метода в почвоведении при изучении влияния водорастворимых органических веществ (ВОВ) почвы на процессы мобилизации и трансформации питательных веществ. Известно, что ВОВ входят в состав корневых выделений растений, при избыточном увлажнении могут выделяться из гумусовых веществ. С помощью ВОВ группы живых организмов эффективнее трансформируют и усваивают биофильные элементы из рассеянного и труднорастворимого состояния. Все перечисленные свойства ВОВ сказываются не только на мобилизации питательных элементов почвы, но и на участии растений в фитоценозах и в миграции элементов по профилю почвы.

Впервые лизиметрический метод исследования применил англ. химик Джон Дальтон (1766-1844) при изучении распределения атмосферных осадков и их влияния на грунтовые воды. Термин «**лизиметр**» - в переводе с греческого означает «растворение». Само сооружение, устройство, прибор, с помощью которого учитывают количество просочившейся воды и питательных веществ, называют *лизиметром*.

В России первые лизиметры были сооружены и использованы при изучении количества и химического состава фильтрующихся вод.

Расположение лизиметров и дополнительные устройства к ним должны отвечать следующим основным требованиям:

1. Возможность вести наблюдения в условиях, близких к окружающей природной обстановке, поэтому лизиметры вкапывают в грунт, уровень почвы в них должен совпадать с поверхностью окружающей местности.

2. Для проведения сравнительных исследований, получения достоверных данных, опыты в них должны проводиться в нескольких повторениях, а поэтому нужно иметь несколько лизиметров, которые располагают группами, чаще всего в два ряда с определенным расстоянием между ними.

3. Для сбора стекающих вод на дне лизиметра должны находиться дренаж и трубопроводы с выводом и подземный коридор, где находятся приемники. Коридор должен иметь естественное освещение, позволяющее вести наблюдения днем и ночью. Подземное помещение должно быть изолировано, чтобы избежать попадания воды и резких колебаний температур.

4. В зависимости от цели работы опыты могут проводиться как в парующих лизиметрах, так и в занятых растениями.

5. Для учета атмосферных осадков рядом с лизиметрами устанавливают дождемер.

6. Лизиметры устанавливают недалеко от лаборатории, чтобы избежать перевозок больших объемов жидкости и обеспечить срочное проведение химических исследований.

По способу наполнения почвой лизиметры подразделяют на два основных типа: с почвой естественного строения и лизиметры с насыпной почвой.

В первом случае в лизиметры берут почву с сохранением всех или большинства генетических горизонтов, во втором - почву после просеивания набивают в лизиметры послойно с сохранением генетической последовательности горизонтов.

По особенностям конструкции лизиметры бывают бетонные, кирпичные, металлические, пластмассовые, лизиметрические воронки, колонки и др.

Миграция элементов питания почвы и удобрений

На подвижность питательных веществ почвы и удобрений в лизиметрах влияют складывающиеся в них условия. Немаловажное значение при этом имеют вид и формы применяемых удобрений. Количество вымываемых удобрений находится в прямой зависимости от их растворимости и просочившейся воды, а также от характера взаимодействия питательных элементов удобрений с другими составными частями почвы.

Без этого нельзя составить представление о балансе питательных элементов при разработке системы удобрения.

Длительные исследования зарубежных и отечественных ученых в XX в. показали, что передвижения катионов и анионов в почве при гигроскопической влажности не происходит.

Если влажность почвы относится к категории пленочной, передвигающейся под влиянием молекулярных сил от более влажных слоев почвы к более сухим, то питательные вещества удобрений могут передвигаться как в направлении движения воды, так и против него.

Большая часть питательных элементов передвигается в почве с гравитационной водой, причем это может происходить в двух направлениях: при полном насыщении капилляров водой и дальнейшем увлажнении вниз по профилю, а при отсутствии осадков и испарении влаги и питательные вещества могут подниматься к поверхности почвы.

Подвижность катионов и анионов удобрений неодинакова ввиду различной поглотительной способности их почвами. Отрицательное физическое поглощение наблюдается при взаимодействии почвы с нитратами, хлоридами, поэтому подвижность их с почвенной влагой бывает высокой.

Подвижность нитратов и хлоридов велика и потому, что анионы азотной и соляной кислот не поглощаются химически, так как не образуют нерастворимых в воде соединений с катионами кальция, магния, калия, алюминия, железа, аммония.

Анионы угольной и серной кислот с одновалентными катионами образуют растворимые в воде соли, а с двухвалентными катионами кальция и магния - нерастворимые.

Анионы фосфорной кислоты с одновалентными катионами образуют хорошо растворимые соли, с двухвалентными катионами - растворимые, малорастворимые и нерастворимые в воде соли.

Большая часть калия удобрений закрепляется физико-химически и находится в обменно-поглощенном состоянии. Он способен переходить в почвенный раствор при вытеснении его другими катионами как самой почвы, так и вносимых удобрений. Однако передвижение калия с влагой почвы происходит значительно медленнее, чем нитратов и хлоридов.

В агрохимических исследованиях на протяжении длительного времени большое влияние уделяли миграции нитратов. Это связано, прежде всего, с тем, что ученые стремились найти пути увеличения коэффициентов использования азота удобрений. Только с применением стабильного изотопа ^{15}N выяснилось, что на почвах тяжелого гранулометрического состава потери азота в газообразном состоянии составляют 30-50%, что в несколько раз выше, чем потери при вымывании. Вторая причина столь пристального внимания к нитратам связана с влиянием их на окружающую среду (загрязнение грунтовых вод, воздуха, сельскохозяйственной продукции). Однако при грамотном использовании азотных удобрений загрязнения не происходит.

С помощью лизиметрических опытов установлен механизм передвижения катионов и анионов в почве под воздействием атмосферных осадков, который зависит от гранулометрического состава, типов

лизиметров, наличия растительности, времени года. Результаты исследований в лизиметрических опытах дают представление о возможных потерях элементов питания в процессе миграции в глубокие подпахотные слои почвы.

Это приходится учитывать при выборе доз, видов, форм, сроков и способов внесения удобрений в почву.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о значении лизиметрического метода в агрохимии.
2. Расскажите о конструкции лизиметров.
3. Какие требования предъявляют к лизиметрам.
4. В чем сходство и различие полевых и лизиметрических опытов?
5. Какие требования предъявляют к почвам, используемым в лизиметрах?
6. Как складывается водный баланс в лизиметрах?
7. Как передвигаются катионы и анионы удобрений в лизиметрах?
8. Как используют результаты лизиметрических опытов при составлении системы удобрения?

ТЕМА 13. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ, СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ

История развития вегетационного метода

Вегетационный метод исследований был разработан как агрохимический с целью изучения питания растений, оценки усвояемости питательных элементов почвы и удобрений. Использование вегетационного метода относится к далекому прошлому. Выращивание растений в сосудах и наблюдение за ними проводили давно. Первые описания исследований были сделаны в Брюсселе Ван Гельмонтом около 1629 г. Выращивая иву в сосудах, наполненных просушенной почвой, и поливая ее дождевой водой, он пришел к заключению, что основным фактором в жизни растений является вода. Ван Гельмонт не учел участия минеральных веществ почвы и CO_2 воздуха в питании растений, что привело к неверному выводу.

В середине XVII в. вегетационные опыты ставят Дигби, Глаубер, Бойль, которые считали, что основным фактором в жизни растений является селитра, т.е. азот. В 1699 г. появились работы английского ученого Джона Вудворда, который сделал сообщение о том, что растениям необходимы земляные вещества, которые впоследствии назвали зольными.

В середине XVIII в. в химической науке широко господствовала теория Флогестона, основателями которой были Артур Юнг и Франциска Хом. Эти ученые пришли к выводу, что растениям необходимо не одно, а несколько

зольных веществ. В 1804 г. французский ученый Теодор де Соссюр ставит вегетационные опыты с дистиллированной водой и добавлением к ней различных солей. Постановкой методически выдержанных вегетационных опытов он утвердил теорию минерального питания.

Соссюра считают основоположником научной агрономической и экспериментальной методики.

В середине XIX в. в агрономической науке прочно утвердилась теория минерального питания благодаря таким видным ученым, как Буссенго, Вигман, Польсторф, Горстмар, Либих. Наиболее яркой личностью в агрохимической науке является Буссенго. Ставя полевые и вегетационные опыты с 1834 г. в своем хозяйстве Бехельбронн (Германия, район Эльзас), он получил ответ на вопрос, какие соединения в почве непосредственно усваиваются растениями.

Неоценимый вклад внес Буссенго в вопрос об азотном питании растений, в частности об усвояемости свободного азота атмосферы. Сакс впервые вырастил растения до полного созревания с использованием питательных смесей в водных культурах. Клопом и Гельригелем впервые разработана методика песчаной культуры с использованием своих питательных смесей, как и в водной культуре Сакса, позволяющих вырастить растения до полного созревания. Разработка методики почвенных культур и широкое распространение метода связаны с деятельностью Паула Вагнера.

В России инициатором и пропагандистом вегетационного метода считают К.А. Тимирязева. По личной инициативе К.А. Тимирязева в 1872 г. в Петровской (ныне Московской) сельскохозяйственной академии был построен первый вегетационный домик. И.С. Шулов разработал метод изолированного питания растений, который позволяет учитывать, в какой мере растворение питательных веществ почвы и удобрений осуществляется самим растением. И.С. Шулов разработал метод стерильных культур, позволяющий выращивать растения без участия микроорганизмов. И.Г. Дикусар разработал методику текучих растворов, позволяющих выращивать растения на питательных смесях с разным или постоянным значением рН.

Большой вклад в развитие вегетационного метода в конце XIX в. внес П.С. Коссович. В домике, построенном под его руководством в Сельскохозяйственной химической лаборатории Санкт-Петербурга, он ставил опыты в текучих растворах. В 1902 г. в известиях Московского сельскохозяйственного института вышла работа Н.К. Недокучаева «Вегетационный метод в агрономии», которая содержала исторический очерк о вегетационном методе, а также схемы, рекомендации и методические указания по постановке вегетационных опытов.

В 1909 и 1912 гг. А.Г. Дояренко издал «Краткое руководство к постановке вегетационных опытов с примерными сметами и оборудованием». Первые руководства, написанные Н.К. Недокучаевым и А.Г. Дояренко, длительное время оставались основными в научной работе физиологов и агрохимиков. На основании обобщения зарубежного и отечественного опыта в 1938 г. выходит книга А.В. Соколова, А.И. Ахромейко и Е.Н. Панфилова «Вегетационный метод». В 1968 г. опубликована книга З.И. Журбицкого «Теория и практика вегетационного метода».

Работы по использованию вегетационного метода ведутся и по сей день.

Вегетационный метод - исследование, проводимое с растениями, при выращивании их в сосудах, в строго контролируемых условиях для изучения действия отдельных изолированных факторов или их сочетания на урожай растений и его качество. Вегетационные опыты чаще всего проводят в вегетационных домиках, специально построенных из металлического каркаса со стеклянными стенами и крышей. Вегетационные домики должны хорошо освещаться и вентилироваться.

Сосуды с растениями помещают на вагонетки, которые по рельсам в ясную погоду выкатывают на открытый воздух, под металлический каркас, обтянутый сбоку и сверху металлической сеткой для защиты растений от повреждения птицами. Иногда в вегетационных опытах растения выращивают в специальных металлических или пластмассовых сосудах с поддонниками для сбора избытка влаги, попадающей в сосуды с атмосферными осадками. В этом случае сосуды с растениями помещают не в домике, а на специально сделанных стеллажах, находящихся под проволочной сеткой, натянутой на металлический каркас.

При вегетационном опыте создается возможность более строгого учета и регулирования таких факторов жизни и роста растения, как влажность, температура, освещение, а в некоторых модификациях вегетационного опыта (песчаные и водные культуры) также и питательной среды. Вегетационный опыт позволяет добиваться большей точности результатов, чем полевой опыт.

С помощью полевого опыта не всегда удастся провести достаточно необходимое расчленение сложного явления, чтобы лучше понять отдельные стороны процесса взаимодействия между почвой, растением и удобрением. Более глубокое познание любого сложного явления позволяет лучше управлять им в интересах человека. Вегетационные опыты, проводимые в различных модификациях, предоставляют экспериментатору широкие

возможности для вычленения и глубокого изучения отдельных вопросов питания растений и применения удобрений.

Такой метод применяют для решения многих вопросов в агрохимии, физиологии, почвоведении, экологии, растениеводстве и других областях сельскохозяйственной науки. Д.Н. Прянишников считал, что в агрохимии «... задачей вегетационного метода является вскрытие существа процессов и уяснение значения отдельных факторов, прежде всего роли растения, почвы и удобрения в условиях, наиболее благоприятных для выявления этой роли».

И. Журбицкий отмечал, что вегетационный метод очень подходит для изучения более тонких различий в реакции растений на разные внешние воздействия, для расчленения влияния отдельных факторов роста и для получения возможно более выровненных растений для любых исследований. В зависимости от характера и темы изучаемого вопроса вегетационный метод используют в разных модификациях: почвенные, песчаные, водные культуры, метод текучих растворов, изолированного питания и стерильных культур.

Почвенные культуры

Основными объектами для исследований в почвенных культурах являются почва и растение. Почвенные культуры широко используются агрохимиками, почвоведомы, физиологами, земледельцами и растениеводами. Агрохимики и почвоведы рассматривают почву в вегетационных опытах как источник питательных элементов для растений, как естественную среду, действующую на удобрения, в результате чего изменяется химический состав самой почвы и удобрений в процессе питания растений.

Проведение вегетационных опытов с почвенной культурой позволяет глубоко изучить естественное и искусственное плодородие почвы, дать сравнительную оценку плодородия типов, подтипов, их разновидностей, изучить эффективность видов и форм удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от почвенных условий, решать и другие вопросы. В почвенных культурах раскрывается сущность взаимодействия удобрений с почвой, выясняется значение особенностей почвы, при этом индикатором на эти процессы остается растение. Только оно дает объективную картину в оценке негативных и позитивных процессов, происходящих в той или иной почве.

Схемы вегетационных опытов зависят от задач, которые стоят перед исследователем. Они могут быть самыми разнообразными и в большинстве согласуются со схемами полевых опытов или в измененном состоянии дополняют их. Основным требованием при построении схем вегетационных опытов является соблюдение принципа единственного различия. Это

означает, что варианты схемы должны отличаться между собой только одним показателем, напр., дозой или формой удобрения. При сравнении плодородия почв варианты могут отличаться по содержанию элементов питания в них, кислотности, гумуса, по гранулометрическому составу и другим показателям.

В вегетационных опытах с почвенной культурой дозы минеральных удобрений рассчитывают, исходя из массы абсолютно сухой почвы, вмещающейся в него. Удобрения в сосуды можно вносить и по средним рекомендованным дозам. Расчет доз удобрений первым способом более точен, так как позволяет рассчитать дозу применительно к взятому объему сосуда, изменять дозы удобрений в широких пределах, легче рассчитать баланс элементов. Установлено, что для нормального развития зерновых культур достаточно использовать сосуды, вмещающие 5 кг почвы, а для пропашных (картофеля) как минимум 15 кг.

Рассчитанная доза удобрений на абсолютно сухую массу почвы дает более объективное представление об изменениях почвенной кислотности при постановке опытов с дозами извести. Для снижения гидролитической кислотности на 1 мг-экв./100 г почвы расходуется 50 мг CaCO_3 . Зная содержание кислотности и объем почвы в сосуде, можно точно рассчитать дозу CaCO_3 на 1 сосуд.

Подготовка почвы.

Почва для вегетационного опыта может быть взята с контрольных делянок полевого опыта, при этом экспериментатор должен хорошо знать тип, подтип, гранулометрический состав, агрохимические показатели почвы. На поле почву берут лопатами с пахотного слоя, перевозят почву к вегетационному домику навалом в тракторной тележке, подложив под нее полиэтиленовую пленку, бумагу или брезентовый полог. Сверху почву укрывают таким же материалом.

С опытных делянок почву берут из разных мест небольшими порциями так, чтобы не нарушить строение пахотного слоя делянки и не образовать ям и западин. Недопустимо брать почву с делянок, на которые удобрения были внесены недавно. В мешки кладут этикетки с обозначением номера делянки и агрохимических показателей. Количество необходимой почвы для вегетационного опыта определяют с учетом числа сосудов и их емкости. Принимая во внимание возможные потери при транспортировке и хранении, почву берут на 20-30% больше расчетного количества. Для набивки сосудов наиболее пригодна почва влажностью 18-20% тяжелосуглинистого и глинистого и 14-16% супесчаного гранулометрического состава. У вегетационного домика почву высыпают на свободной площадке на пленку и закрывают бумагой и пленкой. Почву из мешков можно не вываливать.

Почва должна хорошо распадаться в руках на мелкие комочки. Переувлажненную почву следует подсушить на открытом воздухе.

Перед набивкой в сосуды почву следует тщательно перемешать и просеять через сито с диаметром отверстий 3-5 мм. Отбрасывают крупные комки, гальку, пожнивные остатки, корни и червей. Просеянную почву еще раз перемешивают, отбирают среднюю пробу в трехкратном повторении:

- в заранее просушенные и взвешенные бюксы на влажность;
- в цилиндры для определения полной влагоемкости;
- в коробки для агрохимического анализа.

Влажность и влагоемкость должны быть определены не ранее чем за сутки до закладки опыта. Эти показатели необходимы для определения абсолютно сухой массы почвы и установления поливной нормы сосудов.

При достаточном количестве рабочей силы подготовку почвы и набивку 80-100 сосудов можно провести за один рабочий день.

Для постановки вегетационных опытов с почвенной культурой можно использовать сосуды Митчерлиха и Вагнера. Сосуды состоят из двух частей: собственно сосуда и поддона. Сосуды могут быть различной высоты и диаметра: 15x20 см, 15x30, 20x20 см. в такие сосуды вмещается 5-7 кг почвы. В днище сосудов имеется отверстие (прорезь) для стока просочившейся воды. Воду, попавшую в поддон, выливать нельзя - она должна идти на полив повторно. В сосудах Митчерлиха можно проводить опыты с зерновыми культурами, гречихой, горохом, льном, столовыми корнеплодами. Перед набивкой сосуды тщательно моют водопроводной водой, а при постановке опытов с микроэлементами - дистиллированной. Для каждого опыта подбирают сосуды одинаковой массы, высоты и диаметра.

Набивка сосудов.

При набивке сосудов почву взвешивают, навески переносят в таз, вносят удобрения и тщательно перемешивают руками. Азотные и калийные удобрения можно вносить в виде порошков, гранул и в растворенном состоянии. Навески сухих удобрений насыпают в пакетики за 1-2 дня до набивки, на них указывают вариант схемы опыта, вид, форму удобрения и массу навески в граммах. Число пакетиков с удобрениями должно соответствовать числу сосудов с удобряемой почвой.

Если удобрения вносят в растворе, то брать навески в пакеты нет необходимости. В лаборатории отвешивают одну общую навеску, по массе равную сумме однозначных вариантов, и растворяют в небольшом объеме воды. На один сосуд с тяжелосуглинистой или глинистой почвой достаточно 30-50 мл раствора удобрения, для песчаных и супесчаных - 15-20 мл. Напр., если навеска аммиачной селитры на один сосуд равна 1,45 г, то для всех 20

сосудов она составит 29 г, которые растворяют в 1450 мл воды. В дальнейшем для каждого сосуда мерным цилиндром или пипеткой отмеряют по 50 мл раствора и вносят в почву.

Навески с азотными и калийными удобрениями могут быть растворены в одном объеме воды и внесены в один прием. В почву без удобрений вносят дистиллированную воду, равную по объему вносимому раствору удобрений в изучаемых вариантах. Слаборастворимые и нерастворимые в воде удобрения вносят в сухом виде. Количество почвы, вносимой в сосуд, устанавливают пробной набивкой. Почву из таза переносят в сосуд в 3-4 приема горстями, каждый раз уплотняя ее согнутыми пальцами. Уплотненная в сосуде почва не должна высыпаться при опрокидывании сосуда. При правильно выбранной навеске почвы и после набивки поверхность ее в сосуде должна находиться на 2-3 см ниже края сосуда.

Наполненные почвой сосуды имеют свой номер, который обозначают черной краской. Варианты, номера сосудов и другие показатели заносят в журнал в определенном порядке. Набивать сосуды следует с контрольных вариантов, т.е. с тех, в которые не вносят удобрения.

Посев и посадка растений.

Зерновые и бобовые культуры высевают пророщенными семенами на глубину 1,5-2,0 см. на сосуд 20x20 см высевают 20-25 семян зерновых, 15-20 семян бобовых, 5-7 кукурузы, 3-5 столовых корнеплодов. При посеве очень удобно лунки для семян делать специально приготовленным маркером. Он представляет собой деревянный круг с шипами (зубьями), его диаметр на 0,5-1 см меньше диаметра сосуда. При надавливании маркера на поверхность почвы на ее поверхности остаются лунки нужной глубины, в которые пинцетом вносят наклюнувшиеся семена.

Проращивание семян проводят в противнях, плоских блюдах - растильнях, которые тонким слоем настилают чистый кварцевый песок, увлажняют дистиллированной водой и покрывают фильтровальной бумагой. На фильтровальную бумагу кладут семена и снова прикрывают бумагой. Чтобы уменьшить испарение воды, посуду прикрывают стеклом. Оптимальная температура для проращивания - 28-30°C. Чтобы ускорить проращивание, посуду с семенами ставят в термостат.

Посеянные семена заделывают легким надавливанием на них ладонью, после чего почву засыпают чистым кварцевым песком, при этом на сосуд его расходуют 200 г. песок необходим для предохранения почвы от потери влаги и от размывания поверхности при поливе. После посева сосуды закрывают листами бумаги. После появления первых всходов бумагу снимают. Количество высеваемых семян должно быть больше необходимого числа

растений к уборке на случай гибели всходов или молодых растений. В сосудах 20x20 см в фазе двух листьев зерновых культур оставляют 15-20 растений, зернобобовых - 10-15; кукурузы - 2-3, корнеплодов - 1 растение на сосуд. Все удаляемые растения оставляют на поверхности почвы в сосуде.

Для получения достоверных результатов урожайности в вегетационном опыте достаточно иметь 3-4-х кратную повторность вариантов. Если программой предусмотрено проведение анализов растений и почвы в период вегетации, то повторность может быть увеличена до 8-10-кратной, при этом в назначенные сроки проводят удаление одного сосуда, т.е. исключение одной повторности. Растения у прикорневой шейки срезают ножницами, кладут в пакет и высушивают в подвешенном состоянии в вегетационном домике, на стеллажах сушильного сарая или в сушильных шкафах. Почву из сосуда высыпают на лист бумаги, фанеру, пленку, перемешивают, раскладывают тонким слоем, после чего методом квартования берут средний образец массой 300-500 г.

Для предохранения растений от полегания в сосуды вставляют проволочный каркас, между рейками которого натягивают нитки. При появлении болезней и вредителей обработку растений пестицидами проводят одновременно во всех сосудах, включая и те, в которых повреждения не обнаружены. В опытах с минеральными удобрениями полив всех сосудов проводят до одинаковой влажности почвы. Точно установить количество воды для полива можно, если известны влажность почвы в момент набивки и полная влагоемкость ее.

В зависимости от возраста и вида растений, температуры воздуха потребность в воде растет, а, следовательно, и количество воды на сосуд бывает различным. Как правило, во время созревания воды расходуется меньше, чем в фазе цветения или трубкования. В прохладные дни полив сосудов проводят один раз в день рано утром. В жаркие дни сосуды поливают дважды: утром и вечером.

