

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА  
(Калужский филиал)

**З.С. Федорова, С.Д. Малахова**

# **Физиология растений и агрометеорология**

**Учебное пособие для проведения практики**

*Рекомендовано Научно-методическим советом по сельскому хозяйству  
для использования в учебном процессе в качестве учебного пособия,  
содержащего сведения, необходимые для формирования  
профессиональных компетенций при подготовке бакалавров  
по направлению 35.03.04 «Агрономия»*

Обнинск  
2019

УДК 581.1:631.92  
ББК 41.273+40.21

**З.С. Федорова, С.Д. Малахова.** Физиология растений и агрометеорология. Учебное пособие для проведения практики. **Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2019. 62 с.**

**ISBN 978-5-901579-86-2**

*Рецензенты:*

***Маргарита Викторовна Тютюнькова** – кандидат биологических наук, доцент кафедры химии Калужского государственного университета им. К. Э. Циолковского;*

***Алексей Андреевич Слипец** – кандидат биологических наук, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров Калужского филиала РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева.*

Учебное пособие предназначено для студентов факультета агротехнологий, инженерии и землеустройства по направлению подготовки «Агрономия» для прохождения учебной практики по физиологии растений и агрометеорологии одновременно.

ISBN 978-5-901579-86-2



© Федорова З. С., Малахова С. Д., 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Характеристика метеорологических условий проведения наблюдений .....	6
2. Осеннее обследование посевов озимых культур .....	9
3. Основные причины повреждения и гибели озимых культур .....	13
4. Агрометеорологическая характеристика зимнего периода .....	19
5. Методы определения жизнеспособности озимых культур в зимний период .....	21
6. Оценка условий перезимовки озимых культур .....	27
7. Наблюдения и общая визуальная оценка состояния посевов сельскохозяйственных культур .....	34
8. Наблюдения за фазами развития зерновых культур и многолетних трав .....	37
9. Определение содержания воды и сухого вещества в растительном материале .....	43
10. Определение темпов роста растений по нарастанию вегетативной массы у зерновых культур .....	45
11. Биологический контроль за формированием элементов продуктивности у зерновых культур .....	48
12. Определение элементов минерального питания в отдельных частях растений .....	52
Контрольные вопросы для проведения текущей аттестации .....	55
Словарь основных терминов (глоссарий) .....	58
Список литературы .....	62

## ВВЕДЕНИЕ

Учебные практики являются необходимой составной частью подготовки специалистов аграрного профиля. В современных образовательных стандартах на долю учебных практик отводится большое количество времени, практики выделяются в отдельный блок.

Учебная практика по физиологии растений и агрометеорологии является составной частью дисциплин на агрономическом факультете. Такая практика необходима для проведения одновременных (сопряжённых) наблюдений за физиологическим состоянием растений и влиянием на их рост и развитие метеорологических условий.

Цель практики – формирование у студентов системных знаний о сущности процессов жизнедеятельности растений, их зависимости от условий внешней среды и умений по диагностике физиологического состояния посевов.

В задачи практики входит обучение методам: агроклиматической оценки природно-климатических ресурсов; диагностики дефицита элементов минерального питания; биологического контроля за формированием элементов продуктивности у зерновых культур; изучения физиологического состояния сельскохозяйственных культур в агроценозах в зависимости от почвенно-климатических и погодных условий. Кроме того, в ходе практики студенты приобретут некоторые навыки исследовательской работы.

Погодные условия могут существенно влиять на фотосинтетическую деятельность посевов, минеральное питание, интенсивность роста и развития, формирование вегетативных и генеративных органов растений. Наблюдения в полевых условиях за физиологическим состоянием агроценозов в изменяющихся погодных условиях дают возможность агроному проанализировать текущую ситуацию и внести необходимые коррективы в применяемую технологию возделывания той или иной культуры.

Проведение практики одновременно по физиологии и агрометеорологии целесообразно, так как для исследований физиологического состояния растений в агроценозах необходим конкретный анализ продолжительности воздействия метеорологических факторов и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур.

В ходе практики студенты проводят оценку перезимовки озимой пшеницы, отмечают основные причины повреждения и гибели зимующих зерновых и многолетних трав, составляют агрометеорологическую характеристику условий осеннего и зимнего периода в сравнении с климатической нормой, ведут наблюдения за фазами роста зерновых культур и многолетних трав, проводят визуальную диагностику элементов минерального питания и делают заключение о внесении минеральных удобрений, знакомятся с методами биологического контроля за формированием элементов продуктивности у зерновых культур, методами определения жизнеспособности озимых культур в зимний период.

Учебная практика проводится на базе опытного поля Калужского филиала РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Форма проведения учебной практики – аудиторная, лабораторная, полевая. Во время проведения практики студенты ведут дневник, где делают необходимые записи по каждому дню практики. По окончании практики студенты сдают зачёт.

## 1. Характеристика метеорологических условий проведения наблюдений

Характеристика метеорологических условий осеннего периода сводится к оценке общих сведений об условиях вегетации озимых осенью. В Нечернозёмной зоне обращают внимание на дату прекращения вегетации и температурный режим. По средним многолетним данным осенью переход среднесуточной температуры через 5 °С принимается за дату прекращения вегетации, а переход через 0 °С в сторону отрицательных значений – за начало зимы.

