

Основные положения методики проведения опытов с сельскохозяйственными культурами

МЕТОДИЧЕСКИЕ
РАЗРАБОТКИ
И РЕКОМЕНДАЦИИ

Школа начинающего
исследователя

*Тимофеева Людмила Геннадьевна,
заведующая методическим кабинетом
Эколого-биологического центра «Крестовский остров»
Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных,
г. Санкт-Петербург*

Полевой сельскохозяйственный опыт — исследование, осуществляемое в полевой обстановке. Основной задачей полевого опыта является установление различий между вариантами опыта. Полевой опыт связывает теоретические исследования в агрономии с сельскохозяйственной практикой. Результаты полевых опытов и обобщения практических наблюдений могут быть основанием для внедрения новых средств повышения урожаев — агротехнических приемов, новых сортов, удобрений и т. д. Ценность результатов полевого опыта зависит от соблюдения определенных методических требований.

Требования к полевому опыту:

1. Типичность опыта. Под типичностью полевого опыта понимают соответствие условий его проведения почвенно-климатическим (природным) условиям данного района или зоны. То есть любой полевой опыт должен проводиться в тех почвенно-климатических условиях, для которых предполагается использовать его результаты. В понятие «типичность» для агротехнического полевого опыта входит также требование проводить исследования с районированными (или перспективными) сортами и типичными для данной зоны культурами. К типичности относится также требование проводить опыт при общем высоком уровне агротехники.

2. Соблюдение принципа единственного различия. При постановке полевого опыта все условия, кроме одного — изучаемого, должны быть одинаковыми. Например, в полевом опыте с дозами азотных удобрений единственным различием по вариантам будут дозы. Все остальные условия опыта (почвенные, предшественник, способы обработки почвы, сорт, посев, уход и т. д.) во всех вариантах должны быть одинаковыми. Принцип единообразия должен пониматься как принцип целесообразности и оптимальности. Более правильно сравнивать урожаи не при одинаковых, а при наиболее соответствующих, оптимальных для каждого сорта условиях (нормы высева, сроки посева, уборки и т. д.).

3. Проведение опыта на специально выделенном участке. Это требование является логическим продолжением принципа единственного различия. Полевые опыты необходимо проводить на участке с хорошо известной историей.

4. Учет урожая и достоверность опыта по существу. Урожай и качество сельскохозяйственных растений — главный объективный показатель при характеристике изучаемых в опыте вариантов. Однако данные по учету урожая и его качеству могут объективно



В методической разработке представлены основные правила организации и проведения полевых опытов с сельскохозяйственными культурами.

отражать изучаемое явление только в том случае, если опыт достоверен по существу. Под достоверностью опыта по существу понимают правильно построенную схему и методику проведения опыта, их соответствие поставленным задачам, правильный выбор объекта и условий проведения данного опыта. При проведении опыта экспериментатор обычно встречается с тремя видами ошибок — случайными, систематическими и грубыми. Случайные ошибки — это ошибки, возникающие под воздействием очень большого числа таких факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Случайное варьирование опытных данных — постоянный спутник полевых опытов. Однако математическая статистика дает методы количественного определения величины случайных ошибок, совокупность которых при большом числе наблюдений подчиняется закону нормального распределения, а при ограниченном числе параллельных наблюдений — закону t -распределения Стьюдента. На основании этих законов распределения случайных ошибок устанавливается, насколько существенны различия между средними показателями, например, урожая по вариантам. Характерной особенностью случайных ошибок является их тенденция к взаимному погашению разнонаправленных, случайных ошибок.

Систематические ошибки искажают измеряемую величину в сторону преувеличения или преуменьшения в результате действия вполне определенной постоянной величины. Такие ошибки, в отличие от случайных, не имеют свойства взаимопогашения.

Грубые ошибки возникают чаще всего в результате нарушения основных требований к полевому опыту, недосмотра или небрежного выполнения работ.

Необходимо подчеркнуть, что для математической обработки можно использовать только те результаты полевых опытов, которые не содержат грубых и систематических, односторонних ошибок.

Виды полевых опытов. Полевые опыты делятся на две большие группы: агротехнические и опыты по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. К первой группе относятся полевые опыты по изучению обработки почвы, предшественников, удобрений, способов борьбы с сорняками, болезнями и вредителями, норм и сроков посева и т. д. Ко второй группе относятся опыты, в которых при одинаковых условиях сравниваются генетически различные растения для объективной оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. Между этими двумя группами полевых опытов нет резкой границы. Для разработки сортовой агротехники опыты по сортоиспытанию нередко проводят на разных агротехнических фонах, а в схемы опытов с удобрениями, обработкой почвы и севооборотами часто включают несколько перспективных сортов.

В зависимости от количества изучаемых факторов, охвата почвенно-климатических условий, длительности и места проведения полевые опыты принято подразделять на одно- и многофакторные, краткосрочные и многолетние, мелко- и крупноделяночные, лабораторно-полевые и опыты в производственных условиях.

Выбор и подготовка земельного участка для опыта

Требования к земельному участку:

1. Земельный участок для будущего опыта должен соответствовать тем условиям, в которых предполагается использовать результаты опыта.
2. Второе требование к опытному участку — однородность его почвенного покрова. Выделить однородный земельный участок для полевого опыта довольно трудно, поэтому, чтобы правильно выбрать участок следует тщательно изучить его историю, провести почвенное обследование, изучить рельеф, засоренность.

История опытного участка. Необходимо убедиться, что участок возделывался в течение последних трех-четырех лет. Однообразными на всем участке должны быть только те агротехнические приемы, которые на длительный период изменяют плодородие почвы (например внесение минеральных или органических удобрений, известкование, углубление пахотного слоя, дренаж и т. д.).