Поливную массу, до которой необходимо поливать сосуды, вычисляют следующим образом. Масса почвы в сосуде с влажностью 33% составит $4,92 + 1,62 = 6,54$ кг. Следовательно, не хватает до 33% воды $6,54 - 6,0 = 0,54$ кг. Поливная масса складывается из массы сосуда, массы почвы с влажностью в день набивки, массы песка, массы каркаса и массы недостающей воды. Если принять массу сосуда равной 1 кг, массу каркаса 100 г, массу песка 200 г, то ПМ будет равна $1 + 0,1 + 0,2 + 0,54 = 1,84$ кг. При поливе сосуды ставят на весы и приливают столько воды, сколько требуется до установления поливной массы. Для выравнивания условий освещения и нагревания

сосудов при поливе проводят перестановку их местами: средние выставляют на края, а крайние ставят в середину.

Уборка и учет урожайности.

Уборку и учет урожайности проводят при полном созревании растений. Дни уборки и учета урожайности отмечают в журнале. Растения срезают на расстоянии 1-2 см от поверхности почвы и подсчитывают число продуктивных и непродуктивных растений, стеблей, колосьев, стручков, измеряют высоту растений, длину колосьев, стручков, метелок и т.д. затем растения с каждого сосуда помещают в пронумерованные бумажные пакеты. После обмолота определяют массу зерна и соломы. Кроме надземной массы путем отмывки на ситах можно определить и массу корней. Данные урожайности обрабатывают дисперсионным методом, определяют относительную ошибку и достоверность полученных результатов.

В растениях могут быть определены показатели качества, содержание питательных веществ, а на основании урожайности и содержания элементов питания - вынос и коэффициенты их использования из удобрений и почвы.

Водные и песчаные культуры

Песчаные и водные культуры широко используют для разнообразных физиологических и агрохимических исследований: выявления действия отдельных элементов на рост и развитие растений, на ход биохимических процессов в растении, изучения различных факторов роста, установления антагонизма и синергизма между различными элементами питания, изучения взаимодействия между корневой системой и питательными веществами, процессов поступления питательных элементов в растения, решения многих вопросов физиологии и агрохимии.

Основной вопрос о том, какие элементы необходимы для нормального роста и развития растений, в каких формах и количествах, решался с помощью песчаных и водных культур в 40-е годы XIX в.

Первые питательные смеси, созданные Кнопфом, Гельригелем, Горстсмаром, Саксом, Прянишниковым, содержат всего 7 основных элементов. Дальнейшее совершенствование вегетационного метода привело к созданию более сложных питательных растворов, включающих до 30 элементов.

Усвоение растениями питательных элементов из удобрений в почвенной, песчаной и водной культурах существенно различается. Это связано с тем, что распределение питательных веществ в почве не аналогично распределению их в песке и воде. В песке и особенно в воде во всех местах сосуда создается более или менее одинаковая концентрация питательных элементов. В песчаных и водных культурах возникают более

благоприятные условия использования растениями питательных веществ, они теснее соприкасаются с корневой системой, не вступают в обменную реакцию с элементами ППК.

Неравномерность распределения удобрений в почвенной культуре, химическое, биологическое, физико-химическое поглощение затрудняют поступление питательных веществ, поэтому коэффициенты использования их из удобрений в песчаной и водной культуре выше, чем в почвенной. Таким образом, основное отличие песчаных и водных культур от почвенных заключается в однородности питательной среды, имеющей слабую абсорбционную способность и незначительную химическую активность.

К различиям следует отнести и тот факт, что при постановке опытов с песчаной и водной культурами нет и не может быть чистого варианта без удобрений, т.е. нулевого или абсолютного контроля, ибо в отличие от почвенной культуры растения в варианте без удобрений не развиваются и гибнут в начале роста. А.В. Соколов и другие ученые отмечали, что вопрос о том, является ли какой-либо элемент необходимым для жизни растений, можно решить в условиях водных культур.

Когда же надо выяснить, является ли удобрение усвояемым для растений, и в каком количестве в зависимости от рН, концентрации, вида растений и других факторов, то ответ можно получить при постановке опытов с песчаной культурой. Но если надо выяснить, можно ли данное химическое соединение считать удобрением, ответ может дать опыт с песчаной культурой. При приготовлении питательных смесей большое значение имеет форма удобрений, так как от нее зависят свойства раствора и его реакция (рН).

Учитывая слабую физиологическую кислотность NH_4NO_3 Д.Н. Прянишников впервые предложил использовать азотнокислый аммоний вместо азотнокислого кальция и азотнокислого натрия. Введение в раствор азотнокислого аммония способствует поддержанию реакции раствора (рН) на более постоянном уровне.

Из форм фосфорных удобрений используют растворимые однозамещенные соли $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, KH_2PO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NaH_2PO_4 , $\text{Mg}\{\text{K}_2\text{PO}_4\}_2$ и др. соли кальция, магния и натрия обладают физиологической щелочностью.

В отдельные смеси могут вводиться двузамещенные соли калия и натрия, которые сильно изменяют среду в сторону подщелчивания. Д.Н. Прянишников в своей смеси использовал двузамещенный фосфат кальция (преципитат), который имеет рН = 8. Сочетание преципитата и азотнокислого аммония (физиологически кислой соли) создает слабокислую реакцию среды с рН = 6,5-6,8. Питательная смесь Д.Н. Прянишникова пригодна для

песчаной культуры и непригодна для водной. В водной культуре фосфор преципитата используется слабо, так как в этих условиях на преципитат действует очень слабая концентрация азотной кислоты и он трудно переходит в водорастворимую форму.

В питательные смеси может вводиться трехзамещенный фосфат кальция - нерастворимая соль, которая практически не усваивается растениями. Назначение ее заключается в предохранении питательного раствора от подкисления. Из калийных удобрений чаще используют KCl и K_2SO_4 . С сернокислым калием вносят два макроэлемента (калий и серу) и не вводят хлор. Поэтому при приготовлении питательных смесей все исследователи отдают предпочтение этой соли в сравнении с хлористым калием. Основной солью, содержащей кальций, является гипс. Магний вносят в виде $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Железо вносят в виде солей $FePO_4$, $Fe_3(PO_4)_2$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_3$, комплексных соединений, содержащих железо.

Питательные смеси должны содержать серу, ее обычно достаточно, если в смеси использован гипс или другие соли (сульфат аммония, сульфат калия).

Большинство сельскохозяйственных культур развиваются при нейтральной реакции среды. Создать такую среду в песчаных и водных культурах довольно трудно, еще труднее обеспечить физиологическую уравновешенность питательного раствора с оптимальным рН в течение всей вегетации, так как реакция постоянно изменяется вследствие неодинакового поглощения растениями катионов и анионов солей и выделения углекислоты при дыхании корней. Подобранные химически нейтральные соли в процессе питания могут становиться физиологически кислыми или физиологически щелочными. Подкисление раствора в песчаных культурах может происходить в результате нитрификации аммонийных азотных удобрений, под воздействием различных микроорганизмов (аммонификаторов и нитрификаторов).

На интенсивность поглощения элементов растениями влияет концентрация солей в растворах. Она выражается в граммах элемента и в милли-молях, миллиграмм- эквивалентах солей на 1 л. Из предложенных питательных смесей в XIX в. и начале XX в. наименьшей концентрацией солей обладали смеси Д.Н. Прянишникова и Гельригеля - около 2 мг-экв/л, большинство же содержало 25-40 мг-экв/л. В настоящее время смеси, используемые в гидропонике, содержат 150-200 мг-экв/л солей.

При сравнении роста и развития растений в водных и песчаных культурах установлено, что при любых концентрациях растения лучше развиваются в водных культурах благодаря более близкому прикосновению

корневой системы к питательным веществам и воде. Для роста и развития немаловажное значение имеет и соотношение элементов, которое в процессе питания динамично и зависит в большей степени от вида культуры. Каждая культура требует свойственное ей соотношение питательных элементов, изменяющееся по периодам от всходов до созревания даже в течение одного дня.

Подбирая состав питательного раствора, учитывая соотношение элементов питания применительно к фазам вегетации, можно ускорять рост растений и повышать урожайность.

Более чем за столетний период предложено очень много составов питательных смесей. Они различаются по количеству элементов, их соотношениям, видам используемых солей и другим показателям. Каждый автор предложенных смесей стремился к тому, чтобы его смесь удовлетворяла всем требованиям растений и могла способствовать получению высокой урожайности с хорошим качеством. Приготовить единую универсальную питательную смесь, отвечающую требованиям всех растений, пока никому не удалось. Тем не менее, на предложенных питательных смесях можно вырастить растение до полного созревания, создавая ему благоприятные условия тепла, воздуха, освещенности и влажности (для песчаных культур).

Метод изолированного питания

При проведении опытов в песчаных и водных культурах питательные вещества, песок, вода и корневая система находятся в постоянном соприкосновении и взаимодействии. Установить в отдельности влияние этих факторов на рост и развитие растений не представляется возможным.

Применение метода изолированного питания в агрохимических исследованиях дает возможность выращивать растения при разделенной корневой системе в одном или нескольких сосудах при подаче отдельным частям (прядам) различных сочетаний питательных элементов.

Метод изолированного питания при разделении корневой системы на две или более прядей позволяет давать им любые сочетания элементов питания и выявлять их влияние на рост корневой системы и самого растения.

Метод изолированного питания впервые был детально разработан в лаборатории Д.Н. Прянишникова в 1913 г. И.С. Шуловым. В качестве субстрата для изолированных культур можно использовать воду, песок, почву, а также их комбинации. Песчаные, водно-песчаные, песчано-почвенные культуры проводят в обычных цилиндрических, прямоугольных или квадратных стеклянных сосудах, разделенных перегородками на две или

несколько частей или, вставляемых один в другой. При этом высота внутреннего сосуда должна быть ниже внешнего не менее чем на 2-3 см

Если изучают изолированное поступление более двух питательных веществ, то внутренних сосудов может быть несколько. Более удобными для таких опытов являются специально изготовленные сосуды из стекла или оцинкованной жести. Объем таких сосудов делят перегородками на секторы.

Чтобы при наполнении песком или питательной смесью внешнего сосуда ничего не попало во внутренний, его закрывают кружком картона. Высаживают растения, как и в водной культуре, с длинной корневой системой - не менее 4-5 см. в сосудах с песком в крышке делают специальные пробки из дерева или пластмассы с отверстиями для растений. Такие пробки закрепляют на краю внутреннего сосуда. В сосудах с водной культурой таких пробок должно быть больше: для растений, трубки и каркасных палочек.

В изолированных песчаных и почвенных культурах в сосуд высаживают по 8-10 растений злаковых, гречихи, по 1-3 растений кукурузы, подсолнечника, корнеплодов; в водных культурах - не более 3-5 злаковых и по одному корнеплодов, кукурузы и подсолнечника. Использование метода изолированного питания позволило выяснить ряд важнейших вопросов агрохимии: участие фосфора преципитата и фосфоритной муки в питании растений, влияние физиологически кислых удобрений на растворимость и усвояемость фосфатов удобрений и почвы, действие корневых выделений на растворимость фосфатов.

Метод текучих растворов

В процессе питания растений в песчаных и водных культурах происходит изменение концентрации и реакции питательного субстрата. Изменение реакции среды обусловлено тем, что растения, обладая избирательной способностью, в разные периоды роста поглощают неодинаковое количество катионов и анионов, в большей степени это касается азотных удобрений. Для создания условий питания при постоянной реакции среды выращивают растения в сосудах с протекающими питательными растворами. По существу, это одна из модификаций вегетационного метода, получившая название «метод текучих растворов».

Метод был предложен в 1928 г. И.Г. Дикусаром, который на сахарной свекле и кукурузе начал изучать поступление NO_3 , K_2O и NH_4 при различных значениях рН раствора. В большой бутылке находится питательный раствор, который по стеклянной трубке (по методу сообщающихся сосудов) подается в маленькую бутылку. Из маленькой бутылки раствор подается к сосудам с растениями. Скорость вытекания раствора регулируют двумя зажимами.

В качестве субстрата для наполнения сосудов чаще используют песок. В днищах сосудов имеются отверстия для вытекания воды. Таким образом, устройство позволяет орошать корневую систему растения постоянно протекающим питательным раствором при неизменном значении рН.

В настоящее время предложено много устройств для подачи питательных смесей, некоторые из них более совершенны, чем те, которые применял И.Г. Дикусар. В опытах с текучими растворами расходуется большее количество дистиллированной воды. За весь период вегетации только для одного сосуда ее требуется около сотни литров.

Метод стерильных культур

Постановка вегетационных опытов с песчаными и водными культурами позволила решить ряд важных вопросов в агрохимии и физиологии растений. Основными из них являются установление потребности растений в элементах питания, значения концентрации солей, реакции среды, форм удобрений и др. Установлено, что химический состав питательной смеси изменяется во времени; это связано, прежде всего, с поглощением катионов и анионов растениями. Большое влияние на превращение всех элементов в питательной смеси оказывают микроорганизмы, корневые выделения растений, физиологически активные вещества (витамины, ауксины, гиббереллины, фитонциды, антибиотики), попадающие вместе с удобрениями, песком, водой и семенами в питательную среду. Метод стерильных культур предусматривает постановку вегетационных опытов при полном исключении микроорганизмов и других активных веществ в питательной среде.

В разработку метода стерильных культур большой вклад внесли П.С. Коссович, И.С. Шулов, М.Ф. Федоров и др. С помощью метода стерильных культур сделан ряд важных и интересных открытий, в частности доказана возможность использования растениями азота аспарагина, фосфора лецитина и фитина, изучены роль корневых выделений растений, значение микроорганизмов и физиологически кислого сульфата аммония при усвоении P_2O_5 из фосфоритной муки.

Опыты с выращиванием растений в стерильных культурах в сравнении с песчаными и водными культурами более сложны, так как для различных видов растений требуются свои специфические сосуды, пробки, трубки, устройства для подачи воздуха и питательной смеси. Все составные части таких вегетационных опытов требуют тщательной стерилизации как в период подготовки, так и в процессе выращивания растений. Стерилизации также подлежат высаживаемые пророщенные семена.

Для стерильных культур удобнее конические колбы, горло колбы должно быть небольшим, но достаточным для того, чтобы плотно закрывалось пробкой и позволяло высаживать и выращивать растения (рис. б). Колбы для выращивания растений соединяют резиновыми трубками с колбами с питательными растворами, отверстия для доступа воздуха закрывают стерильной ватой.

Питательный раствор можно наливать в сосуд единой порцией или в несколько приемов. По мере поступления элементов питания в растения и расхода воды на транспирацию сосуды регулярно доливают дистиллированной стерилизованной водой. Сосуды с растениями прикрывают чехлами для предотвращения нагревания раствора, корневой системы и попадания на них солнечных лучей. Стерилизацию семян проводят растворами брома (0,5-1%), перекиси водорода (5-12%), сулемы (0,01%), семена при этом выдерживают в растворах в течение 10-15 мин.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о значении вегетационного метода в агрохимических исследованиях.
2. В чем сходство и различие вегетационного и полевого опыта?
3. Расскажите о развитии вегетационного метода за рубежом и в нашей стране.
4. Какие вопросы решают с помощью почвенной культуры?
5. Расскажите о подготовке почвы для вегетационных опытов.
6. Какие сосуды используют при постановке вегетационных опытов с почвенными культурами?
7. Расскажите о подготовке сосудов и технике набивки в опытах с почвенной культурой.
8. Какие удобрения используют в вегетационных опытах с почвенной культурой и как рассчитывают их дозы?
9. Как устанавливают поливную массу в вегетационных опытах?
10. Расскажите о сопутствующих исследованиях в вегетационных опытах с почвенной культурой.
11. Расскажите о способах учета урожайности в вегетационных опытах.
12. Расскажите о задачах и методике опытов с песчаными культурами.
13. Расскажите о задачах и методике опытов с водными культурами.
14. Расскажите о питательных смесях для водных и песчаных культур.
15. Какие вопросы решают с помощью методики текучих растворов?
16. Какие вопросы решают с помощью методики изолированного питания?
17. Какие вопросы решают с помощью методики стерильных культур?

ТЕМА 14 МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ В ПОЛЕ И ЛАБОРАТОРИИ

Цели и задачи изучения подземных органов растений при стационарных исследованиях могут быть весьма разнообразны. Изучение корневых систем растений и растительных сообществ является не только важным дополнением, но часто и необходимой частью исследований при решении многих теоретических и практических задач.

В почвоведении исследования корневых систем растений и растительных сообществ проводятся при изучении современных почвообразовательных процессов и режимов (влияния подземных частей растений на накопление органического вещества, на распределение и миграцию солей, на распределение влаги, на структуру и сложение почвы и т.д.), при изучении биологического круговорота элементов, а также при изучении зависимости развития корневых систем растений от особенностей свойств почвы (гранулометрического состава, плотности, влажности, состава и количества питательных веществ, скоплений извести и гипса, физико-технологических свойств почвы).

В агрономии изучение корневых систем растений используется для теоретического обоснования различных агротехнических мероприятий (определения оптимальной глубины и способов обработки почвы, глубины заделки и качества удобрений), установления наиболее рационального чередования культур в севооборотах и т.д.

В лесоводстве изучение корневых систем древесных и кустарниковых пород необходимо как при оценке лесорастительных свойств почв, так и при исследовании влияния свойств и режимов почв на развитие древесных и кустарниковых пород, при создании защитного лесоразведения, при решении вопросов о смешанных посадках древесных культур в искусственных насаждениях, при выборе вида и способа ухода за культурами и т.д.

В мелиорации изучение корневых систем представляет интерес при разработке и оценке химических и биологических приемов мелиорации почв.

В настоящее время в связи с глобальным потеплением климата важным аспектом является оценка доли корневых систем как одного из слагаемых компонентов в углеродном балансе биосферы.

В данной теме рассматриваются наиболее распространенные полевые и лабораторные методы изучения корневых систем растений в естественных условиях произрастания и культурных посевах и, посадках.

В настоящее время многие методы, которыми работают исследователи, являются модификациями или вариантами ранее разработанных методов (Ротмистрова В.Г., 1909; Модестова А.Л., 1915, 1932; Качинского Н.А., 1925, 1931; Мюнца и Жерара, 1891; Уивера, 1919, 1920 и других).

Выбор метода исследования корневых систем или его модификаций зависит от задачи исследования и технических возможностей.

Методы изучения корневых систем растений в полевых условиях можно разделить на качественные или морфологические и методы количественного учета. На практике обычно применяют сочетание качественных и количественных методов изучения корневых систем растений.

При изучении корневых систем травянистых растений и древесных пород часто пользуются одними и теми же методами, иногда с небольшими изменениями.

1. МОРФОЛОГИЯ КОРНЯ: ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Корень - один из основных органов растений семенных и высших споровых растений (кроме мхов), служащий для прикрепления к субстрату и поглощения из него воды и питательных (минеральных и органических) веществ и транспортировки их к другим частям растений. Кроме того, корень является органом первичного превращения ряда поглощаемых минеральных веществ и синтеза органических соединений (аминокислот, алкалоидов и др.), используемых другими частями растений. Корневые системы растений выделяют в окружающую среду (ризосферу) сахар, органические кислоты, соли фосфора, калия и других элементов.

Корни растений существенно отличаются по происхождению, характеру ветвления, форме, длине и, в зависимости от среды обитания растений, приобретают целый ряд специфических морфологических и физиологических особенностей. В зависимости от происхождения различают главный корень, боковые, придаточные корни и т.д.

Главный или стержневой корень образуется из зародыша семени. Основная его функция механическая (якорная) и функция проведения воды и питательных веществ в растение. При описании отмечается максимальная глубина его проникновения в почву, диаметр корня и его изменение с глубиной, форма корня, цвет.

Боковые корни 1-го порядка образуются при ветвлении главного корня, боковые корни 2-го порядка образуются при ветвлении корней 1-го порядка и т.д. Боковые корни выполняют функцию проведения воды и минеральных веществ, а также якорную (механическую) функцию. Высший порядок ветвления у большинства древесных пород не превышает шестого, но

некоторые породы (ель, береза) могут образовывать ответвления седьмого-восьмого порядков.

Придаточные корни образуются из любых органов растений: стеблей, корневищ, листьев, клубней (только не от главного корня). Они несут обычно те же функции, что и другие корни.

Корневой чехлик - многослойный покров в виде колпачка образуется на конце корня, защищает его от механических повреждений при внедрении его в субстрат и является органом геотропической ориентации. Длина корневого чехлика 1-2 см. Визуально выделяется желтоватым цветом. Сосущие или деятельные корни - это корни толщиной $<0,5$ (1) мм, длина которых не превышает нескольких миллиметров. Они являются периодически обновляющейся частью корневой системы, служащей для поглощения питательных веществ и воды. Отмирающие сосущие корни обогащают почву органическим веществом. Концентрируемые в них органические и минеральные вещества сравнительно быстро поступают в почву.

Корневая шейка - зона перехода от корня к стеблю, отделяющая у растений подсемядольное колено от главного корня. Корневые волоски - выросты клеток поверхностной ткани молодого корня растения. Длина корневых волосков от 0,05 до 10 мм, чаще всего 0,15-2,0 мм, диаметр их 10-15 мкм. Корневые волоски поглощают из почвы воду и растворенные минеральные вещества, значительно увеличивая (иногда в 5-20 раз) всасывающую поверхность корня, выделяют продукты обмена. Продолжительность жизни корневых волосков - несколько дней, иногда до 10-20 дней.

Корневая мочка - совокупность конечных разветвлений мелких проводящих корней с расположенными на них сосущими корневыми окончаниями.

Метаморфоз у растений - видоизменение основных органов (корня, стебля, листьев, цветов) в связи с изменением функций. Подземные части растений - корни, корневища, клубни, луковицы и клубнелуковицы, обеспечивающие вегетативное размножение растений и являющиеся местами запаса питательных веществ, необходимых для нормального развития растений.

Корневище - подземный побег многолетних растений с утолщением нормального развития растений. Корневище - подземный побег многолетних растений с утолщенным стеблем, несущий остатки отмерших листьев или специальные чешуевидные листья, почки и придаточные корни. Служит для отложения запасов питательных веществ, перенесения неблагоприятного

периода, для вегетативного размножения. Корневище часто плагиотропно (растет под углом к направлению силы тяжести).

Клубень - видоизмененный побег растения с утолщенным стеблем и недоразвитыми листьями. В клубнях откладываются главным образом крахмал и другие углеводы. Может служить для вегетативного размножения.

Луковица - видоизмененный подземный или надземный побег растений, состоящий из недоразвитого (с укороченными междоузлиями) стебля дисковидной формы - донца и многочисленных тесно сближенных листьев -луковичных чешуй.

Клубнелуковица - подземный побег растений, похожий на луковицу, но по строению более близок к клубню.

Микориза - грибокорень- взаимовыгодное сожительство (симбиоз) мицелия грибов с корнями высшего растения.

Клубеньковые бактерии - род бактерий, образующих на корнях многих бобовых растений клубеньки, фиксирующие молекулярный азот воздуха в условиях симбиоза с растением. Обогащает почву азотом.

Пластичность корневой системы - способность корневой системы изменять свое строение под влиянием факторов окружающей среды.

Регенерация корней - восстановление массы, длины, поверхности после повреждения определенной их части. Это одна из особенностей корневых систем всех растений, обеспечивающих их высокую биологическую устойчивость.

Срастание (смыкание) корней - встречается чаще всего при густом стоянии. У древесных пород чаще всего срастаются корни диаметром 1-2 см.

Геотропизм - ростовые движения органов растений под влиянием силы земного притяжения. Геотропизм обуславливает вертикальное направление осевых органов - главного стебля вверх (отрицательный геотропизм) и главного корня вниз (положительный геотропизм).

Мертвый покров - слой остатков отмерших растений на поверхности почвы в лесу, на лугу, в степи. Мощность его бывает от долей сантиметров до 3 см, иногда и больше.

Дернина - поверхностный слой почвы, переплетенный живыми и мертвыми корнями, побегами и корневищами многолетних трав. Наиболее развит в степи и на лугу.

Аллелопатия - влияние растений друг на друга в результате выделения ими различных веществ.

Ризоиды - нитевидные образования у мхов, папоротников, лишайников, некоторых водорослей и грибов.

Ризосфера- прилегающий к корням растений слой почвы (2-3 мм) с повышенным содержанием микроорганизмов. Микробы переводят трудно усвояемые растениями соединения в легкоусвояемые, вступают в симбиоз с растением (клубеньковые бактерии, микориза). Площадь питания растения (дерева) выражается площадью проекции горизонтальных корней на поверхности почвы.

В каждом корне выделяются три зоны: зона роста или растяжения, расположенная за корневым чехликом, зона всасывания или зона корневых волосков и зона боковых корней. Длина зоны роста не превышает 15 мм, чаще 1,2-10 мм. Зона корневых волосков или зона всасывания характеризуется наличием на корнях корневых волосков. Длина зоны всасывания 1-2 см. За зоной всасывания идет зона полупроводящих и проводящих (боковых) корней. Всасывающие корни обычно белого цвета; проводящие - потемневшие, коричневые; наиболее старые, иногда отмирающие - черные.

Помимо классификации корней по функциональным признакам выделяют корни по морфологическим признакам - диаметру и глубине залегания корней. Тонкие корни древесных пород имеют диаметр меньше 1 (2) мм; диаметр полускелетных - 2,1-3 (4) мм; скелетных- больше 4,0 мм. По глубине проникновения корневых систем древесные породы делятся на следующие группы: породы с поверхностным (<60 см) укоренением; с неглубоким (60-150 см) проникновением в почву; среднеглубоким (151-300 см); глубоким (301-500 см) и очень глубоким (>500 см).

Корни древесных растений могут углубляться до 10-12 м, но обычно до глубины 3-5 м. Корневые системы культурных травянистых растений, как например, у хлебных злаков - ржи, пшеницы, овса проникают на глубину 100-150 см, у кукурузы до 150 см, у молодой люцерны в первый год жизни - на 2-3 м, у более старых растений люцерны могут достигать 10 м.

Корневая система - это совокупность всех корней одного растения. Соотношение в росте главного и боковых корней определяют форму и характер корневой системы. Выделяют три основных типа корневых систем: стержневую или главного корня при преобладающем росте главного корня; мочковатую - при сильном разветвлении боковых корней и слабом росте главного корня; смешанную - при одинаковом развитии главного и боковых корней. Ряд авторов дополнительно выделяет четвертый тип - тип якорных корневых систем.

У взрослых древесных растений диаметр распространения корневой системы обычно в несколько раз превышает диаметр кроны, достигая 10-18

м. Диаметр площади, занятый корневой системой одного растения, достигает у хлебных злаков 40 - 60 см, у кукурузы- 2-2,5 м, у тыквы- 6-8 м.

В зоне недостаточного увлажнения проявляется ярусность в расположении корней различных видов растений, произрастающих совместно на одной почве.

Развитие корневых систем зависит от среды обитания. В северной лесной зоне на подзолистых почвах, плохо аэрируемых, с высокой плотностью иллювиалы-1ых горизонтов, корневая система растений на 90-95 % сосредоточена в самых поверхностных слоях (10 -15 см). На менее увлажненных серых лесных почвах лесостепной зоны, черноземах и каштановых почвах степной зоны корневые системы проникают глубже. На темнокаштановых почвах у хлебных злаков около 60 % корней сосредоточено в верхнем слое глубиной 15-20 см, 40 % уходит в более глубокие слои. На засоленных почвах с повышенным содержанием солей корневая система расположена близко к поверхности почвы. В зоне полупустыни и пустынь у одних растений имеются исключительно поверхностные корни, у других растений корни проникают глубоко и достигают грунтовые воды (у верблюжьей колючки до 18-28 м), у третьих- имеют корневую систему универсального типа.

2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Подготовительные работы начинаются с выбора участка и объектов исследования. Площадка для исследования целинных объектов как древесных, так и травянистых растений должна быть репрезентативной в отношении почвы, а также густоты и видового состава растительности. Для изучения корневых систем выбираются растения со среднеразвитыми надземными частями, находящимися в преобладающей на участке в данное время фазе вегетации.

В начале работ проводится общее описание выбранного участка и состава растительности - травостоя и древостоя на нем. На целинных участках одновременно производится взятие проб для учета массы надземных частей растений: травянистые растения срезаются, разбирается по видам, высушиваются и взвешиваются. Кустарники спиливаются у самой поверхности почвы. Кроме того, определяется мощность, характер и строение мертвого покрова на площадке.

Изучение подземных органов деревьев, кустарников и лесных сообществ должно проводиться на пробных площадях в наиболее характерных для изучаемого района типах леса. При необходимости для всех типов леса выбирают участки разного возраста и участки с разной

интенсивностью выпаса скота. При изучении подземных органов в лесных сообществах на намеченных пробных площадках проводят таксацию древостоя (сплошной пересчет древостоя со взятием модельных деревьев). В качестве модельных выбирают средние деревья господствующих пород и средние экземпляры всех видов кустарников, встречающихся в данном растительном сообществе. Обычно отбирают среднее (типичное) дерево, которое наиболее полно отражает характер насаждения в целом. Наиболее желательный вариант заключается в отборе трех моделей, характеризующих деревья трех групп роста - лучшее, среднее и отстающее.

Дается подробная таксономическая характеристика объектов: возраст, семенное или порослевое происхождение, высота, диаметр ствола на высоте 130 см, бонитет, развитие кроны, высота ее от почвы и т.д. Затем около этих деревьев или кустарников намечаются участки для раскопок и взятия образцов почвы для количественного учета подземных органов.

После этого на миллиметровой бумаге составляется план в масштабе 1:10, 1:20. На план наносят изучаемые деревья и кустарники, проекции их крон, а также стволы близстоящих деревьев и кустарников с проекциями их крон. В условиях ровного местоположения траншея закладывается с севера на юг; если площадка закладывается на склоне, то траншея располагается вниз по склону. Отмечается направление склона и положение стран света, а также место, где будут проводиться раскопки, и место взятия монолитов.

При изучении корневых систем культурных растений, если целью исследования не являются взаимоотношения между культурными растениями и сорняками, следует выбирать участки, свободные от сорняков. В посевах сельскохозяйственных культур при выборе пробных площадок необходимо учитывать характер размещения растений на поверхности и ширину междурядий.

В хозяйственных посевах отчуждаемая с урожаем часть сельскохозяйственных культур учитывается на пробных площадках. На опытных деланках в зависимости от ее размера отчуждаемая часть урожая определяется или методом сплошного учета или на пробных площадках, как в хозяйственных посевах. Линейные размеры учетной площади должны соответствовать или быть кратны ширине междурядий. Размер пробных площадок для учета урожая сельскохозяйственных культур в сплошных посевах злаковых культур и многолетних трав при ширине междурядий 15 см обычно составляет 90х90 см или 150х150 см; в полях пропашных культур стороны площадок должны соответствовать 2-3-5 - кратной ширине междурядий.

При этом яровые зерновые срезаются на высоте 15 см, озимые - 18 см, многолетние травы - 5 см от поверхности почвы. Количество пробных площадок зависит от пестроты почвенного покрова и однородности состояния растений в посевах, но не должно быть меньше трех. В урожай отдельно учитывается зерно, клубни, корнеплоды, початки кукурузы и корзинки подсолнуха, солома, сено, используемые на силос части ботвы, листьев и т.д. На этих же площадках определяется надземная масса растений, остающаяся на поверхности почвы после уборки урожая. В случае сплошного учета урожая на мелких делянках площадь для учета поверхностных остатков зерновых и трав составляет 1-1,5 м², а площадь учета крупных остатков пропашных и овощных культур, остающаяся на поверхности после уборки урожая, увеличивается до размеров порядка 25-100 м² и больше. В случае машинной уборки урожая проводится дополнительный учет поверхностных остатков и вносятся соответствующие поправки в результаты определений биомассы растений, полученные на пробных площадках.

При изучении биологического круговорота азота и зольных элементов необходимо отдельно определять надземную массу, остающуюся на поверхности после уборки урожая, и массу корней растений. Подробное описание выбора пробных площадок в зависимости от типов растительно-го покрова можно найти в работах Н.П. Ремезова, Л.Е. Родина и Н.И. Базилевича.

Изучение корней сельскохозяйственных растений в отличие от изучения их надземной массы проводится не в период уборки урожая, а во время цветения, когда корневые системы достигают наивысшего развития.

Для кустарниковых и древесных пород оптимальные сроки проведения раскопок корневых систем определяются влажностью почвы, которая должна находиться в пределах 70-80 % от наименьшей влагоемкости почвы.

Все работы по изучению корневых систем сопровождаются морфологическим описанием профиля почвы, взятием почвенных образцов для определения химических и физических свойств почв в лаборатории, изучением физических свойств почв в поле и определением влажности.

3. КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ

Для морфологического изучения строения корневых систем применяется горизонтальная и вертикальная раскопки корней.

3.1 Метод полной раскопки

Сущность метода заключается в исследовании всей корневой системы путем фиксирования ее положения в пространстве при постепенном освобождении от почвы, зарисовывания освобождаемых частей и в подробном описании характера корневой системы. Пользуясь этим методом, можно получить представление о морфологии основного скелета корневой системы, характере ветвления и распределения корней в зависимости от строения почвенного профиля, радиусе, диаметре, глубине распространения корневой системы, об объеме корней и величине их поверхности, а при раскопке корневых систем растений разных видов о взаиморасположении их корневых систем. Главным недостатком метода является его большая трудоемкость.

Наиболее широко метод полной раскопки применяется при изучении подземных органов плодовых деревьев, всходов и молодых экземпляров деревьев и кустарников. Широко пользуются им и при изучении подземных органов растений, произрастающих на супесчаных и песчаных почвах и болотах.

Полное извлечение корневой системы взрослого дерева чрезвычайно сложно и трудоемко, поскольку его корни занимают значительный объем почвы. Так, корневая система сосны первого класса бонитета занимает 24-360 м³ почвы.

Для раскопки взрослых деревьев с мощной корневой системой можно использовать метод, предложенный Н.П. Ремезовым. Вокруг пня срубленного модельного дерева размещается площадка, размер которой равен площади питания среднего дерева, условно равный площади проекции его кроны. Площадку делают в форме квадрата. Вокруг нее роют траншею шириной 0,5 м и глубиной 1-1,5 м. Обнажившуюся в траншее почву делят на генетические горизонты и выбирают корни из образовавшегося монолита. Потом из ямы извлекают пень. Крупные корни очищают от почвы, промывают в проточной воде, сушат и взвешивают. Массу пня определяют отдельно.

В последнее время находят применение различные модификации метода полной раскопки, значительно сокращающие трудоемкость работ.

3.2 Модификация метода полной раскопки по Н.А. Качинскому

Наиболее удачной модификацией метода полной раскопки кустарниковых и древесных пород является модификация, использованная Н.А. Качинским, при которой выделяются не все подземные органы растения, а часть подземных органов в отдельных секторах почвы (половине, четверти), но также путем постепенного освобождения корней от почвы на полную глубину их проникновения (Качинский Н.А., 1952; Колесников В.А.,

1952; Кузнецова И.В., 1966, 1984). В результате такой раскопки полностью обнажается половина (или четверть) корневой системы исследуемого растения, которая проектируется на вертикальной стенке, проходящей через центр растения.

Теоретическим обоснованием метода является положение о том, что данные по исследованию части корневой системы могут быть перенесены на всю корневую систему дерева.

3.2.1 Горизонтальная раскопка корневых систем

Начинается раскопка с изучения корней горизонтального направления, расположенных по одну из сторон исследуемого объекта. Горизонтальная раскопка дает представление о горизонтальном простирании и диаметре корневых систем растений, характере и энергии вегетативного размножения, о специфике сосущей части корневой системы в поверхностном слое почвы, о конкурентной мощи отдельных растений.

Она важна для познания структуры дернового горизонта, его мощности и прочности в связи с явлениями эрозии. Применяется при изучении корневых систем как отдельных растений, так и растительных сообществ.

В начале с помощью саперной лопатки удаляется часть почвы с поверхности до обнаружения сетки корней. В дальнейшем работа проводится с помощью отвертки, стамески, ножа, шила или пинцета. Для более детальных работ можно применять препаровальные иглы, кисточки и щеточки. Раскопка начинается от корневой шейки растения к периферии. В начале с поверхности удаляют мертвый покров (подстилку). Снимают ее до начала слоя залегания корней или корневищ, очищают их от приставших к ним частиц. Переходя к почве, освобождают от нее все, даже наиболее тонкие корни, вплоть до корневых окончаний, а также подземные органы стеблевого происхождения. Ширина раскопки соответствует радиусу распространения горизонтальных корней, длина - диаметру их распространения.

Корневые системы травянистых растений вскрываются со всей площади их распространения. Для этого достаточна прямоугольная площадка размером 50x30 или 100x60 см. После препарирования корней на глубину 10 см проводится зарисовка и фотографирование корней в горизонтальной проекции. В необходимых случаях может быть рекомендована последовательная зарисовка горизонтальных корней на нескольких глубинах (например, 5, 0, 20,30 см).

3.2.2 Вертикальная раскопка корневых систем

По окончании изучения строения горизонтальных корней переходят к изучению корней вертикальных. Освобожденные от земли корни

специальными шпильками из тонкой проволоки прикрепляются к вертикальной стенке траншеи, проходящей через стержневой корень, с точным сохранением угла их отхождения от ствола. При раскопке пользуются теми же инструментами, как и при методе горизонтальной раскопки. Глубина раскопки, как правило, бывает на 15-20 см больше глубины проникновения корней в почву.

В отдельных случаях, при тяжелом гранулометрическом составе и пересушенности почвы, для облегчения выделения корней раскопку можно проводить после определения водопроницаемости почв методом рам или смачивать раскапываемую поверхность небольшим количеством воды.

Для откопки корневых систем в условиях полупустыни иногда используется метод увлажненных скважин. Почвы около намеченного к раскопке растения увлажняется через пробуренные буром скважины. Скважины располагаются в 20-40 см от корневой шейки и друг от друга так, чтобы границы смачивания соседних скважин смыкались.

После окончания раскопки производят подробное описание и измерение длины и диаметра корней с помощью рулетки или линейки и штангенциркуля. Затем производится зарисовка и фотографирование корней в вертикальной проекции.

На противоположной стороне изучаемого растения определяется количественное содержание корней на разных глубинах.

3.3 Траншейный метод

Этот метод пригоден для изучения морфологических особенностей роста и развития корневой системы отдельных видов как травянистых, так и древесных растений, взаимоотношений между компонентами растительного сообщества и специфики расположения корней в почвенных горизонтах. Траншею располагают таким образом, чтобы её рабочая стенка проходила на расстоянии 10-15 см от ствола или центра куста растений.

Траншея имеет вид обычного почвенного разреза. Она должна быть прямоугольной с вертикальными стенками. Землю из ямы следует выбрасывать на одну сторону, противоположную передней (рабочей) стенке.

Длина траншеи зависит от размеров объекта и цели исследования: для травянистых растений обычно 1, 5-2,0 м, для кустарников и деревьев до нескольких метров. В лесополосе длина траншеи должна быть не менее расстояния между двумя стволами в рядке. Траншеи располагаются вдоль и поперек полос. В горной местности траншеи располагаются вниз по склону, на равнине - передняя стенка траншеи ориентируется на солнечную сторону. Ширина траншеи должна быть порядка одного метра. Глубина траншеи, как правило, превышает на 15-20 см глубину проникновения корней в почву.

Основная стенка ямы, проходящая вблизи растений, подлежащих изучению, должна быть вертикальной и гладкой. После выкопки траншеи приступают к препарированию корней. При помощи отвертки, пинцета, препарировальных иголок и жесткой кисточки осторожно очищаются от почвы выходящие на стенку ямы подземные органы. Как правило, корни растений очищаются способом сухой раскопки. Если на стенке ямы почва суха и тверда, то её можно смочить водой.

Корни освобождаются на глубину 10-15 см в направлении перпендикулярном к стенке траншея. При более подробных исследованиях проводится вторичное углубление траншеи до плоскости, проходящей через центр ствола. В результате такой раскопки обнажается значительная часть корневой системы. Препарирование корней сопровождается подробным описанием почвенного профиля и корневых систем и заканчивается их зарисовкой и фотографированием.

Помимо указанного выше сухого способа раскопки корней, препарирование подземных органов растений, особенно на почвах легкого гранулометрического состава можно производить при помощи водяной струи.

Наиболее удобно для этой цели использовать различные садовые опрыскиватели. При этом способе отмывки корневая система освобождается большей частью целиком. В случае отмывки корней водой дно ямы делают несколько наклонным в сторону противоположную от рабочей стенки.

Для древесных культур раскопка корней траншейным методом, также как и методом полной раскопки, проводится, как правило, совместно с методом горизонтальной раскопки, который им предшествует.

3.4. Описание, зарисовка и фотографирование корней

После раскопки подробно описывается морфология корневой системы, распределение корней и других подземных органов в зависимости от свойств почвенных горизонтов, изменчивость корней (их пластичность) в связи с условиями местообитания и возрастом.

Прежде всего, определяется тип корневой системы. Отмечается максимальная глубина проникновения стержневого корня в почву, диаметр корня у корневой шейки и его изменение с глубиной, форма корня, цвет, интенсивность ветвления, характер расположения на нем боковых корней.

При описании боковых корней отмечается интенсивность ветвления (сильное, среднее, слабое, не ветвятся), расположение в почве основной массы корней (поверхностное, глубинное, равномерно развивающиеся вширь и вглубь), направление корней по отношению к главному корню

(горизонтальное, вертикальное, идущие под углом), радиус или диаметр распространения основной массы или единичных боковых корней, форма корней. Форма корней может быть цилиндрическая, узкоцилиндрическая или нитевидная, шнуровидная, конусовидная, веретенообразная, реповидная, клубневидная, мочковидная и т.д. Отмечается способность корней к регенерации и срастанию.

Кроме того, при описании корневых систем обращается внимание:

1) на зависимость развития корней и других подземных органов от свойств генетических горизонтов почвенного профиля: гранулометрического состава, содержания гумуса и мощности гумусового горизонта, плотности (особенно наличия уплотненных горизонтов или слоев, механически препятствующих распространению корней), солонцеватости, засоленности, глубины промачивания почвенного профиля атмосферными осадками, влажности отдельных горизонтов, уровня залегания грунтовых вод и их состава. Учитывается распределение корней и других подземных органов в вертикальной и горизонтальной проекциях, влияние подземных органов растений на противоэрозионную стойкость почв.

2) Отмечаются специфические морфологические особенности отдельных корней: присутствие микоризы, клубеньковых бактерий у растений семейства бобовых, явления отрицательного геотропизма, а также петли, изгибы корней и т.д.

3) Описывается сосущая часть корневой системы и корневые мочки, форма и типы сосущих корней (корневых окончаний).

4) Отмечаются особенности подземных частей растений стеблевого происхождения: подземные побеги, корневища, клубни, луковицы, клубнелуковицы.

Имеют значение размеры и глубина проникновения ходов отмерших корней (дрен), степень их заполнения, заполняющий материал и т.д. Отмечается взаимоотношение исследуемого растения с корневыми системами соседних растений (соприкасаются, пересекаются).

Исследуя корневую систему культурного растения и почву под ним, необходимо учитывать историю поля и непосредственных предшественников данной культуры для отделения корневых систем исследуемого растения от корней предшествующей культуры.

При изучении подземной части растительных сообществ освещаются те же вопросы, которые ставятся при изучении отдельных растений, но особое внимание уделяется влиянию сочетания деревьев и кустарников на развитие их надземных и подземных частей; выявлению почвозащитной роли

подземных органов растительных сообществ и отдельных растений и влияние их на почвообразовательные процессы.

Перечень указанных вопросов не является исчерпывающим. Это лишь основные пункты исследования, дальнейшая детализация их или наоборот сокращение зависят от цели работы.

Кроме описания корневой системы совершенно необходимым является получение документального материала - зарисовок и фотографий отпрепарированных корней.

Для зарисовки удобно использовать легкую деревянную квадратную или прямоугольную рамку 50x50, 100x100 или 50x100 см (внутренние размеры). Эта рамка тонкой проволокой или туго натянутым шпагатом разделяется на квадраты 5x5 см для зарисовки корней травянистых растений и 10x 10 см для зарисовки корней деревьев. Рамку с сеткой прикрепляют на вертикальную стенку траншеи с отпрепарированными корнями или при зарисовке горизонтальных корней - на горизонтальную площадку почвы.

При большом размере траншеи или горизонтальной площадки, рамка после зарисовки одного участка переносится на следующий и т.д.

Для рисования удобнее всего пользоваться миллиметровкой, прикрепленной к листу фанеры. Бумагу следует разграфить на клетки, размер которых зависит от масштаба рисунка. Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от величины объекта, обычно: 1: 2, 1: 5, 1: 10. Чем крупнее объект, тем меньше масштаб рисунка. При зарисовке изображение объекта переносится на бумагу по клеткам, что обеспечивает точность и значительно ускоряет работу. Для удобства вертикальные и горизонтальные ряды клеток на деревянной рамке сетки и бумаге следует пронумеровать. На рисунке фиксируются все корни, включая наиболее тонкие. Схематически изображается и вся надземная часть или контур последней. На эти же рисунки наносятся линейный масштаб и границы почвенных горизонтов с указанием их глубины. Кроме того, дается детальное описание почвы.

Зарисовку следует проводить простым карандашом или при желании отметить размещение подземных органов соседних растений - цветными карандашами.

Одновременно с рисунком для более наглядного и объективного изображения корневой системы исследуемого растительного объекта надземные и подземные части его фотографируются. При большой длине траншей фотографирование производится по частям. Темноокрашенные корни растений перед съемкой можно побелить мелом, -зубным порошком или другим материалом для получения более четких снимков.

Если есть необходимость, берут образцы корней для последующего морфологического, анатомического, химического, физико-механического исследования. Для морфологического и анатомического изучения крупные образцы корней высушиваются, более мелкие гербаризируются целиком.

Наиболее интересные части корней фиксируются в спирте (50-70 %) или формалине (4 %). Можно использовать и фиксирующий раствор следующего состава: 33% спирта, 33 % глицерина, 33 % воды. Зарубежные исследователи используют или 5 % раствор формалина, или 15-20 % раствор спирта, что позволяет сохранить корни в течение нескольких месяцев при температуре 100 °С.

4. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ УЧЕТА А ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ

Методы количественного учета основаны на выемке почвенных образцов определенного размера, с последующим выделением подземных органов, их отмывки от почвы и количественном учете. Эти методы не дают достаточно полного представления об особенностях строения, развития и залегания подземных частей растений, взаимоотношениях корневых систем разных растений.

4.1. Метод монолитов или метод выемки образцов по почвенным горизонтам и слоям

Этот метод был предложен Н.А. Качинским (1925), а затем модифицирован другими исследователями. Он позволяет получить данные об объеме, массе, количестве, длине и поверхности подземных органов, насыщенности почвы корнями и другими подземными органами. Наиболее полную информацию он дает о тонких корнях растений.

Как правило, при применении этого метода предварительно производится горизонтальная и вертикальная раскопки корневых систем. Однако в зависимости от цели исследования этот метод имеет и самостоятельное значение.