При выборе опытного участка следует обратить внимание на случайные факторы, которые могут нарушить однородность условий будущего опыта. В частности не следует проводить опыты ближе, чем на 50–100 м от животноводческих построек, сплошного леса или ближе 25–30 м от отдельных деревьев; плотные изгороди и проезжие дороги не должны быть ближе 10–20 м. Необходимо также учесть следы земляных работ, бывшие дороги, стоянки скота, остатки строений и т. д.

Почва опытного участка. Без изучения почвы нельзя говорить о ее типичности. Если нет возможности воспользоваться почвенной картой, надо провести ее детальное изучение. При этом применяются обычные методы — почвенные разрезы, прикопки. Однако выявить микропестроту почв можно только при помощи наблюдений за состоянием культурной и дикой растительности будущего опытного участка. Такие наблюдения позволяют учесть степень засоренности земли сорными растениями, выявить пятна с наиболее бедной и плодородной почвой.

Рельеф опытного участка. Чтобы опыты с какой-либо культурой были типичными, их следует располагать на том элементе рельефа, на котором она обычно возделывается. Для большинства опытов предпочтителен ровный или с небольшим уклоном участок.





Основные элементы методики полевого опыта

Под методикой полевого опыта подразумевают совокупность составляющих ее элементов: число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения повторений, делянок и вариантов на территории, метод учета урожая и организацию опыта во времени.

Число вариантов. Под опытным вариантом понимают изучаемое растение, сорт, условие возделывания, агротехнический прием или их сочетание. Один или несколько вариантов, с которыми сравнивают опытные варианты, называют контролем или стандартом. Совокупность опытных и контрольных вариантов составляет схему опыта. С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом, возрастает пестрота почвенного плодородия и расстояние между сравниваемыми вариантами. В связи с этим при разработке схемы необходимо осторожно увеличивать число вариантов.

Повторность. Чтобы избежать возможных ошибок и ослабить влияние случайных факторов, опыт нужно повторить несколько раз. Тогда один и тот же вариант должен быть размещен на нескольких делянках. Такое повторение одноименных вариантов называется повторностью. Повторность делает опыт более точным, а его результаты достоверными. Повторность опыта должна быть 3–4-кратная. Результаты полевого эксперимента сильно зависят от метеорологических особенностей года. Поэтому для получения надежных результатов наряду с повторностью на территории необходимо повторять полевые опыты через некоторое время. Это не только повышает достоверность выводов, но и дает возможность получить ценную дополнительную информацию об эффективности использования приемов в отдельные годы — сухие, нормальные, влажные и т. д. Повторность во времени краткосрочного опыта, необходимая для получения достаточно достоверной характеристики изучаемого приема, зависит от задачи исследования и от того, как сложатся метеорологические условия, но при планировании таких опытов нельзя рассчитывать на получение исчерпывающего ответа менее чем через три года.

Площадь делянки. В практике опытного дела в нашей стране наиболее широко используются делянки размером 50–200 м², а на первоначальных этапах исследовательской работы 10–50 м². Делянки меньше 10 м² обычно применяют в микрополевых опытах, например, при селекции растений, когда важно экономить посевной материал. Размер опытных и контрольных делянок должен быть одинаковым.

Размер опытной делянки в каждом конкретном случае будет меняться в зависимости от назначения и задачи опыта, степени и характера пестроты почвенного покрова, культуры агротехники, какими орудиями (машинами) предполагается пользоваться и возможна ли одновременная обработка всех делянок или их



придется обрабатывать отдельно. Общее правило таково: чем больше выращивается растений на единице площади, тем меньше может быть площадь делянки. Так, у льна достаточно высокая точность опыта достигается при площади учетной делянки 20–25 м², у зерновых — 40–60 м², у пропашных (кукуруза, картофель, корнеплоды) — 50–100 м².

Для овощных культур, при закладке опытов в открытом грунте, следует считать вполне достаточными следующие размеры учетных делянок: для редьки и редиса — 5–10 м², лука, моркови, петрушки, гороха и перца — 10–30 м², огурцов, капусты, томатов, свеклы и баклажанов — 20–50 м², арбузов, дыни и тыквы — 100–150 м². В защищенном грунте минимальный размер делянки каждого варианта составляет 2–10 м², в зависимости от выращиваемой культуры.

В опытах с плодово-ягодными культурами на каждой делянке опыта должно размещаться 6–10 деревьев (яблоня, груша, вишня, слива), 10–20 кустарников (смородина, крыжовник, облепиха, арония, ирга), земляника — на 10–25 м².

Форма делянки. Делянки могут быть квадратными, прямоугольными и удлиненными. У квадратных делянок отношение сторон равно 1, у прямоугольных отношение длины делянки к ширине больше 1, но меньше 10. Удлиненная форма оказывается наиболее рациональной при больших размерах делянок и при закладке опытов на склонах, когда можно ожидать заметного изменения плодородия почв. В опытах с небольшим числом вариантов и размером делянок около 100 м² достаточно высокая точность получается при прямоугольных и квадратных делянках. Квадратная форма делянки предпочтительнее прямоугольной и вытянутой в опытах, где смежные варианты могут сильно влиять друг на друга. Например, при внесении ядохимикатов, удобрений.

Направление делянки. Сравнение изучаемых вариантов будет правильным, если опытные делянки располагать длинной стороной в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы. При закладке опытов на выровненных по плодородию участках направление делянок не оказывает влияния на точность опыта и определяется техническими условиями проведения эксперимента.

Защитные полосы. Различают боковые и концевые защитные полосы. Боковые защитные полосы выделяют вдоль длинных сторон делянок для исключения влияния растений соседних вариантов. Особенно сильно влияние соседних вариантов проявляется в опытах с удобрениями, способами обработки почвы. Ширину защитной полосы устанавливают в пределах 0,5–1,5 м. В опытах по сортоиспытанию влиянием растений соседних делянок пренебрегают и боковые защитные полосы не выделяют. Для разграничения изучаемых сортов между делянками оставляют узкие незасеянные полосы шириной 20–40 см.