Наиболее удобно для взятия почвенных монолитов использовать траншею или разрез, в которых производилась зарисовка и где сохранен травяной покров. Взятие монолитов вдоль траншеи значительно облегчает работу. Перед взятием монолита стенка траншеи в местах их взятия должна быть зачищена и сделана строго вертикальной.

Известно более 30 модификаций этого метода, отличающихся в зависимости от объекта и цели исследования размерами монолитов, их формой, числом повторностей, спецификой их размещения и выбором критериев оценки. Монолиты берутся обычным методом. Чаще всего их поперечное сечение составляет 25x25 или 50x50 см. Для изучения корневых

систем травянистых растений методом монолитов достаточно 2-3 повторностей. В лесах и лесных насаждениях берут обычно 6 монолитов для каждой глубины: два - по концам траншеи, два - в непосредственной близости от ствола и два - на равном расстоянии между стволом и концами траншеи.

Высота монолитов обуславливается глубиной проникновения корней. При этом берут монолиты не сразу на всю глубину корнеобитаемого слоя, а последовательно на глубину отдельных почвенных горизонтов или в зависимости от цели исследования по 5-и-10-ти сантиметровым слоям.

Наиболее точно можно взять образцы при помощи специально изготовленных монолитных ящичков. При необходимости можно использовать и железные рамы (25x25 см) квадратной или округлой формы для определения водопроницаемости.

Если почва достаточно плотная (глинистая или суглинистая) и сохранение структуры почвы необязательно, пользуются предложенным М.С. Шалытом (1960) упрощенным методом послышной выемки образцов. После того как намечены почвенные монолиты, их разделяют горизонтальными плоскостями на почвенные горизонты или слои иной мощности.

Затем эти части монолитов поочередно срезаются при помощи ножа и выбираются совком или лопатой. Взятая почва укладывается в мешки или ящички любого размера. В мешок вкладывается этикетка с обозначением даты, номера разреза, названия почвы и горизонта, его мощности.

Однако такой способ взятия образцов допустим только для целинных участков и подпахотных горизонтов почв полей. При учете корней в образцах пахотных почв получают завышенные результаты, в связи с наличием в почве запаханых пожнивных остатков, корней предшествующих культур и органических удобрений. Отделить их от корней изучаемых растений удается только в ненарушенных образцах почвы при условии сохранения в целостности корневой системы растений. Поэтому корни сельскохозяйственных растений рекомендуется отмывать из неразрушенных монолитных образцов прямоугольной формы, размеры которых соответствуют или кратны ширине междурядий в посевах.

В условиях мелкоделяночных опытов рекомендуется применять прямоугольные рамы, соответствующие или кратные ширине междурядий, с последующей выемкой образцов почвы без нарушения их естественного сложения.

При определении массы корней пропашных культур с широкими междурядьями приходится брать не один, а несколько монолитов - в центре

площади питания и монолиты из периферической части зоны питания растений. Из взятых тем или иным способом почвенных образцов выделяют корни. Техника выделения описана ниже.

4.2. Способы отбора проб корней различными бурами

Это один из вариантов метода монолитов. Для отбора проб корней особенно на опытных делянках (в том числе в условиях мелкоделяночных опытов) используют буры различных систем и диаметров специальной конструкции - круглого, квадратного или прямоугольного сечения. Приборы квадратного сечения дают более точные данные и особенно пригодны для изучения подземной части культурных растений, в частности, для рядовой культуры. Среди специально сконструированных буров следует отметить буры Ф.М. Надьярного, К.С. Духанина, С.С. Шаина и некоторые другие. Чем больше объем образцов почвы, тем более достоверные получаются результаты, хотя отбор их и более трудоемок. Объем образца колеблется от 1000 до 5000 см³. Широким применением пользуется бур Шаина. Обычно он имеет сечение 20x20 см при высоте 43 см и позволяет за один прием взять почвенный монолит с корнями на глубину 40 см. Бур может иметь как меньшую (15x15 см), так и большую (25x25 см) площадь сечения.

При работе с буром Шаина на делянках с выравненным травостоем рекомендуется брать не менее трех образцов; при неоднородном по высоте и степени покрытия травостоем повторность увеличивается до 5-7.

4.3. Учет деятельных (сосущих) корней по методу А.Я. Орлова

Учет деятельных (сосущих) корней древесных культур с диаметром <0,5 мм проводится по методу, описанному А.Я. Орловым (1955). По этому методу представление о содержании сосущих корней деревьев в почве можно получить при тщательной выборке их из небольших монолитов с поперечным сечением около 100 см² при помощи пинцета и препарировальных иголок с последующей отмывкой всего объема почвы на ситах с отверстиями 0,1, 0,25 и 0,5 мм. Отбирают только тонкие проводящие (сосущие) корни. Выбранные корни и остатки от промывки на мелких ситах подвергаются тщательному анализу под бинокулярной лупой при увеличении в 40 раз или под бинокулярным микроскопом при увеличении в 10-20 раз. Выделяются различные морфолого-анатомические части мелких живых корней, а также отмершие корни и другие органические примеси. Выделенные фракции высушиваются и взвешиваются. Определяется содержание живых, отмерших корней и других фракций в каждой пробе и в среднем для каждого слоя или горизонта почвы.

Метод учёта сосущих корней монолитами небольшого объема дополняет учет крупных корней монолитами большого объема.

4.4. Метод дробного учета

К ним относятся: метод «кубиков», метод «брусков» или метод «площадок», а также метод «сложного» учета М.Г. Тарановской. Методы дробного учета можно рассматривать как модификацию метода монолитов. Эти методы пригодны преимущественно для изучения корневых систем культурных растений. Подробное их описание можно найти в книге М.Г. Тарановской «Методы изучения корневых систем» (1957).

4.5. Метод Часовенной

Метод состоит во взятии подземных частей травянистых растений и молодых экземпляров деревьев и кустарников в специальные металлические сетки, размер которых обеспечивает отмывку всей корневой системы.

Сетки имеют размер 35x50 см с ячейками 0,3x0,4 см. Между сетками, как гербарий, помещается монолит почвы толщиной 10-14 см с корневой системой исследуемого растения. После взятия монолита почва постепенно вымывается, а между сетками остается корневая система, сохраняющая свое естественное положение. После отмывки корневой системы приступают к ее описанию, зарисовке и определяют массу подземных органов и степень насыщенности ими почвы.

4.6. Техника отмывки и очистки корней от почвы при количественном методе учета

Выделение корней из почвы необходимо производить сразу же после взятия образцов, не допуская их высыхания.

Выделение корневищ, луковиц и крупных корней можно производить вручную, рассыпав исследуемый образец более или менее тонким слоем. Тонкие корни выделяется из почвы обязательно путем отмывки, так как при отборе корней вручную часть тонких корней остается в почве.

Отмывку корней можно производить разными способами: в проточной воде и в любых водоемах, с помощью шланга, путем декантации, на специальных отмывочных машинах и т.д.

Отмывку корней производят на нескольких ситах с постепенно уменьшающимся диаметром отверстий. При отмывке корней древесных пород можно пользоваться двумя металлическими ситами: верхним с диаметром отверстий 2 или 3 мм, нижним - 0,5 мм или 1 мм. Сита располагаются друг над другом. Иногда можно ограничиться одним ситом с ячейками 0,5 или 1 мм. Корни травянистых растений рекомендуется отмывать на сите с ячейками 0,25. Желательно, чтобы диаметр сит был не

менее 40 см, высота бортов не менее 10 см. Однако при отсутствии специальных сит можно использовать сита для определения структурного состава почв по методу Н.И. Саввинова. До помещения почвы с корнями на сито для отмывки весь почвенный образец предварительно размачивается в ведрах, тазах, размельчается руками и небольшими порциями переносится на сито для полного отмывания. Из размоченной в течение нескольких часов, иногда суток, почвы корни отмываются значительно быстрее. При этом корни сельскохозяйственных растений легко отделяются от измельченных органических остатков предшествующих культур и сорняков. Корни несколько раз тщательно промывают на сите, отжимают, подсушивают фильтровальной бумагой, снабжают этикеткой и помещают в пакет.

М.Г. Тарановская (1957) рекомендует для отмывки корней предлагаемые Я. Еником приспособление, состоящее из ведра, в котором вырезана центральная часть дна и в котором помещается два сита, из которых нижнее с отверстиями не крупнее 0,25 мм. Плоскость железного обода каждого сита должна соответствовать конической форме ведра. На обод нижнего сита желательно надеть кольцо из плотной резины, обеспечивающее плотное прилегание сита к стенке ведра и тем самым препятствующее потере части корней. Если в поле выполнена только предварительная отмывка, в лаборатории ее заканчивают.

С.И. Долгов и другие исследователи предлагают проводить отделение корней от почвы без пропускания всей почвенной массы через сита.

Для этого почвенные образцы замачивают в ведрах пятикратным объемом воды, осторожно разминают почвенную массу пальцами, энергично размешивают суспензию мешалкой и сливают верхнюю часть суспензии на сито. Медленно оседающие на дно корни растений переносятся с суспензией на сито, а основная масса почвы оседает на дне ведра. Приливание чистой воды, взмучивание и сливание повторяют до тех пор, пока не будут выделены самые мелкие корни. Осевшую на дно почвенную массу просматривают на чистоту от корней.

При большом количестве образцов анализируемых корней их можно сохранять в суспензии в течение 2-5 дней при 15-25 °С. Для увеличения срока хранения добавляют спирт (его концентрация не ниже 10 %) или формалин (концентрация - 4 %), что увеличивает продолжительность хранения образцов до двух месяцев.

При взятии проб корней для зольного анализа после очистки их механическим путем (отряхиванием) быстро, пока корни не потеряли тургора, отмывают их от почвы спиртом. Корни, отмываемые из монолитов

обычным способом и длительное время находившиеся в воде, могут потерять часть зольных элементов, поэтому использовать их для анализа нельзя.

ТЕМА 15. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОТМЫВКИ ОБРАЗЦОВ КОРНЕЙ, И ОФОРМЛЕНИЕ РИСУНКОВ

Полученные при отмывке образцы корней могут быть использованы для определения их объема, массы, поверхности и длины. После того как корни отмыты, их сортируют по видам растений и подробно описывают. Кроме того, корни делят на фракции по их диаметру. Наиболее часто выделяют фракции: до 1 мм, 1-2 мм, 2-5 мм, 5-10 мм, 10-50 мм, >50 мм.

Определение диаметра корней производится с помощью штангенциркуля или лучше микрометра, а так же под микроскопом с небольшим увеличением. Каждый корень измеряется в двух-трех местах. В каждой фракции для определения диаметра нужно сделать 25-30 промеров. Корни травянистых растений в большинстве случаев сортируют по группам: корни злаков, разнотравья, папоротников. Определение массы и объема корней производится непосредственным измерением.

1. Определение объема корней

Объем корней по видам, фракциям или общий должен определяться сразу же на месте после отмывки. Только в случае невозможности проведения в поле эта работа может быть проделана в лаборатории. В этом случае подсохнувшие корни на несколько часов помещают в воду для того, чтобы они приняли объем, который имели в почве. Затем, когда корни набухнут и пропитаются водой, их нужно слегка отжать и осушить несколько раз фильтровальной бумагой.

Для определения объема корней удобнее всего использовать обычные мерные цилиндры. Принцип метода - измерение вытесненной из цилиндра воды при погружении в него корня. Ход работы с ними таков: берутся два одинаковых мерных цилиндра, емкость которых немного превышает объем корней. В один цилиндр наливают воду до верхней метки, а во второй, пустой, помещают корни, после чего этот цилиндр доливают из первого водой до верхней метки. При этом корни, залитые водой, тщательно перемешивают, чтобы избавиться от задерживаемых между корнями многочисленных пузырьков воздуха. Количество воды, оставшееся в первом цилиндре, и соответствует объему корней.

Определение объема живых корней можно производить с помощью объемомера переменной чувствительности Сабанина и Колосова.

Определение разницы в объемах живых корней растений, произрастающих в различных условиях среды или при разных способах обработки и посадки, является хорошим дополнительным показателем развития корневой системы и использования ею корнеобитаемого слоя почвы. Кроме того, объем корней определяется в зависимости от цели исследования в воздушно-сухом и абсолютно-сухом состоянии.

2. Определение массы корней

Массу корней определяют в зависимости от целей исследования в сыром, воздушно-сухом и в абсолютно-сухом состоянии. Чаще всего пользуются определением воздушно-сухой массы корней. Для этого после определения объема корней их высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают, тоже по фракциям или видам растений и целиком. Определив влажность воздушно-сухих корней, можно найти массу абсолютно-сухих корней. Для определения влажности отбирают по 5-10 образцов в каждой из всех выделенных по величине диаметра фракций. После сушки устанавливают средний процент влажности, а затем определяют массу корней для каждой категории крупности. Для различных сельскохозяйственных культур часто вычисляют отношение массы корней одного растения к массе его надземной массы. Отношение массы корней и надземных частей растений зависит от почвенно-климатических условий. В северной влажной зоне корневая система может в 5-10 раз уступать по своей массе надземным частям растений. В южных районах масса корней по отношению к надземным частям растений возрастает. В условиях пустынь корни по массе часто в десятки раз превышают надземные части растений.

3. Определение поверхности корневой системы

Поверхность корней и их длина (по фракциям) определяется косвенным путем - с помощью формул для определения боковой поверхности и длины цилиндра. При определении поверхности корневой системы используется формула для определения поверхности цилиндра:

$$S = \frac{4V}{D},$$

Где; S - боковая поверхность корней, см²;

V - объем корней данного диаметра (D), см³.

Для вычисления ее необходимы данные о диаметре и объеме корней отдельных фракций. По формуле вычисляют поверхность корней каждой фракции и путем простого суммирования определяют поверхность всех корней данного горизонта или слоя почвы.

4. Вычисление длины корней

Вычисление длины корней проводится сначала для каждой фракции, а затем для всего растения после того, как определены объем и поверхность корней каждой фракции, по формуле:

$$L = \frac{S}{\pi \cdot D},$$

Где; L - длина корней, см; S - поверхность, см²; D - диаметр, см.

Если же исследователь, не вычисляя поверхности корней, намерен ограничиться установлением общей длины корневой системы, то необходимо определить объем и диаметр корней каждой фракции и использовать затем формулу:

$$L = \frac{4V}{\pi \cdot D^2},$$

Где; L - длина, см; V - объем, см³; D - диаметр, см.

Наряду с описанными выше косвенными способами определения длины корней существуют способы прямого определения длины и толщины корней. Так, для определения длины и толщины корней П.А. Власюк и А.М. Гродзинский рекомендуют применять получение их отпечатков на светочувствительной бумаге (фотографической бумаге или «синьке») контактным способом. В дальнейшем на бумаге проводится измерение длины с помощью курвиметра - прибора, который употребляется в топографии для измерения кривых линий на карте.

Для измерения длины корней на любых глубинах Н.И. Саввинов и Н.А. Панкова предлагают следующий метод. В почвенном шурфе тщательно зачищается передняя стенка шириной 0,8-1,0 м. В нее вбиваются стальные обоймы объемом в 25 или 50 см³, распределяемые на определенных глубинах рядами. В верхнем горизонте ряды забиваются через 5 см, во втором полуметре - через 10 см, ниже - через 20 см. В верхнем слое объем обойм - 25 см³, количество - 5-6 штук; в нижних - 50 см³, количество - 8-10 штук. Образцы почвы, вырезанные обоймами, вынимаются из них, корни отмываются от почвы и наклеиваются на заранее разграфленную и покрытую клеем бумагу. Куски корешков наклеивают, приставляя их друг к другу рядами, расположенными на расстоянии 1 см. В результате получается как бы один непрерывный корень, длина которого определяется умножением числа рядов на ширину бумаги. Затем прибавляется длина боковых корней. При делении длины корней на объем монолита получается длина корней на единицу объема почвы, т.е. в мм на 1 см³ или в м на 1 дм³.

Для вычисления среднего диаметра корней проводят ряд поперечных линий через лист с наклеенными корнями. Средняя толщина пересеченных

корней принимается за средний диаметр всех корней. Имея длину и средний диаметр корней, можно получить их поверхность для определенного объема почвы.

5. Вычисление насыщенности почвы корнями

Насыщенность почвы корнями - это отношение объема корней к объему почвы, в которой они находились, выраженное в процентах.

$$H_0 = \frac{V_k}{V_p} \cdot 100,$$

где; H_0 - насыщенность данного объема почвы корнями, %; V_k - объем корней в данном объеме почвы (V_p), см^3 .

Насыщенность почвы корнями дает представление о размещении корней по почвенному профилю в относительных цифрах, что позволяет сравнивать данные разных авторов независимо от того, какого размера почвенные образцы они брали. Особенно интересны эти данные для выяснения почвозащитной и структуро-образующей роли корней. Кроме того, в отдельных случаях целесообразно вычислить процентное отношение корней в разных горизонтах, соотношение деятельных и недейтельных корней (к первым относят корни с корневыми волосками, ко вторым - лишённые последних).

ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ И ОФОРМЛЕНИЕ РИСУНКОВ

В дальнейшем для каждого разреза на основании полученных данных составляют таблицы и диаграммы, изображающие графически распределение массы, объема, величины поверхности, длины корневой системы и насыщенности почвы корнями по почвенным горизонтам или слоям. Каждая диаграмма состоит из ряда прямоугольников, высота которых соответствует мощности данного горизонта, а ширина соответственно - массе, объему, длине корней, величине поверхности или насыщенности почвы корнями на каждые 10 см этого горизонта. В верхней части диаграммы графически изображается вес надземной массы с разделением на живую надземную массу и на мертвый покров. При составлении таблиц необходимо сделать пересчет на площадь сечением 1 м^2 или 1 га и соответствующую мощность слоя.

Рисунки, выполненные в полевых условиях, в лаборатории обводятся тушью. Толстые корни следует делать сплошь черными, а не обозначить их контуры двумя линиями. Если в поле рисунок выполнен цветными карандашами, то при подготовке оригинала к фотографированию для изображения корней, принадлежащих разным растениям, можно

использовать различные обозначения, например, пунктир, штриховку, заливку тушью и т.д.

На рисунках должны быть нанесены: линейный масштаб и границы почвенных горизонтов с указанием их глубины. Желательно изображение на рисунке и надземной части растения в виде более или менее схематизированного рисунка или общего контура.

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ РАСТЕНИЙ

Кроме перечисленных выше разрушающих методов прямых раскопок или взятия монолитов для изучения корневых систем растений, существуют неразрушающие методы исследования корневых систем растений, т.е. без предварительного их извлечения из почвы. По своей сущности они делятся на несколько групп.

1. Методы с использованием радиоактивных изотопов (углерода, фосфора).

2. Методы с использованием нерадиоактивных индикаторов (нерадиоактивные соли лития, бора, стронция, меди).

3. Электрометрические методы, основанные на различиях электропроводности корней растений и почвы.

4. Метод культур, выращенных в вегетационных сосудах, горшках, ящиках, лизиметрах с насыпной почвой или почвенными монолитами; в водных культурах. Используется в основном при изучении первых стадий развития подземных частей растений.

5. Метод наблюдения за ростом и развитием корней растений, высаженных или уже растущих вдоль траншеи, через стенку из прозрачного материала, вставленную на глубину почвенного профиля. В дальнейшем траншея со стеклянными или из другого прозрачного материала стенками с одной или двух сторон и навесной крышей получила название ризотрона.

Ризотрон позволяет проводить систематические наблюдения, отмечать последовательные стадии развития корней на стекле. Метод трудоемкий, требующий значительных материальных вложений. Недостатки метода:

неизбежны отклонения от природных условий; стекла изменяют направление и скорость роста многих корней; ограниченная повторяемость.

6. Корреляционный метод. В последнее время иногда применяется так называемый корреляционный метод, суть которого заключается в определении подземной массы части растений по количественным показателям их надземных органов (массе, числу и размеру побегов, числу листьев и т.д.) на основании ранее выявленных зависимостей между

параметрами подземных и надземных частей этих растений.

ТЕМА 16. Общие вопросы сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур

1. Цели и задачи сортоизучения

Роль сорта как средства сельскохозяйственного производства трудно переоценить. Именно наличие соответствующих сортов позволяет совершенствовать технологию возделывания любой культуры. Новые сорта - тот "локомотив", который подвигает производство по пути экологизации и интенсификации к созданию адаптивных высокопродуктивных садов.

Выведение и внедрение сортов с ранее недостижимыми признаками (например, самоплодных или обладающих иммунитетом к вредителям и болезням) позволяет внести кардинальные коррективы в существующие технологии закладки товарных насаждений или выпуска оздоровленного посадочного материала.

Вместе с тем предела совершенствования сортимента не существует. Это процесс непрерывный, так как со временем меняются требования к сортам, рождаются новые селекционные идеи, воплощающиеся в новых сортах, и просто, у любого сорта всегда найдется признак, который следует улучшить. Меняются и условия производства в ответ на антропогенное влияние на условия окружающей среды, а также в силу множества глобальных причин, определяющих развитие жизни на Земле.

Целью сортоизучения является выявление биологического, производственного и селекционного потенциала мирового сортового разнообразия культуры и разработка путей его наиболее эффективного использования для удовлетворения соответствующих потребностей человека, а также сохранения и процветания всех видов плодовых растений как неотъемлемой части мировой флоры.

Отсюда в задачи сортоизучения входит следующее:

1) сбор, сохранение и поддержание в живом виде наиболее полных коллекций, отражающих генетическое и сортовое разнообразие той или иной плодовой культуры;

2) изучение биологии развития и плодоношения, соответствия биологических особенностей сортообразцов природно-климатическим условиям того или иного региона;

3) выявление требований сорта к агротехнике возделывания, в том числе местоположению, почвенным условиям, подвоям, обрезке и т.д.;

4) оценка пригодности сортов для выращивания по интенсивным, ресурсосберегающим, экологически безопасным технологиям и для адаптивного садоводства;

5) разработка, оценка и выявление наиболее экономически целесообразных сочетаний сортов для совместного выращивания в группах, обеспечивающих стабильное ежегодное получение продукции данной породы вне зависимости от варьирования условий окружающей среды;

6) определение экономической целесообразности и эффективности возделывания сорта;

7) разработка и внедрение методов обеспечения максимальной константности и однородности сортов и сортотипов, совершенствование приемов их апробации и идентификации;

8) изучение генетического происхождения сортов и сохранение генетического разнообразия при производственном и селекционном использовании сортов;

9) оценка сортов и видообразцов в качестве источников и доноров для дальнейшего использования в селекции;

10) оценка сортообразцов по комплексу хозяйственно-ценных признаков и выделение лучших из них для использования в товарном и любительском садоводстве;

11) определение ареала возделывания сорта и прогнозирование его изменений на основе порайонного изучения биологического и производственно-хозяйственного потенциала, обобщения данных государственного и производственного сортоиспытания;

12) рекомендация сортов для внесения в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (районирование) поэтому или иному региону, а также для включения в государственное испытание.

2. Сортообмен и интродукция

Сортовые и видовые ресурсы плодовых и ягодных культур сосредоточены в научных учреждениях и прежде всего в тех из них, где ведутся активные селекционные программы. Помологические коллекции по любой породе включают местные сорта народной селекции, интродуцированные из разных стран и регионов зарубежные и отечественные сорта, элитные, отборные сеянцы и сорта собственной селекции, видообразцы родственных видов дикой флоры, отдаленные гибриды, мутанты, полиплоиды, комплексные доноры для селекции.

Главное методическое требование при создании, сохранении и поддержании в живом виде таких коллекций - точная идентификация

каждого образца, выполненная в настоящее время по морфологическому описанию, а в будущем на основании белковых маркеров.

Помологические коллекции находятся в постоянном движении.

Они пополняются новыми, ценными для селекции и производства образцами и в то же время ряд сортов и форм уничтожается, если на смену им созданы более совершенные, или если они погибли, как непригодные к произрастанию в данных почвенно-климатических условиях. Создаются новые сорта как результат собственной селекции.

В каждом селекционном научном учреждении должны иметься генетические коллекции по породам, включенным в селекционную программу, и должно быть обеспечено максимальное генетическое разнообразие сортовых ресурсов. Поэтому между отечественными и зарубежными научными учреждениями, как правило, в рамках двусторонних договоров о безвозмездном научном обмене информацией и растительным материалом идет постоянный обмен новыми сортами, видообразцами, источниками и донорами для селекции. Такой обмен, а также интродукция новых сортов из-за рубежа через интродукционно-карантинные питомники, позволяют селекционерам и сортоведам при оценке материала не замыкаться в ограниченных во времени и пространстве рамках, а делать более обоснованные обобщения с учетом наличия мировых растительных ресурсов и последних достижений селекции, использовать в селекционных программах наиболее эффективные доноры.

Сохранению подлинных названий сортов, их авторства, происхождения, служат единые обязательные унифицированные формы записей сортовых поступлений (форма 1), сортовых насаждений (форма 2) и сортовых отправок (форма 3), которые с некоторой модификацией приемлемы для любой породы и по каждой породе ведутся отдельно, со своей нумерацией образцов.

Подлинность присланного или отправляемого сортообразца должна быть подтверждена сортовым свидетельством. В тех случаях, когда обмениваются материалом, идентификационные признаки которого еще не опубликованы или не будут публиковаться (доноры, отдаленные гибриды и т.д.), желательно, чтобы отправитель их выслал в адрес получателя материала для предотвращения всяких возможностей ошибки в идентификации.

Нельзя обмениваться материалом, зараженным вредителями и болезнями, входящими в реестры карантинных в той области, куда он направлен (например, неприемлемо высылать черенки сортов, зараженных калифорнийской щитовкой или шаркой сливы в те регионы, где их еще нет).

Нельзя высылать материал, не обеззараженный от вирусной или микоплазменной инфекции, а также зараженный нематодами, клещами и другими вредителями, основным путем распространения которых является размножение с посадочным материалом. Здоровье объектов обмена и интродукции должно быть подтверждено карантинным сертификатом, а сортообразцы, пришедшие из-за рубежа, должны по истечении срока проходить карантинное обследование.

Определенное исключение из данного правила составляет растительный материал, полученный с применением методик микрклонального размножения, передаваемый пробирками с укорененными растениями на искусственной питательной среде. Для большей гарантии отсутствия инфекции все же желательно и эти образцы проверить на наличие вирусов и микоплазм прививкой на индикаторы.

Форма 1

Книга сортовых поступлений

Порядковый номер по книге сортовых поступлений	Дата получения (год, месяц, число)	Название сорта	Происхождение сорта (родительские формы, где и кем выведен)	От кого получен (адрес отправителя)	Под каким номером получен	№ сортового свидетельства	№ карантинного сертификата и дата его выдачи	Вид полученного сортового образца	Количество	Состояние	Тип подвой (для саженцев)	Где посажен	Где привит	Примечание

Форма 2

Книга сортовых насаждений

№ квартала или участка _____ Счет рядов от _____ к _____ Счет деревьев от _____ к _____

№ ряда	№ дерева в ряду	№ сорта по книге сортовых поступлений	Название сорта		Кем и когда проверено название	Происхождение сорта	Подвой	Откуда получен посадочный материал	Дата посадки	Возраст посадочного материала	Качество посадочного материала	Отметка о выделении и маточник	Гибель дерева		Примечание
			под каким названием получен	установлено при проверке									год и месяц	причины	

Форма 3

Книга сортовых отправок

№ по порядку	Дата отправления	Наименование и адрес получателя	Инвентарный номер сорта	Название отправленного сорта	Происхождение сорта (родительские формы, где и кем выведен)	Подвой	Вид и количество посадочного материала			№ сортового свидетельства	№ карантинного сертификата и дата его выдачи	Другие сведения и примечания
							саженцы (их возраст)	черенков, отводков	семян			

3. Формы и методы изучения сортов

Производственно-биологическое изучение сортов, видообразцов, отдаленных гибридов, мутантов и полиплоидов плодовых, ягодных и орехоплодных культур в настоящее время ведется в следующих формах:

1. Коллекционное сортоизучение, выполняемое по сокращенной

программе научными учреждениями.

2. Первичное сортоизучение, проводимое по полной программе с целью выделения наиболее ценных по комплексу хозяйственно-полезных свойств сортов для товарного, любительского садоводства и селекции. Первичное изучение предполагает наиболее полное изучение сортов по всем морфологическим, биологическим и хозяйственным признакам.

3. Государственное сортоиспытание, организуемое Государственной комиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений при Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. Оно проводится как испытание на отличимость, однородность и стабильность по методикам УПОВ (Международного Союза по охране новых сортов растений) и как испытание на допуск селекционного достижения к использованию по методике государственного испытания плодовых, ягодных культур и винограда, изданной в 1970 г. (выпуск V) на государственных сортоучастках, расположенных в 12 регионах России. Сорт может проходить испытание на допуск к использованию сразу в одном или нескольких регионах.

4. Производственное сортоиспытание, которое проводится в садах научных учреждений и специализированных садоводческих хозяйствах разных форм собственности на основании договоров. При производственном сортоиспытании уточняются требования сортов к агротехнике возделывания, разрабатываются варианты сочетаний сортов, обеспечивающих стабильность плодоношения в экстремальных ситуациях.

5. Экспедиционное (маршрутное) обследование сортов может быть общероссийского, республиканского или областного масштаба, сплошное или выборочное. Также различными могут быть и параметры, по которым требуется оценить сорта в зависимости от учреждения, которое собирает информацию (органы статистики, органы управления сельского хозяйства и т.д.).

6. Анкетное изучение сортов как метод обобщения массового выращивания их в товарном и любительском садоводстве.

4. Общие принципы организации исследований по сортоизучению

Сортоизучение с методической точки зрения представляет собой частный случай полевого опыта с многолетними плодовыми растениями со всеми вытекающими отсюда последствиями (длительность периода накопления и сбора информации, невозможность сменить занятый опытом участок или заменить растения до окончания опыта, необходимость размещения опыта на сравнительно большой площади при стремлении к

разумному ее ограничению с сохранением возможности извлечения максимума достоверной информации и т.д.).

Основным объектом исследований в сортоизучении являются сорта. Поэтому как можно раньше, как только позволит выполнить эту работу состояние и возраст растений, должны быть проведены идентификация (установление соответствия типу сорта) и апробация (определение наличия примесей). Этим сразу будут однозначно решены многие проблемы в отношении того или иного толкования результатов опытов, например, по поражению сортов вредителями и болезнями.

При планировании опыта, его закладке и выполнении учетов в число основных и очень трудных задач входит обеспечение единообразия всех внешних факторов для каждого из сортов. Каждому сорту должны быть предоставлены равные с другими возможности проявить свой наследственный потенциал в данной почвенно-климатической зоне. В идеале итогом сортоизучения должно быть наиболее полное выявление объективных различий в поведении сортов, обусловленных только их генетическими различиями и соответствием их требований (длина вегетационного периода, сумма положительных температур, особенности перезимовки и т.д.) почвенно-климатическим параметрам региона (участок закладки опытов должен быть типичным для зоны).

В действительности иногда добавляются существенно искажающие реальность различия, связанные с местоположением сорта на участке (например, вблизи или вдали от садозащитной полосы), с варьированием почвенного плодородия и выравненности земельной площади, поскольку при большом наборе сортов в опыте трудно выбрать участок, плодородие почвы на котором одинаково в любой его точке. Другим фактором, влияющим на обеспечение единообразия условий внешней среды, является изменчивость самого растительного материала, взятого в опыт. Хотя общим правилом служит обязательность изучения всех сортов на одном подвое, для новых сортов всегда есть вероятность ошибки в выборе подвоя просто из-за отсутствия соответствующей информации. Кроме того, сила роста и развития сортов в питомнике неодинакова и несмотря на отбор для закладки опытов саженцев с примерно одинаковой силой развития, всегда остается нерешенным вопрос, не предоставляем ли мы таким образом некоторую фору сортам, склонным к тугорослости на ранних этапах развития и, наоборот, не препятствуем ли в проявлении особенностей, связанных с сильнорослостью и ускоренным темпом развития сортам, для которых это характерно?

Следующая группа факторов, влияющих на обеспечение равных возможностей для всех участвующих в опытах сортов, так или иначе связана с квалификацией кадров. Разная квалификация рабочих обрезчиков может существенно исказить результаты сортоизучения, если они обрезают разные сорта. Степень обученности научно-технического персонала, особенно при выполнении глазомерных учетов (балльная оценка), может быть причиной необъективной оценки разных вариантов опыта.

Эмпирически, опираясь на специальные методические разработки, были предложены достаточно приемлемые для всех сортоиспытателей приемы, применение которых значительно снижает влияние случайных факторов на объективную оценку сортов. Прежде всего это закладка опытов рендомизированными блоками, когда общую площадь делят на число блоков, равное числу повторений, и каждый блок состоит из делянок, заложенных одним сортом с рендомизированным (случайным) порядком размещения сортов внутри блока повторения. Делянки должны быть узкими (1-2 ряда растений испытываемого сорта) и длинными (5-12 растений), что позволит составить компактные блоки.

Принятой системы блоков-повторений целесообразно придерживаться в течение всего периода опыта как при проведении агротехнических мероприятий (обрезка, прополка, борьба с вредителями и болезнями, уборка урожая и т.д.), так и при проведении учетов. Так, вполне возможно, что в один день нельзя выполнить какое-либо агротехническое мероприятие. Тогда желательно ограничиться одной или двумя повторностями, но целиком. В этом случае любой эффект срока сбора, опрыскивания или прополки будет связан с повторностями и исключен из статистического анализа вместе с эффектами положения. Индивидуальные различия в работе по визуальной оценке степени выраженности признака не принесут вреда, если за каждым регистратором закрепить повторность с полным набором изучаемых сортов. В большинстве случаев при визуальной оценке степени выраженности того или иного признака используется унифицированная шкала, градация которой соответствует 5 категориям (баллам), где 1 балл - очень слабая степень проявления признака, 3 балла - средняя степень, а 5 баллов - максимальный уровень признака. Соответственно, 2 - это меньше среднего, а 4 - выше среднего, но не в максимальной степени. До начала учетов целесообразно проконтролировать исполнителей, насколько четко они представляют различия в пределах среднего балла, выше среднего или ниже среднего. Использование 10-балльных шкал эффективно только при работе опытных высококвалифицированных, объективных в отношении результатов опыта исполнителей.

В сортоиспытании изучаемые сорта сравниваются по комплексу хозяйственно-ценных признаков с контрольными, в качестве которых берутся лучшие районированные в одном регионе сорта того же срока созревания, что и включенные в опыт. Поэтому еще до закладки опытов есть необходимость сгруппировать сорта в соответствии со сроками созревания и дальнейшее сравнение вести внутри групп. К числу перспективных, как правило, относят сортообразцы, превышающие уровень районированных сортов по урожайности, качеству продукции, стабильности плодоношения и устойчивости к абиотическим и биотическим неблагоприятным условиям среды.

Но сортоизучение плодовых культур - процесс длительный, по отдельным породам он продолжается более 10 лет. Поэтому, чтобы иметь объективную оценку действительной конкурентоспособности сорта, его надо сравнивать не только с районированным сортом, который уже могут и заменить к концу испытаний, а с показателями лучших, взятых в опыт сортов (использование "плавающего" или опережающего контроля). Если новый сорт на 10 % достоверно превышает по экономической эффективности все, включенные в опыт новые сорта, его конкурентоспособность достаточно высока, особенно при наличии нескольких положительных признаков. Если же по многолетним учетам экономическая эффективность нового сорта достоверно не превышает средней эффективности выращивания всего того поколения сортов, к которому он принадлежит, чтобы войти в число конкурентоспособных, у него должны быть еще какие-либо очень веские преимущества в сравнении со всей группой испытываемых сортов (исключительно высокое качество плодов, наибольшая стабильность плодоношения, иммунитет к наиболее распространенным вредителям и болезням и т.д.). Такой подход в выборе контролей и оценке результатов сортоиспытания позволяет быстрее и эффективнее вести сортообновление, чем при сравнении только с районированными сортами.

Кроме того, если 2-3 сорта близки по комплексу хозяйственно-ценных качеств и экономической эффективности, но отличаются генетическим происхождением, желательно в сортименте оставить все из них, чтобы сохранить и поддержать генетическое разнообразие внутри породы.

Следует считать конкурентоспособными и те иммунные к наиболее распространенным болезням и вредителям сорта, выращивание которых ведет к существенному сокращению применения пестицидов. Экономическая эффективность их при равной урожайности с контрольным сортом или со средним урожаем группы новых сортов будет выше за счет экономии на

средствах защиты и более высокой стоимости продукции, выращенной без применения ядохимикатов.

Ни один из опытов по сортоизучению нельзя в точности повторить во времени и пространстве, поскольку нельзя полностью смоделировать условия жизни плодовых растений в течение ряда лет. Каждый опыт может рассматриваться только в отдельности. Но в то же время, чтобы получить более объективную оценку сорта, определить ареал его возделывания, перспективные для хозяйственного использования сорта целесообразно испытать на разных участках и в разных регионах. Сочетание полевой и лабораторных оценок некоторых параметров (компонентов зимостойкости, устойчивости к вредителям и болезням) позволит выявить максимальные уровни проявления этих признаков, что также может быть полезным при уточнении направлений распространения и использования сорта в производстве, любительском садоводстве и селекции.

При анализе многолетних результатов сортоизучения всегда следует учитывать, что по существу, здесь нет однофакторного опыта в прямом понимании этого явления, а всегда к показателям сорта добавлены результаты взаимодействий сорт - возраст растений и сорт - условия года. И если эти взаимодействия не удастся проанализировать в отдельности, то приходится анализировать их конечные результаты в наложении.

5. Закладка опытов и элементы учетов по сортоизучению КОЛЛЕКЦИОННОЕ ИЗУЧЕНИЕ

Кроме участков первичного изучения сортов научно-исследовательские и опытные учреждения, связанные с селекцией и сортоизучением плодовых, ягодных и орехоплодных культур, а также государственные сортоиспытательные участки, как правило, имеют коллекционные участки. Коллекционное сортоизучение проводится по сокращенной программе на меньшем количестве растений каждого сорта. Целью коллекционного изучения является ускоренная предварительная оценка сортов для отбора части из них в первичное изучение или в качестве исходных форм для селекции. На коллекционных участках обычно размещают большое количество сортов и форм. В коллекцию могут быть высажены отдельные отборные сеянцы из своего или других селекционных учреждений, сорта и формы народной селекции, интродуцированные сорта, а также включенные в госреестр селекционных достижений (районированные) контрольные сорта, видообразцы, мутанты, отдаленные гибриды и полиплоиды. Посадочный материал для коллекционного участка обычно выращивается на месте на районированных подвоях. Для изучения в коллекции высаживают по 2-4 растения каждого образца плодовых культур. Желательно, чтобы при

посадке сорта группировались по срокам созревания (для плодовых, например, отдельно зимнего, осеннего и летнего созревания плодов). По каждому сроку созревания высаживают также по 1-2 контрольных сорта.

Предпосадочная подготовка почвы, плотность размещения деревьев или кустов, способы ухода принимаются общепринятые для каждого конкретного региона садоводства. В последние годы все большее распространение находит способ создания коллекционных садов путем прививки изучаемых сортов в кроны зимостойких деревьев-скелетообразователей.

Новые возможности для создания и хранения коллекции дает применение методов биотехнологии. Одной из важных задач коллекционного изучения сортов является сохранение генетического разнообразия плодовых и ягодных культур. Если для овощных и полевых растений вполне приемлемым вариантом будет создание банков семян, то при семенном воспроизведении сорта плодовых и ягодных культур, как правило, не сохраняются.

Вместе с тем из-за возрастающей стоимости создания, хранения и содержания больших коллекций в виде коллекционных садов, ограниченности земельных ресурсов научных учреждений актуально внедрение способов хранения и репродуцирования оздоровленных мериклонов в виде пробирочных растений. Приемы получения пробирочных растений для большинства плодовых и ягодных культур разработаны (Бутенко, 1989; Катаева, Бутенко, 1983; Калинин и др., 1992; Джигадло и др., 1995). Подробно особенности получения плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* даны в "Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур", опубликованной в 1995 г. в Орле. Идентификация сортов и клонов проводится по белковым маркерам.

Хранящийся материал практически готов для дальнейшего использования, его жизнеспособность определяется периодическим визуальным осмотром и высаживанием образцов в нестерильные условия. Подбором соответствующей температуры, состава газовой среды, спектрального состава света и т.д. обеспечивается минимальный рост растений. Вторым приемом, задерживающим рост пробирочных экземпляров сорта, служит изменение культуральных сред. Удаление или снижение уровня содержания питательных элементов, существенных для оптимального роста, ведет к задержке роста и развития.

Третий способ связан с включением в состав искусственных питательных сред различных ретардантов (абсцизовая кислота, анцидимидол,

ССС, гидразид малеиновой кислоты). При этом основой питательных сред для культивирования служит стандартная среда Мурасиге-Скуга.

Для каждого вида растений приемы хранения в условиях минимального роста специфичны и общие методики должны быть соответствующим образом адаптированы. Наиболее отработаны они в Национальном хранилище клоновой геноплазмы (США, Корвалис, штат Орегон и Женева, штат Нью-Йорк). Пробирочные экземпляры из Национального хранилища доступны для потребителей (Hummer, 1997). Такое хранение единичных экземпляров на агаризированных средах с низкой концентрацией регуляторов роста при нормальной температуре или при пониженной температуре (4°C), но с оптимальным сочетанием всех, входящих в состав среды компонентов, оказалось достаточно эффективным для поддержания больших коллекций плодовых и ягодных культур.

В странах СНГ подобная работа начата с 1980 г. и уже есть отечественные наработки по данной проблеме, например, по способам депонирования пролиферирующих культур и пробирочных растений (Борисова и др., авторское свидетельство № 1630708, 1991). Пробирочные растения земляники, малины, ежевики хранятся 2 года без обновления питательных сред и 6 лет при условии частичного обновления. Другим перспективным, но более пока сложным способом хранения коллекций *in vitro* является сохранение зародышевой плазмы в замороженном виде (Withers, 1982). При криохранении клеточные деления исключены, но существуют определенные трудности в разработке оптимальных приемов регенерации растений из тканей, прошедших замораживание.

На практике используется хранение при очень низких температурах (от температуры сухого льда -79°C до температуры паров азота -140°C или жидкого азота -196°C). Методики криосохранения стерильных культур приведены в ряде широко известных публикаций (Попов, 1984, Попов и др., 1986, Ментелл, 1987 и др.).

Способ хранения спящих почек яблони в жидком азоте был впервые предложен еще в 1960 г. (Sakai, 1960) и после доработки внедрен в США для хранения коллекции яблони (Forsline et al., 1995, 1996, 1997, 1998). Для хранения почки отбираются зимой с января по март и до помещения в жидкий азот их можно хранить при -4°C до 6 месяцев (Forsline et al., 1996). С целью регулярного контроля за состоянием образцов через 4 и 8 лет почки были привиты на сеянцы яблони и были получены полноценные растения. Американские ученые подсчитали экономическую эффективность криогенного хранения в жидком азоте. Оказалось, что стоимость хранения 1

сортообразца составляет около 1 доллара в год, тогда как в полевых условиях соответствующие затраты варьируют от 50 до 75 долларов в год.

Аналогичные разработки режимов хранения в жидком азоте спящих почек или меристем имеются по груше, ореху, малине, ежевике, голубике, землянике и другим плодовым, ягодным и орехоплодным культурам. Культура *in vitro* представляет уже сейчас определенные возможности для оценки сортов по устойчивости к засолению (Бурдасов, 1998), засухоустойчивости (Долгих и др., 1994, 1998), устойчивости к некоторым грибным болезням и их токсинам (Соловых, Ищенко и др., 1998 г.), к загрязнению среды тяжелыми металлами (Леонченко, Евсеева, 1998).

В качестве основных питательных сред для культуры микрочеренков и мериклонов используют те среды, которые являются оптимальными для данной породы. Причем в контрольном варианте питательная среда используется в чистом виде, в опытных вариантах в состав среды добавляются соли хлорида натрия в разной концентрации, или токсин гриба или соли тяжелых металлов. В каждой повторности любого варианта опыта каждого сорта должно быть не менее 10 пробирочных растений. Культивирование проводится в оптимальном режиме. Сравнение интенсивности процесса каллусогенеза (частота каллусогенеза в %, оценка роста каллуса в баллах) позволяет дифференцировать сорта по изучаемому признаку и предварительно выделить из их числа наиболее устойчивые и наиболее восприимчивые. Тем не менее такую оценку коллекции следует использовать пока только как ориентировочную и она ни в коей мере не может заменить полевые наблюдения, в том числе по зимостойкости и засухоустойчивости (Бурдасов, 1998).

ПЕРВИЧНОЕ ИЗУЧЕНИЕ

Первичное изучение многолетних плодовых растений проводится в полевых условиях, на специально выделенных участках научно-исследовательского учреждения и представляет собой полевой опыт, основной задачей которого является выявление различий между сортами, влияния природно-климатических факторов и, как конечный результат - выделение лучших по хозяйственно-биологическим показателям сортов для государственного, производственного изучения, а также исходных форм для дальнейшего использования в селекции. Оценка сортов и форм плодовых и ягодных культур проводится по основным хозяйственно-ценным показателям: зимостойкости, устойчивости к болезням и вредителям, продуктивности, товарным и потребительским качествам, лежкости, химическим и технологическим качествам плодов. Кроме того, изучаются биологические особенности сортов: прохождение фенофаз в период

вегетации и соответствие их природно-климатическим условиям того или иного региона, особенности роста и плодоношения в питомнике и в саду, особенности закладки цветковых почек, цветения, самоплодности и перекрестной плодовитости, склонности к апомиксису, морфологические признаки плода и др. При этом могут быть использованы углубленные лабораторные методы изучения сортов (например, методы искусственного промораживания сортов, методы оценки фотосинтетической активности листьев и др.), а также цитологические и эмбриологические исследования.

Основным объектом первичного изучения являются: новые отечественные и зарубежные селекционные сорта, элитные и отборные сеянцы селекционных научных и опытных учреждений, местные сорта народной селекции, хозяйственно-ценные клоны известных сортов, районированные в данной зоне сорта, используемые в первичном изучении как контрольные.

Важным моментом первичного изучения является целенаправленный подбор сортов и форм и составление плана закладки опыта. В первичное изучение включают сорта, которые по предварительному описанию могут быть перспективными для данного региона и соответствуют природно-климатическим условиям по основным показателям. Так, например, нецелесообразно включать в первичное изучение в средней зоне садоводства России южные или западно-европейские малозимостойкие сорта яблони, груши и других культур. Такие сорта можно изучать в коллекционных насаждениях или привитыми в крону зимостойких скелетообразователей.

Подбор сортов для закладки опыта по первичному сортоизучению проводит сортовед с последующим обсуждением на заседании помологической комиссии и утверждением на Ученом Совете научно-исследовательского учреждения. При закладке опыта по первичному изучению сортов плодовых и ягодных культур должны соблюдаться определенные методические требования. Чтобы обеспечить типичность (репрезентативность) опыта, необходимо специально подобрать место для закладки участка первичного изучения, которое было бы типичным по почвенно-климатическим условиям для данной зоны и соответствовало биологическим требованиям изучаемой плодовой культуры, чтобы обеспечить возможность использования результатов первичного изучения сортов на значительной территории зоны.