Концевые защитные полосы шириной не менее 2 м выделяют для предохранения учетной части делянки от случайных повреждений. Кроме того, для разворота машин и орудий с обоих концов делянок выделяют защитные полосы шириной не менее 5 м.

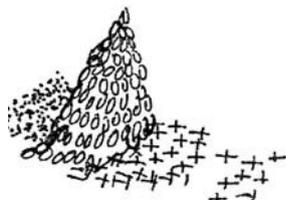
Размещение вариантов в полевым опыте

Можно выделить три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка: стандартные, систематические, случайные (рэндомизированные).

Стандартный метод. Стандартные методы характеризуются более частым, обычно через 1–2-х опытных варианта, расположением контроля стандарта. В стандартных методах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем. Этот метод имеет ряд существенных недостатков, включая громоздкость, но иногда используется селекционерами. Например, на первых ступенях отбора, когда из-за недостатка семян нельзя сделать делянку нужной величины и провести соответствующую повторность. Размещая стандарт через один или два испытуемых и проводя визуальное сравнение со стандартом, можно достаточно объективно выявить наиболее перспективные линии.

Систематический метод. Систематическое размещение вариантов — это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе.

Делянки в опыте размещаются в один ряд (ярус) или в несколько (многоярусное расположение) в зависимости от конфигурации участка и его выравнинности.



Одноярусное размещение делянок

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

Многоярусное размещение делянок

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

При многоярусном (шахматном) размещении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается. Чтобы определить число делянок, на которое необходимо сдвинуть размещение вариантов в последующих ярусах, количество вариантов опыта делят на число ярусов. Главный недостаток этого метода — возможные и часто непредвиденные искажения эффектов

по вариантам, а также ненадежность в статистической оценке ошибки опыта.

Рендомизированный, или случайный метод. Наиболее простой способ рендомизации заключается в следующем. Варианты нумеруют или обозначают буквами на одинаковых карточках. Затем карточки тщательно перемешивают, после чего вынимают по одной. Варианты в повторении размещают на делянках в последовательности, определенной жребием, случаем. Для каждого повторения проводится своя рендомизация.

1 повторность				2 повторность				
1	2	5	4	5	4	1	2	и т. д.

Применение методики краткосрочных и многолетних полевых опытов на принципах случайности — своеобразный заслон против возможного влияния систематического варьирования плодородия почвы на результаты исследования.

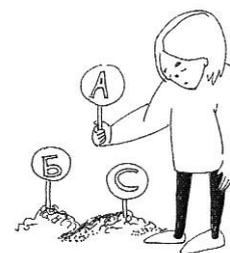
Техника закладки и проведения полевых опытов

Объективная оценка возможна лишь в том случае, если эксперимент проведен с соблюдением всех требований методики. Ошибки технического характера, допущенные на любом этапе опытной работы (разбивка опытного участка, обработка почвы, внесение удобрений, посев, уход, уборка урожая и т. д.), нарушают сравнимость вариантов и искажают их эффекты. Эти ошибки не могут быть исправлены никакой математической обработкой.

Разбивка опытного участка. После изучения и подготовки земельного участка необходимо нанести намеченное расположение опыта на схематический план, где указать точные размеры всего опыта, а также повторений, делянок, защитных полос. Затем по схематическому плану размещают опыт в поле.

Перед выходом в поле следует заранее подготовить теодолит или эккер для построения прямых углов, 20-метровую рулетку, крепкий длинный шнур, 5–10 вешек длиной 1,5–2 м, 4 угловых столбика для фиксирования границ опыта и колышки диаметром 3–4 см и длиной 25–30 см для фиксирования границ делянок. После разбивки делянок приступают к закладке опыта.

Обработка почвы. Важнейшим требованием ко всем агротехническим работам, не подлежащим изучению в данном опыте, является одновременность их выполнения. Основным правилом опытника в отношении сельскохозяйственных работ должно быть выполнение каждой из них в каждом отдельном опыте в течение одного дня. Единовременность и краткосрочность всех работ на опыте — первое и важнейшее требование к агротехническим работам.





Другое общее требование ко всем сельскохозяйственным работам — это их тщательность и высокое качество. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным для проявления эффекта от изучаемого приема или сорта и, как правило, более высоким, чем в производственных условиях.

Вспашку, перекопку и все другие приемы обработки почвы следует выполнять через все деланки повторности перпендикулярно к их длинным сторонам, чтобы возможные случайные факторы одинаково влияли на все варианты опыта.

Внесение удобрений. Основное требование к любому способу применения удобрений в опыте — их равномерное распределение по площади деланок.

Органические удобрения (навоз, торф, компосты) обычно вносят по общему весу на единицу площади (т/га) и обязательно поделаяночно, даже тогда, когда они применяются в качестве общего фона. Эти удобрения должны быть по возможности однородными по своему составу, происхождению, степени разложения и влажности. Перед распределением удобрения необходимо хорошо перемешать (на дорожках).

При ручном рассеве навески удобрений заготавливают в лаборатории, сарае или непосредственно в поле. В зависимости от площади деланки удобрения развешивают в бумажные пакеты, матерчатые мешочки или специальные деревянные ящики. Их раскладывают по вариантам опыта и проверяют правильность раскладки. Чтобы равномерно распределить удобрения их рассеивают в два приема. Минеральные удобрения желательно вносить в безветренную погоду.

Минеральные удобрения вносят по содержанию в них питательного вещества (N, P₂O₅, K₂O).