Участок для сада первичного изучения должен иметь садозащитные полосы, быть ровным по рельефу, возможно более однородным по почве, с предварительно проведенным агрохимическим обследованием. Участок должен быть специально подготовлен для закладки многолетних насаждений

(глубокая вспашка, равномерное внесение органических и минеральных удобрений), т.е. должно быть обеспечено обязательное требование методики о соблюдении "принципа единственного различия".

Если опыт закладывают на участке со склоном, то повторности размещают вдоль склона с тем, чтобы деланки каждого сорта были расположены на разных частях склона. На участке первичного сортоизучения должен соблюдаться высокий уровень агротехники в течение всего периода изучения в соответствии с принятыми в данной зоне агроправилами. Это даст возможность правильно оценить потенциальные возможности сорта. Посадочный материал сортов плодовых и ягодных культур для закладки опыта должен быть однородным по качеству и возрасту и соответствовать стандарту. Для обеспечения достаточного для закладки опыта выровненного высококачественного посадочного материала в питомнике выращивают количество саженцев, несколько превышающее потребности по каждому сорту. В случае выращивания в питомнике особо ценного по предварительным данным материала необходимо размножить его в количестве, обеспечивающем возможность одновременной закладки этих сортов также на участке государственного и производственного испытания. Посадка должна проводиться в оптимальные сроки.

Первичное изучение сортов плодовых растений для обеспечения единообразия и возможностей выявления различий, обусловленных генетическими особенностями сорта, должно проводиться на одном, районированном в данном регионе, подвое. В тех случаях, когда есть сомнения в хорошей совместимости подвоев и привоев, изучение сортов может проводиться на двух-трех районированных подвоях. При этом весь набор изучаемых сортов и соответствующие контроли должны быть представлены на каждом из этих подвоев. На участке первичного изучения каждый изучаемый сорт высаживается в следующем количестве: плодовые культуры - деланками по 7-12 деревьев (если на одном подвое) или по 20-30 деревьев (если на 2-3 подвоях, т.е. по 10 деревьев на каждом подвое). Для сравнительной характеристики дерева сорта на разных подвоях высаживаются вместе.

Сорта смородины, крыжовника, малины на участок первичного изучения высаживают в количестве 21-30 растений (по 7-10 в каждой повторности), земляники - 75-150 (по 25-50 в каждой повторности при закладке опыта в 3-4-х кратной повторности). При этом необходимо учитывать, что сорта малины и земляники с низкой побегообразовательной способностью высаживают гуще (15-20 растений малины и 50-70 земляники в каждой повторности), что позволяет нивелировать урожайность таких

сортообразцов в первые годы плодоношения. На опытном участке растения размещают рядами на расстояниях, принятых в данной зоне: семечковые при выращивании на семенном подвое - 8ЧЗ-4 м, на полукарликовом подвое - 6-5Ч4-2 м, на карликовом подвое - 4-3Ч2,5-1,5 м, в зависимости от подвоя и силы роста сортов, косточковые - 5ЧЗ-2,5 м, смородина и крыжовник - 2,7-3Ч0,5-1 м; малину высаживают с расстоянием в междурядье 2,5-3 м, в ряду 0,5-0,8 м, в зависимости от побегообразовательной способности и затем формируют ленту шириной 40-50 см, на которой оставляют 18-20 побегов на 1 погонный метр. Чтобы избежать смешения сортов, оставляют расстояние между сортами в ряду 2 м, на котором постоянно удаляют отпрыски. Землянику высаживают по схеме 0,9-1 м междурядье и 20 см в ряду. Во время вегетации проводят сдвигание усов и создают загущенную полосу шириной 25-30 см. Сорт от сорта в ряду сажают на расстоянии 0,5-1 м для избежания сортосмешения; с этой целью систематически также удаляют усы с междурядий и разделительных полос.

Учетные растения на делянке располагают чаще всего в 1-2 ряда, землянику - в 2-4 ряда. На концах рядов должны быть защитные растения: у плодовых культур 1-2 дерева, у ягодных кустарников - по 2 куста, у земляники - по 5 погонных метров. С двух сторон квартала, вдоль делянок, необходимо иметь 1-2 защитных ряда. В качестве контролей берут лучшие районированные или перспективные сорта соответствующего срока созревания и высаживают их в таком же количестве, что и изучаемые сорта. Учитывая длительный период изучения сортов, а также постоянно меняющиеся требования к ним, сравнение новых сортов необходимо проводить не только с районированными на момент закладки опыта сортами, но и между собой, выделяя при этом сорта с максимальными показателями. В то же время, сравнение сортов плодовых культур по зимостойкости должно проводиться с наиболее адаптированными в данной местности, какими являются старые сорта народной селекции, даже если они уступают новым по качеству плодов. Так, например, по яблоне в средней зоне садоводства желательно иметь новые сорта с зимостойкостью на уровне или выше уровня Антоновки обыкновенной, Коричного полосатого и т.д., по груше - на уровне или выше Бессемянки, Тонковетки и т.д.

При анализе многолетних данных по урожайности изучаемые сорта можно сравнивать не только с контрольными, но и со средними данными по всей группе изучаемых в данном опыте сортов. При этом новый сорт может быть отнесен к группе высокоурожайных, если его показатели на 20 % превосходят средние по группе. Для обеспечения достоверности результатов первичного сортоизучения важное значение имеет правильное составление

плана и схемы опыта: определение размера, формы участка, направления и длины рядов, размещение сортов. При относительной выравненности рельефа и почвы участка сорта располагаются в одной повторности.

Взятые для изучения сорта предварительно группируют по срокам созревания (летние, осенние, зимние - для семечковых культур или ранние, средние, поздние - для косточковых и ягодных культур) в отдельные группы с контролями соответствующего срока созревания. Внутри блока сорта нужно располагать рендомизированно, пользуясь таблицей случайных чисел или по жребию. Рендомизированное размещение сортов повышает точность результатов, хотя и несколько усложняет работу по закладке опыта. На схеме 1 показано рендомизированное размещение 60 сортов яблони в одной повторности. Из них 20 сортов летнего срока созревания, 20 - осеннего, 20 - зимнего. Среди этих сортов по 1 в каждом блоке контрольные сорта соответствующего срока созревания.

Схема 1. Размещение сортов яблони различного срока созревания в одной повторности

Сорта летнего срока созревания				Сорта осеннего срока созревания				Сорта зимнего срока созревания				
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ
ψ	10	6	К	19	26	22	27	24	41	53	47	54
ψ	2	18	15	16	37	28	35	34	43	49	55	44
ψ	1	14	17	8	31	33	25	20	К2	56	39	52
ψ	7	11	9	12	30	К1	21	36	46	42	50	48
ψ	13	5	3	4	38	23	29	32	57	51	40	45
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ

Условные обозначения:
 1, 2, 3... - деланки изучаемых сортов
 К, К1, К2 - деланки контрольных сортов соответствующего срока созревания
 ψψψ - защитные деревья

При наличии значительных свободных площадей сорта по срокам созревания можно располагать на отдельных участках, заполняя их последовательно по годам. В этом случае посадка каждого года должна также иметь соответствующие контроли. Обработка данных проводится внутри группы сортов каждого года посадки. Если срок созревания неизвестен, то сорта размещают рендомизированно с контролями всех сроков созревания. На схеме 2 представлено размещение сортов с неизвестным сроком созревания.

Схема 2 Размещение сортов с неизвестным сроком созревания в одной повторности

ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ
ψ	18	46	6	23	1	9	28	39	49	20	К	48	ψ
ψ	2	15	17	К1	35	27	42	55	25	44	8	43	ψ
ψ	11	5	19	33	50	14	34	21	37	29	26	40	ψ
ψ	52	36	31	24	13	22	К2	12	16	41	10	53	ψ
ψ	7	4	54	45	57	38	47	3	51	56	32	30	ψ
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ

Однако, выделить участок для закладки первичного изучения, где бы не имелось более или менее резких различий по плодородию почв, рельефу и пр., очень трудно, поэтому для исключения ошибок в оценке сортов необходимо использовать метод организованных повторений, в каждом из которых должен быть представлен полный набор сортов (вариантов опыта) (схема 3).

Схема 3 Размещение 14 сортов зимнего срока созревания в 3 повторностях

Повторность I			Повторность II			Повторность III										
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	
ψ	5	10	12	8	3	1	13	5	3	9	10	К	13	2	6	ψ
ψ	6	К	2	13	9	4	10	8	12	7	1	7	14	9	4	ψ
ψ	4	14	7	1	11	6	14	К	2	11	3	5	11	12	8	ψ
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ

В этом случае сорта определенного срока созревания с контролями высаживаются рендомизированно в трех повторностях. Когда срок созревания неизвестен, в каждой повторности нужно высаживать контрольные сорта всех сроков созревания. При закладке первичного изучения сортов на нескольких подвоях целесообразно использовать метод расщепленных делянок, когда делянки сорта привоя расщепляются (делятся) на более мелкие делянки подвоя. Варианты по сортам и подвоям размещают рендомизированно. Опыт закладывают в 3-4-х повторностях по 10 растений в каждой.

В целях ускорения процесса изучения сортов семечковых культур целесообразно закладывать участки первичного изучения саженцами на слаборослых клоновых подвоях или с использованием этих подвоев в качестве интеркаляров. Ускоряет вступление в плодоношение также прививка в крону зимостойких, желательна слаборослых скелетообразователей.

Схема 4 Схема размещения опыта по изучению 4-х сортов яблони на 3-х подвоях

Повторность I			Повторность II			Повторность III				
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ
ψ	1		2		4 (К)				ψ	
ψ	a2	a1	a3	a2	a3	a1	a1	a3	a2	ψ
ψ	2		1		3				ψ	
ψ	a1	a3	a2	a3	a1	a2	a3	a2	a1	ψ
ψ	4 (К)		3		1				ψ	
ψ	a3	a2	a1	a2	a1	a3	a2	a3	a1	ψ

	1			4 (К)			2			
ψ	a2	a3	a1	a1	a3	a2	a3	a1	a2	ψ
	3			2			4 (К)			
ψ	a1	a3	a2	a3	a2	a1	a1	a2	a3	ψ
ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ

Условные обозначения

1, 2, 3, (К)...- делянки изучаемых сортов

a1, a2, a3- делянки подвоев

ψψψ- защитные деревья

Во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур первичное изучение сортов яблони в настоящее время переводится на интенсивную основу, с использованием карликовых вставок и путем прививки в крону карликового скелетообразователя 3-17-38. При этом выдерживаются основные методические требования закладки опыта, в том числе принцип единственного различия, одновременная прививка изучаемых сортов и контрольных, рендомизированное размещение сортов, одинаковый уход за растениями и т.д.

На участке первичного изучения должна быть обеспечена высокая достоверность всех опытных данных, поскольку случайные или неверные данные могут исказить оценку сорта. Поэтому из учетов и наблюдений необходимо исключить отдельные растения, резко отличающиеся от типичных растений данного сорта. Основанием для выключек и браковки целых делянок должны быть очевидные объективные причины.

Выключки отдельных растений могут быть постоянными (на весь период изучения), временными (на год или ряд лет) и частными (по отдельным учетам в течении года). Постоянными выключками могут быть примеси других сортов, а также растения, сильно отстающие в развитии по причинам, не зависящим от их биологических особенностей (нарушение методики, нетипичный микрорельеф, почва и т.д.). Исключаются из учетов растения с сильными механическими повреждениями, а также поврежденные грызунами. Ослабленные деревья с несовместимостью привоя с подвоем также исключаются из учетов. Погибшие от вымерзания растения берутся в учет (по зимостойкости, урожайности) в год гибели, но исключаются на следующий год.

Временные выключки делают в случае ремонта опытной делянки до того момента, когда сгладятся возрастные различия; в случае повреждений, вызванных нарушением агротехники (ожоги растений после опрыскивания несоответствующими дозами ядохимикатов, обработки завышенными дозами удобрений и т.д.). Частные выключки делают при проведении отдельных учетов. Например, при хищении урожая с нескольких деревьев их исключают

из учёта урожайности; в случае стихийных явлений (например, при градобитии исключаются учёт по товарности плодов).

Уменьшение учётной делянки из-за выключек допускается не более чем на 50%. Если сохранились менее 50% учётных растений, то такую делянку бракуют. В случае исключения в одном из повторений более 50% делянок, бракуют всё повторение в целом, исключая его из обработки по всем сортам. Недопустимо делать выключки отдельных деревьев или браковать делянки по субъективным впечатлениям, а также после того, как проведен учет, и обнаружались большие различия. Браковка отдельных растений и делянок должна проводиться до проведения учетов с обязательной отметкой в полевом журнале.

Первичное изучение плодовых культур продолжается до получения не менее 4-6 промышленных урожаев, ягодных культур - не менее 3 урожаев (черная, красная смородина, крыжовник), земляника - 2 года плодоношения в двух последовательных ротациях. Результаты полевых наблюдений ежегодно заносятся в журналы первичного изучения сортов.

Обработанные средние по сорту данные разносятся в сортовые карточки и используются для составления годовых отчетов. Морфологическое описание сортов и элитных форм проводится и документируется в соответствии с методиками испытаний на отличимость, однородность и стабильность.

Правильная организация опыта и точность в проведении учетов позволяют избежать ошибок и правильно оценить сорта, сравнивая их как с контролями, так и между собой.

В результате многолетнего изучения сорта по различным показателям распределяются в группы по скороплодности, урожайности, зимостойкости, устойчивости к болезням и вредителям и т.д. Лучшие по комплексу признаков сорта рекомендуются по данной зоне для государственного, производственного изучения или для использования в дальнейшей селекции.

ТЕМА 17. Оценка химического состава и вкусовых качеств овощей и плодов бахчевых культур

В исследованиях с овощными и бахчевыми культурами, как правило, изучают влияние разрабатываемых агроприемов на химический состав и вкусовые достоинства продукции. Для этого проводят химические анализы и дегустацию овощей и плодов бахчевых культур в свежем виде, а иногда и опытную переработку их с последующей дегустацией готового продукта.

Для химических анализов и дегустации продукцию различных овощных культур используют в той степени зрелости, в которой ее потребляют, а именно:

- плоды томата - зрелые, при достижении окраски, присущей сорту, иногда также зеленые, используемые для консервирования;
- плоды баклажана, кабачка, патиссона, огурца, продукция фасоли спаржевой и лимы, гороха овощного, капусты цветной, кукурузы сахарной – в фазе технической зрелости;
- плоды перца сладкого – в фазе технической и физиологической зрелости;
- кочаны капусты белокочанной и корнеплоды – в период массовой уборки;
- лук репчатый – после полевой просушки, зеленый лук – в фазе технической зрелости;
- плоды арбуза, дыни, тыквы – в фазе физиологической зрелости;
- зеленые овощи – в фазе технической зрелости до выбрасывания цветоноса.

Пробы берут равномерно со всей делянки в диагональных направлениях, отбирая стандартные плоды, корнеплоды и кочаны. При этом плоды отбирают с одноименных ярусов, кистей, побегов. Биохимические анализы проводят не менее чем в двух повторностях, соответствующих наиболее выравненным повторениям полевого опыта. С каждого повторения берут не менее 20 плодов томата и перца, а также лука и чеснока, 10-15 плодов огурца, баклажана, кабачка, салата кочанного и корнеплодов, 5-10 плодов бахчевых культур, головок капусты цветной и кочанов капусты белокочанной, 250-500 г листовых овощей.

Материал для анализа собирают в одно и то же время - обычно утром. Анализ проводят, как правило, в день взятия пробы. Если невозможно выполнить эту работу за один день, материал для анализа отбирают в 17-18 ч, помещают в холодильник (температура 2-4°C), а к анализу приступают утром следующего дня. При этом необходимо учитывать, что максимальная продолжительность хранения овощей от сбора до их анализа должна быть:

- гороха овощного, фасоли спаржевой, фасоли лима, капусты цветной, кукурузы сахарной, зеленых овощей - не более 2 ч;
- плодов томата, перца, огурца, патиссона, кабачка и баклажана - не более 8 ч;
- моркови, капусты белокочанной, свеклы, лука - не более 16 ч;
- плодов бахчевых культур - не более 24 ч.

У культур с одноразовой уборкой урожая качество продукции определяют в период уборки, у многосборовых культур - не менее 2-3 раз.

Все овощи перед анализом очищают от приставшей к ним почвы. Для этого плоды томата, перца, огурца, баклажана протирают сухой чистой тканью, корнеплоды очищают от почвы, моют и вытирают полотенцем или раскладывают на столе для просыхания. У капусты перед измельчением удаляют верхний слой листьев и кочерыг, у лука репчатого - отмершие чешуи.

Томаты, огурцы, перцы, морковь, свеклу измельчают вместе с кожурой и кожицей, у баклажанов кожуру удаляют. Плоды томата, баклажана, огурца анализируют с семенами, перца - без семян (их в пищу не употребляют и легко выделить). С плодов арбуза, дыни и тыквы снимают коровой слой и исследуют только мякоть без семян.

Для анализа обычно используют не целые плоды, кочаны или корнеплоды, а в зависимости от их размера и нужного количества материала определенную их часть, разрезая вдоль. Например, для исследования капусты берут четвертую часть каждого кочана, измельчают, перемешивают и отвешивают около 1 кг для последующего измельчения и анализа. У листовых овощей с каждого растения срезают половину листьев разных ярусов - верхние, средние и нижние; общая масса пробы должна быть не менее 0,5 кг.

У арбуза и дыни анализируют половину плодов или сегменты из разных частей плода (верхней и нижней). Плод разрезают вдоль от плодоножки через середину "пятна", образовавшегося на стороне, соприкасающейся с почвой. Эти половинки или сегменты грубо измельчают и из общей массы отбирают около 1 кг для дальнейшего измельчения. Тыкву и кабачки режут на сегменты шириной 6-8 см; для составления средней пробы используют несколько сегментов из каждой зоны плода. Для анализа перца можно брать кольцеобразные диски из средней части плода.

При сравнительных анализах зеленных овощей, капусты, моркови, плодов бахчевых культур пробу для биохимических определений можно отбирать сверлами диаметром 0,2-1,0 см из разных частей продуктивных органов. При этом для пробы используют значительно меньшую массу продукции.

При оценке качества овощей и плодов бахчевых культур целесообразно выполнять биохимические анализы, указанные в таблице 1.

Химические анализы проводят следующими методами: содержание сухого вещества определяют высушиванием навески, сахара - по Бертрану в модификации Вознесенского (1962), крахмала - методом кислотного гидролиза или диастатическим методом по Эверсу, витамина С по Мурри или спектрофотометрическим методом, каротина - по Мурри с

использованием спектрофотометра или прибора "Спекол", клетчатки - по методике Кюршнера и Гонака (в модификации Коган), методу Починка или прямым методом по Проскурякову и Кожевниковой, белкового азота - по Барнштейну, сухого вещества сока (у арбуза) - рефрактометрическим способом, углеводов и аминокислот - хроматографическим методом, общую кислотность в пересчете на яблочную кислоту - титрованием вытяжки 0,1 н. раствором щелочи.

Описание этих методик приведено в руководствах А.Н. Белозерского и Н.И. Проскурякова (1951), Н.П. Кораблевой, Л.М. Потаповой (1966), Б.П. Плешкова (1968), А.В. Петербургского (1968), В.В. Арасимович с сотр. (1970), А.И. Ермакова с сотр. (1972), М.М. Окунцова (1974), Х.Н. Починка (1976), Т.А. Вдовиной, Н.А. Медведевой (1978), В.П. Крищенко с сотр. (1980), В.П. Крищенко (1978, 1983) (табл. 1).

Кроме оценки указанных основных показателей качества продукции, может возникнуть необходимость в определении специфических веществ, присущих тем или иным видам овощных культур. Так, в плодах томата иногда целесообразно установить содержание ликопина, селена, витамина РР; в соке капусты белокочанной и цветной, свеклы, петрушки - витамин U; в плодах огурца - кукурбитацина (глюкозид, обуславливающий горечь плодов); в горохе овощном - аминокислот (лизина, триптофана, метионина), а также амилазы; в корнеплодах моркови - эфирных масел, витамина Е; в корнеплодах свеклы - бетаина и витамина Р (рутин); в плодах перца - рутина; в шпинате и салате - рутина, фолиевой кислоты, кальция, железа; в редисе - железа, кальция и фосфора; в ревене - яблочной, лимонной и щавелевой кислот; в щавеле - щавелевой и яблочной кислот; в пастернаке и петрушке - витамина Е, калия и фосфора; в многолетних видах лука, луке репчатом, чесноке, петрушке и сельдерее - различных эфирных масел; во всех видах овощей - содержание нитратов.

Достаточно четко разработанных методик определения ряда приведенных показателей качества продукции мало. Некоторые методики не апробированы в работе с овощными культурами и нуждаются в уточнении применительно к этим видам растений. Можно рекомендовать следующие виды анализов: определение фолиевой кислоты - микробиологическим методом (описан в работе Г.Н. Першина и Л.Н. Щербаковой, 1951), флуорометрическим методом по Андреевой и Букину (описан в работе А.И. Ермакова с сотр., 1972) или по методу Луцевской (описан в работе В.П. Крищенко, 1983); витамина Е - методом Савинова и Луцевской (описан в работе А.И. Ермакова с сотр., 1972); кукурбитацина - по методике Андевег и Бруин (описан в работе Н.Б. Галченко, 1965). Методики определения

витамина Р, амилазы, органических кислот и аминокислот описаны Б.П. Плешковым (1968), М.М. Окунцовым (1974) и В.П. Крищенко (1983), ликопина - А.А. Поповой (1963), эфирных масел - А.И. Ермаковым с сотр. (1972), железа, кальция, калия и фосфора - Н.Н. Ивановым (1946), К.П. Магницким с сотр. (1959), Г.Н. Никулиной (1965), А.В. Петербургским (1968), Б.П. Плешковым (1968), Х.Н. Починком (1976) и В.П. Крищенко (1983), витамина Р - И.К. Мурри (1959), Г.А. Федоровой (1959), Л.И. Вигоровым и А.Я. Трибунской (1968), бетаина - А.И. Ермаковым с сотр. (1972), нитратов - методом Грисса в модификации Т.А. Вдовиной и Н.А. Медведевой (1978) или ионоселективным методом (Крищенко В.П., 1983). Многие новые методы биохимических анализов описаны в Инструкции для лабораторий Государственной агрохимической службы по анализам кормов (1978).

К биохимической характеристике целесообразно проведение дегустационной оценки продукции, потребляемой в свежем виде (плоды томата, огурца, арбуза, дыни и др.).

Дегустационную оценку дает комиссия, созданная руководителем научного учреждения, в которую входят специалисты по агротехнике, агрохимии, селекционеры, физиологи, биохимики и другие научные сотрудники. Могут также привлекаться работники производства (агрономы, бригадиры, рабочие, любители-овощеводы и др.).

Примерный состав дегустационной комиссии - 10-15 человек. Образцы овощей и плодов бахчевых культур поступают на дегустацию под условными номерами. На одно заседание дегустационной комиссии следует выставлять для оценки не более 25 образцов. Во время дегустации не допускается обсуждение качества образцов до тех пор, пока все члены дегустационной комиссии не оценят их. Каждый член дегустационной комиссии заполняет приведенный ниже примерный дегустационный лист.

В графах 5, 6, 7, 8 и 9 дают оценку по 5-балльной системе: плохому качеству соответствуют баллы 1 и 2, удовлетворительному - 3, хорошему - 4, отличному - 5.

Таблиц 1. Рекомендуемый перечень анализов при химической оценке овощей

Культура	Сухое вещество	Сахар общий, моно- и крахмал	Общая кислотность	Аскорбинов ая кислота	Каротин	Клетчатка	Белковый азот	Нитраты
Арбуз	+	+	-	+	+	-	-	+
Баклажан	+	+	-	-	-	-	-	+

Боб овощной	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Горох овощной	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Дыня	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Кабачок, патиссон	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Капуста белокочанная, цветная, кольраби, другие виды	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Кукуруза сахарная	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Картофель	+	-	+	-	+	-	-	-	+
Лук репчатый	+	+	-	-	+	-	-	+	+
Многолетние виды лука	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Морковь	+	+	-	-	-	+	+	-	+
Огурец	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Пастернак	+	+	-	-	-	-	+	-	+
Перец сладкий	+	+	-	-	+	+	+	-	+
Петрушка, сельдерей	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Ревень	+	-	-	-	+	-	+	-	+
Салат, редис	+	-	-	-	+	-	+	-	+
Свекла	+	+	-	-	-	-	+	-	+
Спаржа	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Томат	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Тыква	+	+	+	-	-	+	-	-	+
Фасоль овощная	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Чеснок	+	-	-	-	+	-	+	+	+

Если требуется промежуточная оценка между двумя баллами, то можно ставить плюс или минус. Иногда применяют 100-балльную систему оценки качества продукции.

Дегустационный лист " _____ " 201... г.

Фамилия дегустатора _____

Название культуры, сорта или образца	Внешний вид	Окраска, цвет	Консистенция	Вкус	Аромат	Сладость *	Сочность *	Общая оценка	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

* Для плодов арбуза и дыни.

В графе "Примечание" следует указать недостатки, за которые снижена оценка, или особые достоинства образца. Названия сортов или образцов в графе 1 проставляют после оценки всех представленных на дегустацию образцов.

После окончания дегустации следует обсудить полученные результаты, чтобы в случае резких расхождений внести коррективы, если это произошло по ошибке, а не по каким-либо другим причинам.

Результаты работы дегустационной комиссии оформляют протоколом, в котором указывают средние оценки, полученные после подсчета баллов по отдельным показателям. При выведении средних баллов плюсы считают за полбалла, которые следует прибавлять, а минусы – за полбалла, которые отнимают от проставленной оценки.

Протокол № _____ заседания дегустационной комиссии

Присутствовали: члены дегустационной комиссии:

Председатель _____ Секретарь _____

На дегустацию были представлены опытные образцы плодов _____ в количестве _____ сортов, полученных от _____

Результаты дегустации

№ п/п	Название сорта или образца	Общая оценка	Примечание
1			
2			
и т.д.			

Примечание:

С дегустации были сняты образцы _____

(название сорта)

как _____ неудовлетворительные _____ (по _____ каким причинам) _____

Председатель _____

Секретарь _____

ТЕМА 18. Учет численности вредителей и распространения болезней

Агротехнические приемы оказывают большое влияние на поражение растений болезнями и вредителями, поэтому в опытах по оценке приемов возделывания необходимо в качестве сопутствующих наблюдений учитывать численность вредителей и распространение болезней. Ниже приведены методики учета в исследованиях с основными овощными и бахчевыми культурами главнейших вредителей и болезней, вредоносность которых в значительной мере может быть снижена с помощью агротехники.

Учет вредителей и болезней капусты. Первый учет - на 4-5-й день после посадки рассады в грунт. Вредители - крестоцветные блошки (жуки), весенняя капустная муха (яйца). Степень поражения растений вредителями определяют путем осмотра на каждой делянке в полевом опыте 25, в производственном - 25-50 растений (по пять растений в 5-10 местах, равномерно расположенных по делянке).

Степень заселения растений блошками оценивают по 4-балльной шкале: 0 - вредителя нет; 1 - два-три жука на одном растении; 2 - пять-десять жуков; 3 - свыше 10 жуков. Затем вычисляют средний балл заселения растений блошками. Отмечают наличие яиц мухи и определяют процент растений с яйцекладками.

Второй учет - в фазе листовой розетки. Вредители - репная и капустная белянки, капустная моль (гусеницы). Осматривают столько же растений, как и при первом учете. Подсчитывают гусениц каждого вида и отмечают степень повреждения растений по 6-балльной шкале: 0 - повреждений нет; 1 - повреждено до 5% листовой поверхности; 2 - то же, от 6 до 25; 3 - то же, от 26 до 50; 4 - то же, от 51 до 75; 5 - повреждено свыше 75% листовой поверхности. Вычисляют процент растений, заселенных гусеницами, среднюю плотность гусениц на одно растение, средний балл повреждения растений.

Третий учет - в начале образования кочана. Вредители - капустная моль, капустная и репная белянки, капустная совка (гусеницы), капустная тля, весенняя и летняя капустные мухи (личинки).

Листогрызущих гусениц учитывают по той же методике, что и при первом учете, капустную тлю - на тех же растениях, отмечая степень заселения вредителей по 4-балльной шкале: 0 - вредителя нет; 1 - единичные колонии тли на 10-15% площади листовой поверхности; 2 - колонии тли на 16-50% площади; 3 - колонии тли заселяют более 50% площади листовой поверхности.

Для учета вредоносности капустных мух просматривают на каждой делянке полевого опыта 100 растений, производственного опыта - 250 растений (по 50 растений в пяти местах) и отмечают количество погибших растений.

Четвертый учет - за 2-3 недели до уборки урожая. Вредители - капустная моль, капустная и репная белянки, капустная совка (гусеницы), капустная тля, болезнь - сосудистый бактериоз. **Листогрызущих гусениц** и тлю учитывают так же, как при втором и третьем учетах.

Просматривая взятые пробы, оценивают также степень повреждения растений капустными мухами (весенней и летней) по 4 - балльной шкале: 0 -

повреждений нет; 1 - корень пронизан одним-двумя ходами личинок; 2 - тремя-четырьмя ходами; 3 - корень пронизан пятью и более ходами личинок. Определяют процент поврежденных растений и средний балл повреждения.

Для оценки поражения сосудистым бактериозом во всех повторениях полевого опыта на двух-трех нижних листьях 50 растений (10 подряд в пяти местах по диагонали) делают косой срез черешка. В производственных опытах учитывают не менее 200 растений, в вегетационных опытах - все растения. Болезнь определяют по потемневшим проводящим сосудам и подсчитывают процент пораженных растений. Пятый учет - после уборки урожая. Болезнь - кила капусты, вредитель - капустные мухи.

Для оценки поражения килой в вегетационных опытах учитывают все растения во всех повторениях. В полевых опытах в каждом повторении выдергивают из почвы 50 кочерыг (10 подряд в пяти местах по диагонали делянки), а в производственных опытах - не менее 200 кочерыг. Степень поражения корневой системы каждой кочерыги оценивают по 5-балльной шкале: 0 - растения с непораженной корневой системой; 1 - растения с хорошо развитой корневой системой, но отдельные вторичные корни имеют наросты килы; 2 - половина корневой системы поражена килой; 3 - корневая система сильно поражена килой, но имеется часть непораженных корней, растения угнетены; 4 - растения слаборазвиты, корневая система полностью поражена килой и представляет сплошной желвак.

Кроме процента пораженных растений, определяют степень развития болезни по формуле:

$$R = \frac{\sum(r \times b) \times 100}{n \times c}$$

где: R - степень развития болезни, %; Σ

- сумма произведений rb ; r - число растений, пораженных в одинаковой степени (один и тот же балл); b - балл поражения; n - общее число учетных растений; c - высший балл шкалы.

Учет вредителей свеклы. Первый учет - при массовом появлении всходов. Вредители - свекловичные блошки (жуки). Размер пробы на делянке для учета блошек: в полевом опыте 10 рядков, в производственном 20. Длина рядка 25 см. Располагают рядки в шахматном порядке. Степень повреждения растений определяют по 5-балльной шкале: 0 - повреждений нет; 1 - объедено до 10% листовой поверхности (семядолей); 2 - то же, от 11 до 25; 3 - то же, от 26 до 50; 4 - объедено свыше 50% листовой поверхности. Вычисляют процент поврежденных растений и средний балл повреждения.

Второй учет - в фазе двух-трех настоящих листьев. Вредители - свекловичные блошки (жуки), свекловичная минирующая муха (яйца). Повреждения растений свекловичными блошками оценивают по методике,

применяемой при первичном учете. Одновременно на растениях учитывают яйца свекловичной мухи, определяют процент растений с яйцекладками вредителя.

Третий учет - в фазе четырех-пяти настоящих листьев. Вредитель - свекловичная минирующая муха (личинки). Размер пробы тот же, что при первом и втором учетах. Степень повреждения растений определяют по 5-балльной шкале: 0 - повреждений нет; 1 - мины занимают до 10% листовой поверхности; 2 - то же, 11-25; 3 - то же, 26-50; 4 - мины занимают свыше 50% листовой поверхности. Вычисляют процент поврежденных растений и средний балл повреждения.

Четвертый учет - через месяц после первого. Вредитель - свекловичная минирующая муха (личинки второго поколения). Методика учета та же, что при третьем учете.

Учет вредителей и болезней лука. Первый учет - после появления всходов. Вредитель - луковая муха (яйца). Размер пробы на делянке: в полевом опыте - пять рядков, в производственном - 10 рядков по 25 см. Учетные рядки располагают на делянке в шахматном порядке. Просматривают поверхность почвы вокруг каждого растения и отмечают наличие яиц вредителя. Вычисляют процент растений с яйцекладками.

Второй учет - через 10-5 дней после первого. Вредитель - луковая муха (яйца). Методика учета та же, что при первом учете.

Третий учет - в середине июня (в средней зоне европейской части страны). Вредитель - луковый скрытнохоботник (личинки). Размер проб, как при первом и втором учетах. Просматривают все растения и отмечают степень повреждения их личинками по 4-балльной шкале: 0 - повреждений нет; 1 - на растении не более трех ходов личинок; 2 - то же, не более 10; 3 - на растении более 10 ходов личинок. Определяют процент поврежденных растений и средний балл повреждения.

Четвертый учет - во время уборки урожая (комплекс вредителей) и в период вегетации (ложная мучнистая роса). Размер проб такой же, как при предыдущих учетах вредителей. Выкапывают все растения, просматривают луковицы, определяют процент поврежденных и погибших.

Для учета ложной мучнистой росы в полевых опытах наблюдения ведут на 10 постоянных рядках (по 1 м) каждой повторности, в производственных опытах - на 30-50 рядках, выделенных в каждом варианте и расположенных по диагонали участка. Учеты проводят через 10 дней. При засушливой погоде интервалы между ними увеличивают. Поражение ложной мучнистой росой оценивают по 6-балльной шкале: 0 - растения не поражены; 0,1 - на растениях учетного рядка единичные пятна, число которых легко

подсчитать; 1 - пятна в количестве, трудно поддающемся подсчету; 2 - поражено до 1/3 листьев; 3 - поражено до 1/2 листьев; 4 - поражено более 1/2 поверхности листьев. Степень развития болезни в процентах определяют по формуле (1):

$$R = \frac{\sum(r \times b) \times 100}{n \times c};$$

где: R - степень поражения, %; r - число растений, имеющих одинаковый балл поражения; b - балл поражения; n - общее число учетных растений; c - высший балл шкалы, по которой проводили оценку поражения.

Учет поражения томата фитофторозом. Оценка проводят при каждом сборе урожая: в полевых опытах на 10-15 учетных растениях, равномерно расположенных по площади каждой делянки, в производственных опытах - не менее чем на 50 учетных растениях, равномерно расположенных по диагонали участка. Кроме процента пораженных растений, определяют также степень развития болезни по 5-балльной шкале: 0 - здоровое растение; 1 - единичные пятна на единичных листьях растений; 2 - отдельные небольшие пятна на многих листьях растения; 3 - отдельные листья поражены сильно; 4 - многие листья поражены сильно и отмирают. Степень развития болезни в процентах рассчитывают по формуле 1.

Пораженные плоды учитывают при каждом сборе урожая. В полевых опытах анализируют весь урожай с делянки, в производственных - по средним пробам в количестве 100-200 плодов каждого повторения. При позднем проявлении болезни незрелые плоды закладывают на дозаривание: в полевом опыте 100-200, в производственном опыте 100-300 плодов каждого варианта. Впоследствии определяют количество пораженных и здоровых плодов в процентах.

Развитие болезни на плодах оценивают по шкале: 0 - плоды не поражены; 0,1 - отдельные мелкие точечные или штриховатые пятна; 1 - побурение слабое, одно небольшое пятно или несколько отдельных мелких пятен; 2 - побурение среднее, занимает 1/4-1/3 поверхности плода; 3 - побурение сильное - до 1/2 поверхности плода; 4 - побурение сильное, занимает свыше 1/2 поверхности плода. Степень развития болезни в процентах определяют по формуле 1.

Учет вредителей и болезней огурца. Проводят в начале массового цветения. Вредители - паутинный клещ, бахчевая тля. Размер проб на делянке: в полевом опыте 10 пробных площадок, в производственном - 20 площадок по 1 м². Площадки располагают в шахматном порядке.

Степень повреждения растений паутинным клещом определяют по 6-балльной шкале: 0 - повреждения отсутствуют; 1 - повреждено до 10%

листовой поверхности, повреждения в виде небольших пятен; 2 - повреждено 10-25% листовой поверхности, лишь единичные листья повреждены целиком, однако общая окраска их сохраняется зеленой; 3 - повреждено 26-50% листовой поверхности, многие листья повреждены целиком и имеют мраморную окраску; 4 - повреждено 51-75% листовой поверхности, многие листья повреждены целиком, единичные листья начинают желтеть; 5 - повреждено 76-100% листовой поверхности, подавляющее большинство листьев повреждено целиком, многие пожелтели.

Степень заселения растений бахчевой тлей оценивают также по 6-балльной шкале: 0 - вредителя нет; 1 - колонии тли на 1-10% листьев; 2 - то же, на 11-25; 3 - то же, на 26-50; 4 - то же, на 51-75; 5 - колонии тли на 76-100% листьев. Вычисляют процент площадок, где растения повреждены клещом и тлей, и средний балл повреждения.

В полевых опытах учеты повреждения листьев настоящей и ложной мучнистой росой проводят на 10 постоянных учетных площадках (50x50 см). В производственных опытах число учетных площадок доводят до 30-50 на вариант. Поражение растений настоящей и ложной мучнистой росой оценивают по верхней стороне листьев, используя 5 - балльную шкалу: 0 - листья здоровые; 0,1 - единичные признаки болезни; 1 - поражено до 1/4 поверхности листа; 2 - то же, до 1/2; 3 - поражено более 1/2 поверхности листа, 4 - поражено 3/4 листа. Степень развития настоящей и ложной мучнистой росы в процентах определяют по формуле 1.

Учет вредителей и болезней бахчевых культур. Вредитель - бахчевая тля. Время учета - до начала массового цветения растений. Методика аналогична применяемой для учета вредителей огурца.

Болезни. Заразиха: время учета - массовое появление паразита до его обсеменения. Число учетных растений 30-60. Подсчитывают общее число цветоносов заразики на растениях бахчевых культур и делят на количество пораженных растений. Степень поражения определяют по следующей шкале: 0-10 цветоносов заразики на растении - слабая; 10-20 - средняя; более 20 цветоносов - сильная. Определяют также число пораженных растений в процентах к числу учетных.

Антракноз: время учета - начало образования плодов. Число учетных растений 30-60. На каждом растении учитывают степень поражения листьев, стеблей и плодов в баллах.

Шкалы учета степени поражения в баллах (по Родигину): листьев: 0 - отсутствие поражения; 0,1 - на листьях единичные пятна; 1 - поражена 1/4 листа; 2 - поражена 1/2 листа; 3 - поражены 3/4 листа; 4 - поражен весь лист, имеются разрывы ткани, усыхание; стеблей: 0 - отсутствие поражения; 1 -

пятна мелкие, точечные, единичные (до 10); 2 - много (более 10) мелких пятен, или один-два крупных пятна, или три длиной 2 см; 3 - несколько (более двух) крупных пятен; 4 - пятна слились, имеются разрывы ткани, окольцевание стебля (больше половины или полностью); 5 - усыхание, гибель стебля; плодов: 0 - отсутствие поражения; 1 - пятна единичные (одно-пять) диаметром до 5 мм; 2 - пятна единичные диаметром от 5 до 15 мм или значительное количество мелких пятен; 3 - единичные пятна диаметром более 15 мм или мелкие пятна в количестве, не поддающемся подсчету.

Когда стебли сплетаются, на одном растении анализируют пять метровых отрезков стеблей и по одному листу на каждом отрезке. Плоды при уборке учитывают полностью, определяют массу больных и здоровых плодов и их соотношение в процентах. Растения оценивают по наивысшему баллу поражения. Для установления степени поражения образца в целом сумму средних баллов поражения учетных растений делят на их число.

Фузариоз: учитывают число пораженных всходов и растений в период от всходов до образования второго настоящего листа через каждые 3 дня, после образования второго настоящего листа до конца вегетации через каждые 10 дней. Число учетных растений 30-60. Для определения степени поражения растений используют 5-балльную шкалу: 0 - здоровые; 1 - поражены увяданием отдельные листья; 2 - поражено до 25% листьев; 3 - то же, до 50%; 4 - то же, до 75%; 5 - поражено свыше 75% листьев. При характеристике состояния посева указывают процент изреживания.

Мучнистая роса: время учета - при появлении болезни, обычно в период массового цветения. На небольших делянках подсчитывают число больных растений. У 5-10 из них определяют глазомерно степень поражения листьев (по преобладающему баллу) и выводят средний показатель. Степень поражения оценивают по состоянию верхней стороны листа, используя 5-балльную шкалу: 0 - листья здоровые; 0,1 - единичные признаки поражения; 1 - поражено до 1/4 поверхности листа; 2 - то же, до 1/2; 3 - поражено более 1/2 поверхности листа. Если растения переплетены и отделить здоровые от пораженных трудно, то на делянках в трех-четырех местах (в очаге поражения по обе стороны от него) накладывают квадраты площадью 0,25 м² из проволоки, в них подсчитывают число здоровых и пораженных листьев.

На больших полях по диагонали выделяют 20 площадок по 0,25 м². Если площадь поля превышает 50 га, то на каждые последующие 10 га прибавляют две пробы. В пробах подсчитывают число больных и здоровых листьев, затем выводят средний балл поражения по формуле:

$$C_b = \frac{\sum(n \times b)}{N};$$

где: C_b - средний балл поражения; $\sum(n \times b)$ - сумма произведений числа листьев на соответствующий балл; N - общее число больных и здоровых листьев.

Вирусная мозаика: время учета - в период массового плодоношения при появлении симптомов (вторая половина вегетации). Методика учета аналогична применяемой при оценке поражения мучнистой росой огурца. Шкала учета: 0 - мозаика отсутствует; 1 - поражено менее 10% листьев; 2 - поражено 10-25% листьев; 3 - мозаика заметна на 25-50% листьев; 4 - поражено 50-75% листьев; 5 - мозаика отмечена на более чем на 75% листьев.

Бактериоз: время учета - первый через 10 дней после обнаружения пораженных растений в поле, второй - спустя 2-3 недели (в период наиболее сильного развития болезни, что совпадает с массовым сбором урожая), третий - в конце сбора урожая. Степень поражения оценивают по 5-балльной шкале: 0 - растения здоровые; 0,1 - очень слабое поражение, на отдельных листьях встречаются только единичные пятна; 1 - болезнь проявляется примерно на 1/10 всех листьев, бактериальные пятна часто сосредоточены на одной доле листа, покрывая до 1/4 его поверхности; 2 - болезнью охвачено до половины листьев, бактериальные пятна покрывают до 1/2 их поверхности; 3 - болезнью охвачено свыше половины листьев растения, бактериальные пятна покрывают более 1/2 их поверхности.

ТЕМА 19. Фотография - как способ фиксации наблюдаемых явлений

Трудно назвать какую-либо прикладную или фундаментальную науку, где не использовали бы в той или иной степени фотографию. Точность и документальность фиксации наблюдаемых явлений - вот те особенности фотографии, которые обеспечили ей широкое признание наукой. В научных исследованиях в области растениеводства и земледелия, в т.ч. в овощеводстве и бахчеводстве применяют следующие виды фотосъемки:

- фотосъемка условий и результатов проведения опыта;
- фотосъемка как метод исследования, показывающий ход изучаемых процессов в динамике (роста и развития растений, формирования репродуктивных и продуктивных органов, развития болезней и распространения вредителей и др.);
- макро- и микросъемка биологических объектов: насекомых и частей растений, поврежденных ими, возбудителей болезней и частей растений, пораженных ими, процесса оплодотворения растений и др.;
- репродукционная съемка - воспроизведение схем, диаграмм, фотоизображений.

Хотя фотосъемка в научной фотографии имеет много общего с художественной фотографией, требования к построению кадра и его исполнению здесь более строгие. Главное требование художественной фотографии - выразительность кадра, она не менее важна и при съемке в научных исследованиях. В кадре не допускается наличие ненужных деталей. Основным объектом съемки должен занимать всю площадь кадра.

Строго документально отразить способом фотосъемки ход опыта или его результаты можно только при получении высококачественного негатива. Основные показатели его качества - резкость, изоляция и чистота.

Высокая резкость позволяет фиксировать максимальное количество мелких деталей снимаемого объекта. Нужно хорошо знать, при каких условиях съемки обеспечивается наивысшая резкость негатива. Прежде всего должна быть точная фокусировка объектива.

Изоляция предусматривает точное ограничение его границ границами кадра с четырех сторон, а также отделение объекта от фона. Хорошей изоляции достигают правильным освещением, точным определением резко изображаемого пространства, а также применением светофильтров. Чистота - это отсутствие в кадре посторонних деталей, которые отвлекают взгляд от снимаемого объекта.

Цель съемки условий и результатов исследования в открытом грунте - показать, насколько это возможно, культуру проведения опыта, методику его постановки, вид делянок. Иногда удается отразить и разницу в росте и развитии растений отдельных вариантов. Композицию снимков, показывающих условия проведения опытов, следует тщательно готовить и продумывать. Она должна быть уравновешенной. На первом плане представляют главное, на втором - детали, несущие дополнительную информацию. Параллельные стороны делянок должны сходиться к середине верхней трети кадра, небо - занимать не более 1/4 снимка. В кадре не должно быть ни одного сорняка, ни одного пустого места (выпада растений) в рядке, если это не следствие изучаемого приема.

Резкость по всему полю обеспечивают одинаковую. Съемки со штатива или с рук с большой экспозицией надо проводить в безветренную солнечную погоду до 10 или после 16 ч. Освещение (солнце) должно быть боковое или заднебоковое. Если условия съемки не позволяют иметь такое освещение, то солнце может быть и переднебоковое, но в этом случае на объектив нужно надеть бленду (если обеспечивает конструкция фотоаппарата), чтобы не допустить попадания в него прямого света. Косые лучи солнца помогают отделить растение от растения и показать густоту стояния, плотность

насаждения. Передний свет (лобовой) превращает растения на делянках в сплошную серую массу.

При съемке в помещении особое внимание следует обращать на равномерность освещения в кадре. Нужно стараться, чтобы палитра серого цвета, от темного до светлого, укладывалась в широту фотослоя. Не должно быть ни забитых светом светлых предметов, ни темных провалов в тенях. На отпечатке должна чувствоваться фактура предмета. Если фотографируют растения в вегетационных сосудах, то объектива устанавливают так, чтобы в резко изображаемом пространстве не оказалась арматура сооружения (теплицы или вегетационного домика). Резко выделенная арматура создает пестроту в кадре, отвлекает взгляд от главного объекта съемки.