Содержание действующего вещества (%) в основных минеральных удобрениях

Аммиачная селитра	33–34
Сульфат аммония	20,5–21
Мочевина	46
Суперфосфат простой	19,5
Суперфосфат двойной	43–45
Фосфоритная мука	15–25
Костяная мука	30
Хлористый калий	50–60
Калийная соль	34–40
Сернокислый калий	45–50
Зола древесная: – фосфора	3,5

– калия – извести	5–12 50
Зола соломы: – фосфора – калия – извести	4,8 15–20 6–10
Аммофос	N – 12, P – 50
Нитроаммофоска	N – 16, p – 16, K – 16
Нитрофоска	N – 12, P – 12, K – 12

Для того, чтобы по норме действующего вещества вычислить норму внесения удобрения, надо дозу действующего вещества, выраженную в килограммах, умножить на 100 и разделить на процент содержания действующего вещества в удобрении. Например, надо внести азота 90 кг на 1 га (N₉₀). В наличии имеется аммиачная селитра, содержащая 34 % действующего вещества:

$$\frac{90 \times 100}{34} = 264.$$

В этом случае аммиачной селитры надо внести 264,0 кг на 1 га или 2 кг 640 г на 100 м².

Норму внесения удобрения еще легче определить по таблице.

Таблица расчета количества удобрения на 100 м² (в кг)

Процент действующего вещества в удобрении	Кол-во действующего вещества, которое надо внести (в кг/га)								
	15	20	25	30	35	40	45	50	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
12	1,25	1,67	2,08	2,50	2,93	3,33	3,75	4,17	
14	1,07	1,43	1,78	2,14	2,50	2,86	3,22	3,57	
16	0,94	1,25	1,56	1,87	2,19	2,50	2,81	3,12	
17	0,88	1,18	1,47	1,76	2,06	2,35	2,64	2,94	
18	0,83	1,11	1,39	1,66	1,94	2,22	2,50	2,78	
20	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	
21	0,72	0,95	1,19	1,42	1,67	1,90	2,14	2,38	
22	0,68	0,91	1,14	1,36	1,50	1,82	2,05	2,27	
33	0,45	0,61	0,76	0,90	1,06	1,21	1,35	1,51	
34	0,44	0,59	0,73	0,88	1,08	1,18	1,33	1,47	
40	0,37	0,50	0,62	0,75	0,87	1,00	1,12	1,25	
45	0,33	0,44	0,55	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	
52	0,29	0,38	0,48	0,58	0,67	0,77	0,86	0,96	
54	0,28	0,37	0,46	0,56	0,65	0,74	0,84	0,92	





56	0,27	0,36	0,45	0,54	0,62	0,71	0,81	0,89
58	0,26	0,34	0,43	0,52	0,60	0,69	0,78	0,86
60	0,25	0,33	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,83

В графе «Процент действующего вещества в удобрении» находим цифру 34, в графе «Количество действующего вещества» дозы 90 нет, поэтому три раза обращаемся к графе 30. Получаем ответ: $0,88 \text{ кг} \cdot 3 = 2,64 \text{ кг}$.

Еще пример. Под лен надо внести $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (кг действующего вещества на гектар). В хозяйстве имеется аммиачная селитра 34 %, суперфосфата простого 19,5 % и хлористого калия 60 %. В графе «Процент действующего вещества в удобрении» находим цифру 34, а в графе с дозой «30» получаем ответ: 0,88 кг аммиачной селитры на площадь в 100 м^2 . Так же определяем количество суперфосфата. В графе «Процент действующего вещества в удобрении» находим цифру 20 (округляя) и два раза обращаемся к графе 30, получаем ответ: 3,0 кг.

При определении количества хлористого калия получаем ответ: 1,5 кг.

Посев и посадка. Для доброкачественного проведения посева или посадки на опытном участке необходимо обратить внимание на технику высева или посадки и качество посевного материала.

Посев всех вариантов опыта проводится в один день. Норма высева устанавливается по числу всхожих семян. Для исчисления весовой нормы следует пользоваться формулой:

$$НВ = \frac{НЗ \times МЗ \times 100}{ПГ},$$

где: $НВ$ — норма высева семян в кг на 1 га; $НЗ$ — норма высева, выраженная в миллионах всхожих зерен на 1 га; $МЗ$ — масса (вес) 1000 зерен в граммах; $ПГ$ — посевная годность семян в %.

Например, если необходимо посеять 4 млн. всхожих семян на 1 га с массой 1000 зерен 45 г и посевной годностью 94,05 % (чистотой 99 % и всхожестью 95 %), то весовая норма высева будет следующей:

$$НВ = \frac{4 \times 45 \times 100}{94,05} = 191,4.$$

Посевную (хозяйственную) годность семян определяют путем перемножения чистоты на всхожесть, причем полученное число делят на 100.

$$\text{В данном случае: } \frac{99 \times 95}{100} = 94,05 \text{ \%}.$$

На учебно-опытном участке посев проводят вручную под маркер, первую бороздку под шнур. Семена рассчитывают на каждый рядок, учитывая норму посева на один погонный метр.

При посеве пропашных культур необходимо, чтобы на деланку приходилось целое число рядков, а число растений на всех



делянках было одинаковым и соответствовало требуемой густоте.

Уход за растениями и опытом. Уход за посевами ведут в течение вегетационного периода в соответствии с принятой агротехникой для данной культуры и схемой опыта. Исключения составляют опыты, в которых изучают специфические агрономические приемы или способы по уходу за растениями. Работы по уходу за посевами проводят одними и теми же орудиями и машинами в один срок на всех вариантах опыта.

После выделения защитных полос и дорожек на опыте устанавливаются этикетки, на которых черной краской по белому фону указывают номера делянок и повторностей. Этикетки делают размером 10×15 см и высотой колышка 50–70 см. Ко всему опыту ставится специальная этикетка размером 12×17 см с указанием темы, даты закладки опыта и исполнителей.

Уборка урожая. Урожай собирают определенным способом и в сроки, которые устанавливают на месте, руководствуясь общим требованием к полевым работам на опытах. Уборка всех делянок опыта должна быть произведена в один день и одним и тем же способом. Если это технически не удастся сделать, то в один день убирают обязательно целое число повторений. В том случае, если изучаемые приемы оказывают влияние на сроки созревания (например, при испытании сортов, сроков посева, удобрений и т. п.), то уборку проводят по мере созревания культур, но обязательно одним и тем же способом на всех делянках.

Наблюдения и учеты в период вегетации

Полевые опыты сопровождаются однократными и периодическими количественными и качественными наблюдениями за растениями. В зависимости от задач исследования могут преобладать полевые или лабораторные наблюдения (анализы) или за растениями, или за факторами и условиями их развития. Наблюдать можно бесчисленное количество объектов и явлений, поэтому необходимо ограничить их лишь теми, которые особенно нужны для понимания действия изучаемого фактора и вытекают из задач и схемы опыта. Целенаправленность — важнейшее требование к любому наблюдению, сопутствующему полевому опыту.

Сроки и периодичность наблюдений и учетов определяются целью исследования и техническими возможностями. Для общей характеристики агрофизических свойств почвы исследования лучше проводить в период роста культурных растений, тогда как, например, для учета засоренности почвы семенами сорных растений, учета общего количества растительных остатков и агрохимической характеристики почвы целесообразнее пробы почвы брать весной (до посева) и осенью (после уборки урожая).





При исследовании динамики какого-либо процесса целесообразнее установить календарные сроки для взятия образцов, наблюдений и учетов, отделенных друг от друга равными промежутками времени, не приурочивая их строго к фазам развития растений. Имея динамику процесса через равные промежутки времени, легко установить его напряженность для любого момента. Наиболее важные наблюдения проводят с интервалом 1–2 недели. Если есть основания считать происходящие во времени изменения незначительными, то можно увеличить интервал до 3–4 недель, но с таким расчетом, чтобы за весь период исследования иметь четыре или пять дат.

Наиболее общие наблюдения и учеты, проводимые в опытах, следующие: метеорологические, фенологические наблюдения, биометрические измерения, определение густоты стояния, учет засоренности поля сорняками, определение поражения растений возбудителями болезней и повреждения вредителями, учет урожая и т. д.

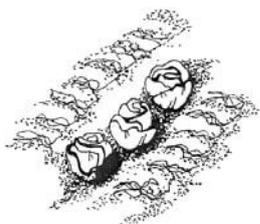
Метеорологические наблюдения. Все процессы, происходящие в почве, и жизнедеятельность самих растений неразрывно связаны с погодными условиями. Их изменчивость по годам вносит свои коррективы в результаты любого полевого опыта. Метеорологические наблюдения включают учет атмосферных осадков, наблюдения за температурой воздуха и почвы, высотой снежного покрова, глубиной промерзания почвы и ее влажностью, за явлениями природы, отрицательно влияющими на рост и развитие растений (заморозки, ливни, засуха и т. д.). Отмечают сроки явлений и характер причиненных растениям повреждений.

Фенологические наблюдения. Все растения в своем индивидуальном развитии, от прорастания до образования новых семян, проходят определенные фазы, которые тесно связаны между собой и последовательно сменяют друг друга. Наступление их устанавливается по внешним морфологическим признакам растения. Каждую фазу фиксируют дважды: первый раз (начало), когда приблизительно 10 % растений достигает данной фазы развития и второй (полная), когда в этой фазе будет более половины всех растений (75 %). Фазы роста и развития отдельных сельскохозяйственных культур приведены ниже.

Злаки — всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение (у ячменя до колошения), спелость. Зерновые имеет три фазы спелости, которые характеризуются степенью вызревания зерна в средней части колоса главного стебля: молочную, восковую и полную.

Зернобобовые — всходы (появление над поверхностью почвы семядольных листочков или первого настоящего листа), бутонизация, цветение, созревание.

Лен — всходы (появление над поверхностью почвы семядольных листочков), фаза «елочки» (появление четырех или пяти пар настоящих листочков), бутонизация, цветение, спелость. Спелость



льна делится на три фазы: зеленая, желтая, полная. Зеленая — стебли зеленые, листья в нижней части стебля желтые, семена содержат бесцветную жидкость. Желтая — стебли и листья желтые, часть коробочек имеет желто-коричневую окраску. Полная — коробочки побуревшие, слегка раскрываются, семена коричневой окраски.

Гречиха — всходы (начало, полные), бутонизация (начало, конец), цветение (начало, массовое), созревание (нижних плодов, массовое).

Корнеплоды — всходы (появление семядольных листьев над поверхностью почвы), появление первой пары настоящих листьев, появление третьей пары настоящих листьев, начало утолщения подсемядольного колена, смыкание ботвы в междурядьях, размыкание ботвы в междурядьях.

Картофель — всходы (появление над поверхностью почвы первых листьев), бутонизация (начало, полная), цветение (начало, полное), увядание ботвы.

Огурцы, тыквы и другие бахчевые — всходы, появление женских цветков, появление мужских цветков, образование завязи, время первого и последнего сборов плодов, начало увядания ботвы.

Томаты — всходы, появление первого настоящего листа, время пикировки, высадка в грунт, начало цветения первой кисти, массовое цветение, появление первых плодов розовой, бланжевой окраски, спелость, время первого и последнего сборов.

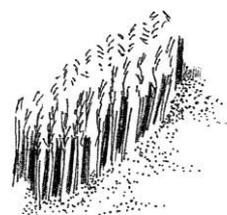
Капуста — всходы, время пикировки рассады, высадка в грунт, образование розетки листьев, начало завязывания кочанов, техническая спелость у 10, 30 и 75 % кочанов, дата каждого сбора.

Фруктовые культуры. Различают два основных периода в годовой жизнедеятельности плодовых культур — вегетация и покой. В течение периода вегетации плодовые растения проходят следующие фенологические фазы: набухание почек (цветковых, ростовых), распускание почек (цветковых, ростовых), цветение (начало — до 25 %, конец — более 75 %), опадение избытка завязей, созревание плодов (отмечается побурение семян), листопад.