При сопоставлении роста и развития растений в отдельных сосудах объекты съемки нужно располагать на однотонном фоне - светлее или темнее растений. Если это полотно, то его края не должны быть видны в кадре. Снимки, предназначенные для печати, следует делать на черном, белом или естественном фоне, но не на сером.

Съемку делянок в поле желательно проводить сверху - со стремянок. Развитие объектов исследования в динамике на делянках можно показать только в особо благоприятных условиях, например, когда какой-либо из вариантов резко отстает в развитии или "уходит" вперед, когда варианты резко различаются по густоте стояния растений, самоизреживанию всходов и т.д. Во всяком случае разница должна улавливаться взглядом. Если она неразличима, фотографировать нет смысла. Иногда гораздо нагляднее показать два растения рядом с корнями или без них, снятые на белом или черном фоне. Очень удобно с этой целью фотографировать растения в вегетационных сосудах. Чтобы показать ход накопления массы урожая при разных уровнях питания или других способах воздействия на растения, нужно иметь дублирующие делянки (лабораторные полосы), на которых можно было бы извлекать растения из почвы, вымывать корни без опасения исказить данные урожайности.

Для фотографирования мелких объектов крупным планом - цветков и соцветий, их строения, листьев, семян, насекомых, характера повреждения растений насекомыми и поражения болезнями - используют макросъемку. Снятые обычным способом, эти объекты имеют незначительные линейные размеры, и их часто невозможно обнаружить на снимке. При сильном же увеличении резко возрастает зернистость изображения, теряется качество отпечатка, поэтому фотографировать такие предметы нужно с близкого расстояния.

Объективы отечественных зеркальных камер позволяют снимать с расстояния 50 см, объективы некоторых зарубежных камер, например, Canon, Nikon, Sony, Pentax - с расстояния 25 см. С помощью такого объектива можно фотографировать цветки соцветий, отразить характер повреждения растений вредителями, однако для съемки деталей цветков, гусениц, колоний патогенных грибов в чашках Петри и т.д. требуется увеличить расстояние между пленкой и объективом. Это достигается с помощью насадочных линз или комплекта переходных колец. Наиболее простым и дешевым вариантом является применение реверсивного кольца, позволяющего присоединять объектив к фотоаппарату обратной стороной, что позволяет фотографировать мелкие объекты с огромным масштабом, пользуясь штатным объективом. Но наиболее совершенный способ – установка между фотоаппаратом и объективом специальной приставки в виде меха, которая позволяет плавно изменять масштаб изображения.

При использовании в исследованиях макросъемки необходимо учитывать, что по мере увеличения масштаба изображения в результате дрожания камеры или объекта съемки пропорционально возрастает масштаб смещения изображения на снимке. Вот почему ветер препятствует макросъемке. Такую работу по возможности надо проводить в лаборатории, применяя прибор для репродукционной съемки или прочный надежный штатив. Если съемку осуществляют в поле и фотографируют подвижные объекты, нужно использовать высокочувствительную пленку или выставить специальный режим на цифровом фотоаппарате.

Часто (особенно при съемке с близкого расстояния) приходится подсвечивать объект лампами накаливания, лампами-вспышками и отражательными экранами. В таких условиях сильно облегчают съемку фотоаппараты с внутренним автоматическим замером экспозиции. Чтобы правильно установить увеличение, в кадр желательно включать масштабную линейку.

Нередко в исследованиях с овощными культурами применяют микрофотосъемку. Для этой цели используют микрофотонасадки на микроскоп с фотоаппаратом. Вид съемки сложный. Техника ее проведения описана в специальной литературе.

Для размножения графических материалов или изменения (уменьшения - увеличения) их формата применяют репродукционную съемку. Проводят ее нормальными объективами, если величина репродуцируемой таблицы (диаграммы) соответствует полному листу ватмана, или методом макросъемки, если величина объекта равна стандартному машинописному листу или меньше его. При такой съемке

нужно обращать особое внимание на параллельность объекта съемки и пленки (либо цифровой матрицы) в фотоаппарате. Для контроля удобны камеры с матовым стеклом, на которое нанесена квадратная сетка.

Результаты научных съемок используют для иллюстрации отчетов, воспроизведения в печати, оформления стендов, диапроекции на экран во время чтения лекций и докладов.

В соответствии с ГОСТ 7.32-2001 "Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» качество иллюстраций должно обеспечивать их четкое воспроизведение (электрографическое копирование, микрофильмирование и т.п.) Этим требованиям больше всего отвечают черно-белые снимки.

Хотя получение черно-белой научной фотографии доступнее, дешевле и удобнее, в некоторых случаях предпочтительнее цветное изображение, например, чтобы показать симптомы недостатка питательных элементов в растениях или влияние факторов среды на окраску плодов и листьев, цветовая особенность сорта или гибрида и т.д.

Для иллюстрации рукописей научных отчетов, диссертаций используют отпечатки на черно-белой или цветной бумаге. В современных условиях, в связи с развитием микропроцессорной техники, лекции и доклады чаще всего сопровождают презентациями, выполненными в цифровом виде и транслируемые с компьютера через проектор, реже диапозитивами (слайдами). Для печатания фотоснимков можно воспользоваться услугами фотолабораторий служб быта.

Снимки следует делать на глянцевой бумаге, хотя глянцевать отпечатки необязательно. Фотографии обычно наклеивают на плотную бумагу размером в стандартный лист. Чтобы избежать коробления, клей наносят с обратной стороны снимка узкой полоской на верхнюю и левую стороны его. При использовании картона клей равномерно наносят на всю поверхность обратной стороны снимка. Силикатный клей непригоден для этих целей: бумага от него желтеет. Лучше применять декстриновый клей, а для наклейки полиэтиленированной бумаги подходит поливинилацетатный клей.

После наклейки фотоснимки укладывают под пресс. В последнее время из-за удешевления бытовых печатающих устройств (принтеров) широко применяется печатание фотографий (черно-белых и цветных) на фотобумаге.

ТЕМА. 20. Документация и отчетность в научных исследованиях

Объективность и обоснованность анализа результатов исследований в значительной степени зависят от правильного ведения научной документации и надежного ее хранения.

Виды документов. Вся документация делится на первичную и основную (сводную). К первичной документации относят дневник исследований (полевую книжку) и журнал опыта.

Дополнительными первичными документами могут служить рабочие тетради (в которых ведут все необходимые пересчеты массовых наблюдений), лабораторные журналы, ведомости учета, ленты с записями самопишущих приборов и т.п. К основной документации относят научные отчеты, опубликованные статьи, диссертационные и дипломные работы и т.п. В соответствии со спецификой различных областей науки названия и содержание документов могут быть изменены при сохранении деления на первичные и основные (сводные).

Дневник исследований представляет собой книжку-тетрадь (желательно в жесткой обложке), удобную для ношения в кармане или полевой сумке. Размер дневника должен быть таким, чтобы в нем помещались записи результатов всего опыта (краткосрочные опыты) или полного вегетационного периода. При многолетних и длительных опытах заполняют последовательно несколько дневников, которые обязательно нумеруют, указывая год исследований, даты начала и окончания записей.

В дневнике исследований в хронологической последовательности по соответствующим формам ведут все первичные записи результатов инструментальных и визуальных наблюдений, учетов и анализов, проведенных непосредственно в поле, лаборатории, вегетационном домике, теплице. В аналогичной последовательности в дневнике записывают все работы по закладке и проведению опыта (заполнение сосудов, проведение агротехнических работ на опыте, выключки и т.п.) с указанием объема и качества работ, применяемых инструментов и техники. В дневнике наблюдений обязательно фиксируют экстремальные атмосферные явления (град, ливень, ураган, суховеи, сильные заморозки и т.п.), случаи вспышек засоренности посевов, степень поражения растений болезнями и повреждения вредителями и т.д. В случае необходимости в дневнике делают зарисовки или приводят фотографии изучаемых объектов.

При исправлениях обязательно указывают, кто, когда и по какой причине их внес. Журнал опыта заполняют на основе дневника исследований и других документов. В журнал опыта заносит исходную информацию об опыте и его методике (рабочая гипотеза, тема и раздел исследований, год закладки и проведения опыта, где и когда утверждены методика постановки

опыта и программа исследований, схема и план опыта). На плане полевых и вегетационно-полевых опытов указывают размеры всего опыта, повторений, посевных и учетных делянок, защитных полос между делянками и повторениями, окаймляющих защитных полос, ориентацию опыта по сторонам света, точки (репера) и способ закрепления опыта на местности, направление склона, расположение вариантов на делянках опыта.

Если опыт лабораторный, вегетационный или лизиметрический, указывают состав питательной смеси, субстрат, его массу в сосуде и т.п. При проведении полевых опытов записывают историю и дают характеристику почв участка (тип, подтип почвы, мощность пахотного горизонта и других слоев почвенного профиля, гранулометрический состав, агрохимические свойства почвы, предшественник, систему удобрений, применявшуюся на участке перед закладкой опыта, и т.п.).

Журнал опыта обязательно должен содержать: перечень всех работ по закладке и проведению опыта (от уборки предшествующей культуры до уборки урожая в опыте) с указанием сроков, способов и качества их выполнения, а также применяемой техники; результаты всех анализов, наблюдений и учетов в виде таблиц, графиков, рисунков, уравнений; результаты учета урожая: а) по делянкам; б) в пересчете на гектар; в) в переводе на стандартную влажность и чистоту; результаты статистической обработки опытных данных; предварительные выводы и предложения.

Для каждого опыта заводят отдельный журнал. При многолетних и длительных исследованиях по каждому опыту ведут не-сколько журналов, при этом журналы нумеруют, указывают даты начала и окончания записей, а также вопросы, отраженные в журнале. Журналы хранят в лаборатории (на кафедре) в специальном шкафу или сейфе. Исправления и подчистки в журнале опыта не допускаются. В случае обнаружения ошибок соответствующие исправления вносят путем зачеркивания неверных данных и вписывания новых. Обязательно указывают, кем, когда и по какой причине внесены исправления. Каждое исправление подкрепляют подписями ответственного исполнителя и руководителя подразделения, в котором провод т исследования. В таком же порядке вносят и дополнения в уже сделанные записи.

Отчет о научно-исследовательской работе (НИР) представляет собой научно-технический документ, содержащий полные сведения о выполненной работе. Общими требованиями к отчету являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации; краткость и точность формулировок (должна быть исключена возможность неоднозначного толкования); обоснованность рекомендаций и предложений.

Структура и содержание отчета. Отчет о НИР должен содержать:

титульный лист; список исполнителей; реферат; содержание (оглавление); перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов; введение; основную (экспериментальную) часть; заключение; список использованных источников; приложения.

На титульном листе указывают министерство, объединение, институт, индекс УДК, номер государственной регистрации, гриф согласования и утверждения отчета (с названием организации), а также должность, ученую степень и ученое звание лица, утвердившего отчет (заверенные печатью), вид отчета (промежуточный или заключительный), место и год его составления.

В список авторов отчета, располагаемый в виде столбца, включают фамилии всех исполнителей с указанием номера раздела (подраздела) отчета, подготовленного по выполненной данным лицом части НИР, и организацию-соисполнитель. Если НИР выполнена одним лицом, на титульном листе помещают его фамилию и подпись.

Текст реферата должен отражать: объект исследования; цель работы; метод исследования и аппаратуру; полученные результаты и их новизну; степень внедрения; рекомендации по внедрению результатов НИР; эффективность; область применения; основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики. Текст реферата не должен превышать 2000 знаков.

В оглавлении (содержании) отчета указывают названия всех его разделов, подразделов и пунктов (если они имеют названия), а также номера страниц, на которых они начинаются. При оформлении отчета, состоящего из двух или более частей, для каждой части составляют отдельное оглавление. Для отчета объемом менее 10 страниц оглавление является необязательным.

Введение должно содержать: оценку состояния науки по решаемой проблеме; основания и исходные данные для разработки темы; обоснование необходимости проведения работы; актуальность и новизну темы; связь работы с другими исследованиями.

В основной части отчета приводят описание объекта, метода и условий проведения исследования; теоретические и (или) экспериментальные данные; обобщение и оценку результатов исследований. Полученные экспериментальные результаты должны быть проанализированы и сопоставлены с результатами аналогичных отечественных и зарубежных исследований. Необходимо также оценить полноту решения поставленных вопросов и достоверность полученных результатов. Данных исследований должно быть достаточно для их статистической оценки и установления существенности различий по вариантам эксперимента.

Текст основной части отчета делят на разделы, подразделы и пункты. Заголовки разделов печатают по центру строки прописными, а заголовки подразделов - строчными буквами. От основного текста заголовки должны быть отделены 3...4 интервалами. Точки в конце заголовков не ставят. Каждый раздел начинают с новой страницы. Страницы нумеруют арабскими цифрами. Титульный лист включают в общую нумерацию. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего отчета. Подразделы нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого раздела (например, «3.4» - четвертый подраздел третьего раздела). Также нумеруют и пункты внутри подразделов (например, «2.1.3» - третий пункт первого подраздела второго раздела). Если отчет состоит из двух или более частей, то номер каждой части проставляют на титульном листе римскими цифрами под указанием вида отчета.

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы, графики), расположенные на отдельных страницах отчета, включают в общую нумерацию страниц. Если формат иллюстраций больше, чем А4, то их учитывают как одну страницу и помещают в конце отчета (после заключения) в порядке упоминания в тексте. При нумерации иллюстраций указывают номер раздела и порядковый номер иллюстрации (например, «Рис. 2.3» - третий рисунок второго раздела).

Таблицы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами в правом верхнем углу над заголовком (например, «Таблица 2.1» - первая таблица второго раздела). Если в отчете одна таблица, ее не нумеруют и слово «таблица» не пишут. В случае переноса части таблицы на другую страницу, пишут слово «продолжение» и указывают номер таблицы (например, «Продолжение таблицы 2.3»).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках (например, (4.2) - вторая формула четвертого раздела). Над иллюстрацией помещают ее название, а под ней - поясняющие сведения.

Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок, начинающийся с прописной буквы. Заголовки граф таблиц пишут с прописной буквы, подзаголовки - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они самостоятельные. Таблицу в тексте размещают после первого упоминания о ней.

Таблица должна иметь заголовок, который сжато и точно определяет ее содержание. Заголовок таблицы может отсутствовать только тогда, когда ее содержание точно определено в тексте, непосредственно предшествующем таблице. Анализ результатов, представленных в таблице, излагают в виде текста после таблицы.

При составлении таблицы придерживаются правила, чтобы все ячейки ее были заполнены цифрами или условными обозначениями. Если отдельные данные отсутствуют, то в соответствующих ячейках ставят тире (-), а не ноль (0), который означает, что числовые данные изучаемого показателя равны нулю. Данные, полученные путем «восстановления», а также сомнительные данные (забракованные и затем теоретически рассчитанные) заключают в скобки. Сокращениями или символами пользуются только в тех случаях, когда они общепризнаны, заглостированы и смысл их совершенно ясен. Числа в таблицах располагают так, чтобы запятые, отделяющие десятичные знаки, находились в каждой ячейке по одной вертикали.

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его можно заменить кавычками, если из двух или более слов - словами «То же» при первом повторении и далее кавычками. Не допускается постановка кавычек вместо повторяющихся математических или химических символов, цифр, марок, знаков.

Статистические критерии оценки существенности помещают в специальной строке таблицы или в крайней правой графе, а иногда дают в примечании к таблице. Пояснять значения символов и числовых коэффициентов следует непосредственно под формулой, в которой они приведены, в той же последовательности, что и в формуле.

Часть данных удобнее представлять графически, так как графики позволяют более наглядно выразить результаты экспериментальной работы. В зависимости от назначения графики делят на две группы: иллюстративные и количественные. Цель иллюстративных графиков - дать качественную картину процесса или состояния, а количественные графики должны служить количественным инструментом в различных исследованиях. Заголовок помещают за пределами графического изображения над его верхним краем, а в печатной публикации - под нижним краем графика. Для подробного объяснения содержания графика дают примечания, которые помещают за его пределами, а также расшифровку (легенду) условных обозначений.

Графики, дающие основания для ответственных выводов и рекомендаций, так же, как и таблицы, должны сопровождаться текстовой или графической характеристикой существенности различий.

Ссылки на источники в тексте дают в примечании или указывают порядковый номер списка источников, выделяя его двумя косыми чертами.

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, наименования изделий и т.п. в тексте отчета приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать собственные имена на язык отчета с добавлением при первом упоминании оригинального названия.

Если в отчете используется особая терминология, употребляются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения и т.п., то к отчету должен быть приложен их список. Слева столбцом в алфавитном порядке помещают соответствующие слова, справа дают их подробную расшифровку. Если специальные термины, символы или сокращения встречаются в отчете менее трех раз, их список не составляют, а расшифровку дают в тексте при первом упоминании. При использовании данных других исследований указывают источники, из которых они взяты.

Заключение должно содержать краткие выводы, рекомендации и предложения производству, оценку технико-экономической эффективности внедрения или народно-хозяйственной (научной) значимости работы.

В списке источников приводят работы, из которых были взяты исходные данные, указывают способы получения этих данных.

Приложения должны содержать также вспомогательный материал, необходимый для полноты отчета (таблицы цифровых данных, иллюстрации, промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты, протоколы и акты испытаний, инструкции и методики, описания алгоритмов и программ задач, решаемых с помощью ЭВМ, акты о внедрении результатов исследований).

Приложения оформляют как продолжение отчета или в виде отдельной части, располагая их в порядке ссылок в тексте и нумеруя арабскими цифрами (без знака №). Каждое приложение начинают с нового листа. При оформлении приложений отдельной книгой на титульном листе под названием отчета печатают прописными буквами слово «приложения».

Используя при подготовке и оформлении отчета или иной основной документации электронные средства и носители информации, следует иметь в виду, что наличие отчета на бумажном носителе строго обязательно с целью устранения возможности порчи или утери документации. Хранить печатный отчет и отчет, размещенный на электронных носителях информации, необходимо отдельно.

Список использованной литературы:

1. Белик, В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [Текст] / В.Ф. Белик. – Москва : Агропромиздат, 1992. - 319 с.
2. Березкин, А.Н. Методика проведения грунтового контроля по группам сельскохозяйственных растений [Текст] / А.Н. Березкин. - Москва : Росинформагротех, 2004. - 108 с.
3. Горелов, С.В. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Горелов, В.П. Горелов, Е.А. Григорьев; под ред. В.П. Горелова. - 2-е изд., стер. - Москва ; Берлин: Директ-Медиа, 2016. - 534 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443846>
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б.А. Доспехов. - 5-е изд., доп. и перераб. - Москва : Агропромиздат, 1985. - 351 с.
5. Кожухар, В.М. Основы научных исследований [Текст] : учебное пособие / В.М. Кожухар. - Москва : Дашков и К, 2013. - 216 с.
6. Комлацкий, В.И. Планирование и организация научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Комлацкий, С.В. Логинов, Г.В. Комлацкий. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. - 208 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271595>
7. Коптев, В.В. Основы научных исследований и патентоведение [Текст] : учебное пособие для вузов / В.В. Коптев, В.А. Богомягких, М.Ф. Трифонова. - Москва : Колос, 1993. - 144 с.
8. Кузнецов, И.Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Н. Кузнецов. - 3- изд. - Москва : Дашков и К, 2017. - 283 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450759>
9. Литун, П.П. Методика полевого селекционного эксперимента [Текст]: учебное пособие / П.П. Литун. - Харьков : Харьковский ГАУ, 1996. - 271 с.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры [Текст]. - Москва : [б.и.], 1989. - 194 с.
11. Методика определения экономической эффективности почвозащитных систем земледелия и отдельных её элементов с помощью ЭВМ [Текст] / подгот.: Ю.И. Майоров, В.М. Солошенко, В.И. Векленко. - Курск : [б.и.], 1990. -156 с.

12. Методика проведения лабораторного сортового контроля по группам сельскохозяйственных растений [Текст]. - Москва : Росинформагротех, 2004. - 96 с.
13. Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве [Текст] / В. Ф. Моисейченко, А.Х. Заверюха, М.Ф. Трифонова. - Москва : Колос, 1994. - 383 с.
14. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост.: О.А. Ганжа, Т.В. Соловьёва ; Волгоградский ГАСУ. - Волгоград : Волгоградский ГАСУ, 2013. - 97 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434797> (19.05.2017).
15. Основы научных исследований в агрономии [Текст] : учебник для вузов / В.Ф. Моисейченко [и др.]. - Москва : Колос, 1996. - 336 с.
16. Рябцова, С.А. Методика закладки полевых, вегетационных, лабораторных опытов на переувлажненных почвах [Текст] / С.А. Рябцова, В.Н. Чижиков, Л.А. Швыдкая. - Краснодар : [б.и.], 2014. - 31 с.
17. Трифонова, М.Ф. Основы научных исследований [Текст] / М.Ф. Трифонова, П.М. Заика, А.П. Устюжанин. - Москва : Колос, 1993. - 239 с.
18. Шкляр, М.Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Ф. Шкляр. - 6- изд. - Москва : Дашков и К, 2017. - 208 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450782>
19. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований [Текст] : учебник / Ф.А. Юдин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Колос, 1980. -368 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	СТР.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ТЕМА 1. ВАРИАНТ, СХЕМА ОПЫТА	7
ТЕМА 2. ПЛОЩАДЬ, ФОРМА И НАПРАВЛЕНИЕ ОПЫТНОЙ ДЕЛЯНКИ	14
Тема 3. ЗАЩИТНЫЕ ПОЛОСЫ, ДОРОЖКИ И ДОРОГИ В ОПЫТЕ	20
ТЕМА 4. ПОВТОРНОСТЬ И ПОВТОРЕНИЕ.....	24
ТЕМА 5. РАСПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛЯНОК И ПОВТОРЕНИЙ НА ОПЫТНОМ УЧАСТКЕ	30
ТЕМА 6. РАЗМЕЩЕНИЕ ВАРИАНТОВ НА ОПЫТНЫХ ДЕЛЯНКАХ	31
ТЕМА 7. УБОРКА И УЧЕТ УРОЖАЯ В ОПЫТЕ	49
ТЕМА 8. ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДИКИ В ОПЫТАХ С ОВОЩНЫМИ, ПЛОДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ И ВИНОГРАДОМ.....	56
ТЕМА 9 Исследования по расширению ассортимента овощей и сроков поступления свежей продукции	71
ТЕМА 10 Особенности проведения опытов по семеноводству овощных культур.....	80
ТЕМА 11. ЗАКЛАДКА И ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ ОПЫТОВ.....	91
ТЕМА 12. ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОХИМИИ.....	96
ТЕМА 13. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ, СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ	100
ТЕМА 14 МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ В ПОЛЕ И ЛАБОРАТОРИИ.....	115
ТЕМА 15. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОТМЫВКИ ОБРАЗЦОВ КОРНЕЙ, И ОФОРМЛЕНИЕ РИСУНКОВ	134
ТЕМА 16. Общие вопросы сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур.....	139
ТЕМА 17. Оценка химического состава и вкусовых качеств овощей и плодов бахчевых культур	157
ТЕМА 18. Учет численности вредителей и распространения болезней	163
ТЕМА 19. Фотография - как способ фиксации наблюдаемых явлений	170
ТЕМА. 20. Документация и отчетность в научных исследованиях.....	175
Список использованной литературы.....	181

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Учебное пособие для практических занятий и самостоятельной
работы аспирантов по
направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство**

Составители: **Авдеенко Алексей Петрович**
Авдеенко Светлана Сергеевна
Фетюхин Игорь Викторович
Рябцева Наталья Александровна

Издаётся в авторской редакции

Подписано в печать 26.12.2018 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура шрифта Times.
Усл. печ. л. 11,5

Отдел оперативной полиграфии НИМИ Донской ГАУ
346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111