Смородина, крыжовник — распускание почек, цветение (начало, массовое, конец), созревание (начало, конец), рост побегов (начинается с распускания вегетативных почек и заканчивается закладкой верхушечной почки), созревание (начало, полное).

Земляника — весеннее возобновление вегетации, бутонизация, цветение (начало, полное, конец), созревание (начало, конец), образование усов.

Учет густоты стояния растений. Густоту стояния растений у культур сплошного сева подсчитывают за вегетацию дважды на одних и тех же стационарных площадках. После появления полных всходов на каждой делянке по диагонали выделяют не ме-





нее четырех площадок общей площадью 1 м² и закрепляют их кольшками.

Для пропашных и овощных культур можно ограничиться подсчетом числа растений в четырех местах делянки на площадках или отрезках по 20–25 растений или гнезд, а всего не менее 100 растений или гнезд на делянке. Делением суммарной площади учетных площадок на число растений в них находят площадь питания на одно растение ко времени уборки.

Подсчет густоты стояния после появления полных всходов дает возможность проверить норму высева и полевую всхожесть и установить фактическую густоту стояния по вариантам опыта. Подсчет перед уборкой позволяет определить количество сохранившихся к уборке растений в процентах к полной всхожести.

$$X = \frac{C \times 100}{B},$$

где: X – процент сохранившихся к уборке растений; B – число растений после полных всходов; C – число растений при уборке.



Биометрические измерения. В период вегетации, по фазам развития, проводят биометрические измерения растений (высота растений, количество стеблей, число вегетирующих листьев и их площадь, масса надземной части, число зерен в колосе и масса тысячи зерен, продуктивная кустистость, количество цветков, количество плодов и др.). На каждой учетной площадке следует проанализировать не менее 25 растений. Приведем ряд примеров.

Лен

№ п/п	Повторность	Вариант	Время посева	Рост стебля в длину			Определение степени полегания	Морфологические исследования				
				фаза «елочки»	бутон	цветение		общая длина соломки	техн. длина соломки	кол-во коробочек на растении	диаметр стебля	

Примечание:

- 1) Общая длина стебля отсчитывается от корневой шейки до коробочек главного стебля.
- 2) Техническая длина стебля — от корневой шейки до разветвлений главного стебля.
- 3) Диаметр стебля измеряется на высоте 10 см.

Ячмень

№ п/п	Повтор- ность	Вариант	Высота растений (см)	Кустистость		Главный колос			Масса зерна с растения	Приме- чание
				общая	продук- тивная	число зерен	масса зерна (г)	длина (см)		

Примечание. Данные морфологического анализа можно записать по приведенной схеме.

Пшеница, рожь, тритикале

№ п/п	Повтор- ность	Вариант	Высота растений (см)	Число стеблей		Анализ главного колоса			Длина колоса	Масса 1000 зерен
				всех	продук- тивных	число колос- ков в колосе	число зерен в колосе	вес зерна с одного колоса		

Примечание. Перед уборкой (восковая спелость), вырвать с корнями по 50 растений каждого сорта и сделать морфологический анализ по приведенной схеме.

Гречиха

Число всходов на 1 м ²	Число растений перед уборкой на 1 м ²	Масса зерна с одного растения	Масса зерна с 1 м ²	Масса соломы с 1 м ²
--------------------------------------	---	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

Примечание: чтобы получить вес зерна с одного растения (графа 3) нужно вес зерна с 1 м² разделить на число растений.

Огурцы

№ п/п	Повтор- ность	Вариант	Длина главного стебля (см)	К-во листьев на главном стебле	Средняя длина междоузлия (см)	К-во боковых побегов 1-го порядка	Наличие побегов 2-го и 3-го порядков	Толщина стебля (см)
----------	------------------	---------	-------------------------------------	--	--	---	---	---------------------------

Примечание. В процессе вегетации проводят морфологическое описание листа, цветка, завязи, растения. К описанию растения приступают в конце вегетации, после сбора плодов.

Учеты поражения растений болезнями и вредителями.
В период вегетации необходимо регулярно наблюдать за появлением вредителей и болезней растений, регистрировать сроки их появления. Количественные методы учета поражения и повреждения растений трудоемки и в большинстве опытов ограничиваются глазомерной оценкой по пятибалльной шкале: 0 – отсутствие



повреждения, 1 – повреждены единичные растения (до 10 %), 2 – повреждено 10–25 % растений, 3 – повреждено 25–50 % растений, 4 – повреждено 50–75 % растений, повреждено 75 % растений.

Учет засоренности посевов. Учет засоренности необходим для оценки условий проведения опыта и отдельных агротехнических приемов, оказывающих влияние на засоренность. При изучении засоренности применяют глазомерный и количественный методы.

Для количественно-вещного учета засоренности используют деревянные рамки размером 0,25 м² (50 × 50 см). На каждой опытной делянке (по диагонали) накладывают четыре учетные рамки. Сорняки внутри рамки выдергивают и подсчитывают каждый вид отдельно, затем их высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают.

Учет урожая, оценка его качества. Учет урожая – заключительная часть полевого опыта. Неправильный и плохой учет урожая может обесценить всю проведенную работу и исказить результаты опыта.

Перед уборкой проводят подготовку к учету урожая. За 2–3 дня до уборки все делянки опыта тщательно осматривают и при необходимости делают выключки. Под выключкой понимается часть опытной делянки, исключенная из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных в процессе работ. Допускаются следующие основания для выключек или браковки целых делянок:

- а) повреждения, вызванные стихийными явлениями;
- б) погрывы и хищения урожая;
- в) ошибки при закладке и проведении опыта.

Уменьшение учетной делянки из-за выключек допускается не более чем на 30–40 %. При уменьшении делянки больше указанного размера и особенно свыше 50 % ее выбраковывают полностью.

Сначала производят уборку защитных полос и всех выключек. Собранный урожай свозят с делянок и опытного участка. Подготовленная к уборке учетная площадь каждой делянки должна быть точно вымерена. Затем приступают к уборке и учету урожая каждой делянки опыта отдельно, все этикетуруется. Очень хорошо иметь деревянные этикетки, где указывается сорт, вариант, повторность. В исследовательской работе используют два метода учета урожая: сплошной и по пробным площадкам. Сплошной метод учета урожая применяют в подавляющем большинстве полевых опытов, он наиболее точен. Весь урожай каждой делянки при сплошном учете взвешивают и учитывают отдельно. Вес урожая пересчитывают на принятую стандартом влажность и засоренность.

Применяемый иногда метод учета урожая пробными площадками или отдельными растениями ненадежен. Сущность метода

и основной недостаток учета по пробным площадкам заключается в том, что урожай взвешивается не со всей делянки, а лишь с нескольких малых пробных площадок (метровок, рядков). Эта выборка, какой бы тщательной она ни была, всегда характеризует урожай лишь приблизительно.

Рассмотрим кратко некоторые особенности учета урожая отдельных культур.

Зерновые и зернобобовые культуры. После скашивания зерновые культуры связывают, снопы пересчитывают, и число их записывают в полевой дневник по каждой делянке отдельно. К снопам каждой делянки прикрепляют деревянные этикетки, на которых простым карандашом указывают опыт, сорт или вариант, номер делянки, номер повторения и число снопов на данной делянке. После просушки снопы обмолачивают. Общий урожай с каждой делянки определяют взвешиванием снопов перед самым обмолотом. Зерно взвешивают после очистки, урожай соломы определяют по разности между общей массой урожая перед обмолотом и массой зерна. Урожай пересчитывают на 14 %-ную влажность и 100 % чистоту. Для определения влажности и засоренности с каждой делянки сразу после взвешивания в полиэтиленовые мешочки отбирают среднюю пробу зерна около 1 кг. Влажность и засоренность определяют одним из методов, предусмотренных стандартом на зерно, и выражают в процентах к сырой навеске. Урожай зерна, полученный при взвешивании, приводят к 14 %-ой влажности и 100 %-ой чистоте по формуле:

$$X = \frac{Y(100 - B)(100 - C)}{(100 - B_1) \times 1000},$$

где: X – урожай при 14 %-ой влажности; Y – урожай без поправки на влажность; B – влажность зерна при взвешивании (%); B_1 – стандартная влажность (%); C – засоренность зерна (%).

Урожайность зерна на опытных делянках при стандартной (14 %) влажности сравнивают с контролем и находят урожайность, которую выражают в ц/га и в процентах к контролю.

Пропашные культуры. Учитывают урожай сплошным методом, взвешивая его с каждой учетной делянки в поле сразу после уборки. При сильной загрязненности клубней и корней берут пробы по 10–20 кг и определяют количество приставшей почвы. Для этого пробы взвешивают до и после мытья и сушки. Эти пробы можно использовать затем для определения качества продукции.

Например, для определения качества урожая картофеля важно знать процент мелких (менее 50 г), средних (50–100 г), крупных клубней (более 100 г), товарность (процентное отношение массы товарных клубней (более 50 г) к общей массе клубней), пораженность клубней болезнями и вредителями, содержание крахмала в клубнях и вкусовые качества; для корнеплодов – среднюю массу





корня, содержание сухих веществ и сахара, процент больных и здоровых корней и т. д.

После уборки урожая подсолнечника и обмолота корзинок семянки взвешивают и отбирают с каждой делянки в полиэтиленовые мешочки средние образцы семянок массой 300 г для определения влажности и засоренности. Урожай семянок приводят к 12 %-ой влажности и 100 %-ой чистоте по формуле, приведенной для зерновых.

Лен. Учет урожайности льна во многом сходен с зерновыми. Различие заключается в том, что урожай волокна определяют по его выходу из пробного снопа.

Скошенные стебли растений связывают в снопы и подсушивают до воздушно-сухого состояния. Затем снопы обмолачивают. Солому взвешивают сразу после обмолота, а семена — после очистки их от сорных примесей. После взвешивания с каждой делянки отбирают средние пробы соломы и семян для определения влажности и засоренности. Соломы льна берут 200–300 г, семян 150–200 г. Урожай соломы льна приводят к 19 %-ой влажности по формуле:

$$X = \frac{Y(100 - B)}{81},$$

где: X — урожай соломы при 19 %-ой влажности; Y — урожай соломы без поправки на влажность; B — влажность соломы при взвешивании (%); 81 — коэффициент пересчета на 19 %-ую влажность.

Урожай семян льна приводят к 12 %-ой влажности по формуле, приведенной для зерновых культур.

Кроме урожая семян и соломы, для полевых опытов со льном важен урожай волокна и оценка его качества. Чтобы установить процентное содержание волокна в соломе, урожай волокна и оценить его качество после обмолота и взвешивания урожая, с каждой делянки отбирают 30–40 стеблей растений, вырезают из их середины отрезки длиной 10 см. Затем 20–30 отрезков взвешивают и кладут в плоскодонную чашку на мокрую оберточную бумагу в один ряд. Отдельно кладут 10 невзвешенных отрезков для определения окончания вылежки. Чашку со стеблями держат при комнатной температуре и ежедневно смачивают. Через 10 дней берут 2–3 невзвешенных стебля и пробуют, как отделяется волокно от стебля. Если костра хорошо стряхивается с волокна, то лен вылежался, если нет, то через два дня нужно взять новую пробу. Когда лен готов, вынимают взвешенную пробу, высушивают до воздушно-сухого состояния и выделяют волокно. Выход волокна плохой, если он менее 15 %, удовлетворительный — 15–20 %, хороший — более 20 %.

Однолетние и многолетние травы. Урожай клевера, люцерны, вики, злаковых трав учитывают сплошным методом. После скашивания трав зеленую массу на делянках или сразу взвешивают или, если позволяет погода, высушивают, а затем взвешивают



сено. Чаще всего зеленую массу взвешивают сразу. А для определения урожая сена с каждой делянки отбирают пробный снопок массой не менее 2 кг. Пробные снопки используют для определения влажности зеленой массы, определения ботанического состава травостоя и показателей качества урожая.

Урожай сена приводят к стандартной 16 % влажности:

$$X = \frac{Y(100 - B)}{84},$$

где: X – урожай сена при 16 %-ной влажности; Y – урожай зеленой массы трав; B – влажность зеленой массы при взвешивании (%); 84 – коэффициент пересчета на 16 %-ую влажность.

Овощные культуры. Урожай овощных культур учитывают сплошным методом, взвешивая овощи со всей учетной делянки. Урожай многосборных культур (огурцы, томаты, перец, цветная капуста, горох) убирают регулярно при наступлении технической спелости, не допуская перезревания и огрубления продукции. Одноборовые культуры (лук, корнеплоды, среднеспелая и позднеспелая капуста, тыква и др.) убирают в один день со всех делянок опыта. Всю валовую продукцию делят на две группы: товарную (стандартную) и нетоварную (нестандартную). К нестандартной продукции относят треснувшие, больные, поврежденные вредителями и болезнями овощи.

Документация и отчетность по полевому опыту

Для правильного объяснения результатов опыта необходимо регистрировать все проводимые на опытном участке агротехнические работы, учеты и наблюдения за условиями внешней среды и растениями. Опытная работа требует строгой, объективной документации. Главным документом полевого опыта является дневник, занесенные в него данные составляют основу всех дальнейших расчетов. Поэтому ведение дневника должно быть тщательным, а записи точно отражать все работы в опыте. Записи в дневнике полевого опыта следует вести простым карандашом или ручкой с пастой и все правки обязательно оговаривать. Дневник нужно хранить в течение ряда лет, так как опыты могут быть многолетними и длительными, и записи результатов наблюдений предыдущего года будут необходимы для сопоставления с данными текущего года.

Примерная форма записей в дневнике следующая:

1. Ф.И.О. исследователя, школа, класс, телефон.
2. Название, цели и задачи опыта.
3. Культура, сорт
4. Биологические особенности культуры.
5. Схема и план размещения опыта.





6. Характеристика и история опытного участка (почва, предшественник, удобрение и т. д.).
7. Почвенная, агрохимическая, агрофизическая и другие характеристики участка.
8. Программа и методика исследований.
9. Перечень всех работ от уборки предшествующей культуры до уборки урожая в опыте (с указанием сроков, способов и качества выполнения).
10. Результаты всех анализов и наблюдений в виде таблиц, графиков и уравнений.
11. Результаты учета урожая: а) по делянкам; б) приведенного к стандартной влажности.
12. Результаты статистической обработки урожая и важнейших анализов.
13. Предварительные выводы и предложения.

Заключительный этап экспериментальной работы — ее оформление в виде отчета, статьи. Литературное оформление — это изложение оригинальных мыслей автора в их логической последовательности. Непременное требование к экспериментальным данным, которые излагаются в результативной части, — их точность и достоверность.

Статистическая обработка результатов исследований

Чтобы по результатам полевого опыта сделать правильное заключение, применяется статистическая обработка результатов исследований. Она позволяет установить границы возможных случайных колебаний и оценить существенность разницы между вариантами.

Любой опыт содержит в себе некоторый элемент случайности, то есть экспериментальные ошибки. Экспериментальная ошибка — неотделимая часть научного опыта, и правильная оценка этой ошибки, то есть степень влияния на урожай других причин, помимо изучаемых — важная задача математической обработки данных.

В различных вариантах наблюдений учёт проводится в трехкратной повторности. В качестве вариантов могут служить растения, выращенные с применением различных приёмов агротехники, растения различной степени поражения вредителями и болезнями, растения различных сортов и т. д. С целью получения достоверных данных изучение желательно провести на 30–50 модельных особях. По результатам измерений определяются средняя арифметическая и ошибка средней арифметической. Результаты измерений сравниваются между собой по критерию Стьюдента.

Средняя арифметическая вычисляется следующим образом:

$$M = \frac{\sum x}{N},$$

где: M – средняя арифметическая, $\sum x$ – сумма всех вариантов ряда, N – объем выборки.

Ошибка средней: $mM = \frac{\delta}{\sqrt{N}},$

где: mM – ошибка средней, δ – среднее квадратичное отклонение, N – объем выборки.

Достоверность средней арифметической:

$$t = \frac{M}{mM},$$

где: t – критерий Стьюдента, M – средняя арифметическая, mM – ее ошибка.

Среднее квадратичное отклонение:

$$\delta = +\sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{N - 1}},$$

где: δ – среднее квадратичное отклонение, x – варианты, M – средняя арифметическая, N – объем выборки.

Сигма может быть рассчитана и так:

$$\delta = +\sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - M^2\right) \frac{N}{N - 1}},$$

где x^2 – сумма квадратов вариантов, N – объем выборки, M – средняя арифметическая данного ряда.

При больших выборках множитель $\frac{N}{N - 1}$ можно принять за 1.

Для оценки разницы средних, полученных для совокупностей, используют формулу:

$$td = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

где: M_1 и M_2 – средняя первой и второй совокупностей, m_1 и m_2 – соответствующие ошибки средних, td – критерий Стьюдента. Разница достоверна, если полученное значение td больше 1,96 (уровень значимости = 95 %) для больших выборок (120 значений и выше) или 2,042 при количестве значений 30 и выше. 