Агрометеорологическая характеристика зимнего периода проводится по совокупности метеорологических факторов и основных параметров, определяющих условия перезимовки и состояние зимующих сельскохозяйственных культур на данной территории в период с ноября по март текущего года (табл. 1).

Таблица 1

### Агрометеорологическая характеристика холодного периода (ноябрь – март)

Параметры	Климатическая норма	Текущее значение
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С (дата)	-42 (январь)	
Дата образования устойчивого снежного покрова	25.10	
Дата окончания снеготаяния	09.04	
Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом, дней	137	
Максимальная высота снежного покрова за зиму, см	44	
Количество дней с оттепелью (декабрь – март)	35	
Минимальная температура почвы на глубине узла кущения (3 см) °С	-	
Наибольшая глубина промерзания почвы, см	26	

Агрометеорологическая характеристика весеннего периода включает основные агрометеорологические данные территории (тепло, влага), которые определяют условия роста, развития и

продуктивность сельскохозяйственных культур в период вегетации (табл. 2).

Таблица 2

**Агрометеорологическая характеристика весеннего периода  
(апрель – май)**

Параметры	Климатическая норма	Текущее значение
Дата последнего заморозка весной	15.04–19.04	
Дата начала периода активной вегетации (переход температуры через 10 °С)	07.05	
<b>Даты перехода среднесуточной температуры:</b>	09.04	
Выше 0 °С	06.04	
Выше 5 °С	21.04	
Выше 10 °С	07.05	
<b>Средняя температура воздуха, °С:</b>	-	
<i>Апрель</i> 1 декада	0,9	
2 декада	4,3	
3 декада	7,9	
<i>За месяц</i>	4,4	
<i>Май</i> 1 декада	10,3	
2 декада	12,2	
3 декада	14,0	
<i>За месяц</i>	12,2	
<b>Сумма осадков, мм:</b>		
<i>Апрель</i> 1 декада	12	
2 декада	13	
3 декада	15	
<i>За месяц</i>	40	
<i>Май</i> 1 декада	17	
2 декада	18	
3 декада	20	
<i>За месяц</i>	55	

Текущие измерения температуры и влажности воздуха проводятся при помощи аспирационного психрометра и вносятся в табл. 3.

**Метеорологические условия проведения исследований**

Дата	Объект исследований	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Освещённость посева, лк

Измерение освещённости осуществляется с помощью специальных приборов – люксметров. Люксметры используются для измерения освещённости, создаваемой как искусственными, так и естественными источниками освещения. Единица измерения освещённости – люкс (лк) – отражает количество светового потока, падающего на единицу поверхности.

Люксметр Ю-116 предназначен для измерения освещённости, создаваемой люминесцентными лампами, лампами накаливания и естественным светом.

Прибор состоит из измерителя (гальванометр) и селенового фотоэлемента с насадками. Принцип работы: под действием света в селеновом фотоэлементе возникает электроток силой тока, пропорциональной силе падающего света, который регистрируется магнитно-электрическим измерителем. Показания прибора выражаются в люксах (лк).

На панели прибора имеются две шкалы (от 0 до 1 и от 0 до 30 лк) и две кнопки переключения диапазонов с табличкой пересчёта освещённости на тип применяемой насадки. На каждой шкале точкой обозначено начало отсчёта измерений: 1-й диапазон – от 20 лк, 2-й диапазон – от 5 лк.

На боковой стенке прибора имеется полюсная вилка для присоединения фотоэлемента. Селеновый фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе.

Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненная из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль.

Насадка обозначена буквой «Н» и применяется только в сочетании с поглощающими насадками «М», «Р», «Г». Каждая из этих трёх насадок совместно с насадкой «К» образует три поглотителя с коэффициентом ослабления: «КМ» – в 10 раз, «КР» – в 100 раз, «КГ» – в 1 раз, что значительно расширяет диапазон измерений.

### *Порядок выполнения измерений*

1. Выбрать и установить поглощающие насадки (в помещении обычно начинают с насадок «КР», на улице – с насадок «КГ»).

2. Подсоединить фотоэлемент к измерителю (соблюдать полярность 1).

3. Фотоэлемент поместить на исследуемую поверхность (плоскость).

4. Нажать правую кнопку и снять показания прибора по шкале 20–100:

а) если стрелка находится в пределах от 0 до 20 лк, нажать левую кнопку показания по шкале 5–30 лк;

б) если стрелка находится в пределах от 0 до 5 лк, необходимо перейти на насадку «КМ».

5. Отсчёт показаний. Показания прибора умножаются на степень ослабления насадки и поправочный коэффициент (для ламп накаливания – 1,0; для люминесцентных ламп ЛБ – 1,15; ЛДЦ – 0,95; ЛХБ – 1,03).

*Например:* люминесцентные лампы белые ЛБ, показания прибора 36 лк, насадка «КР»,  $E = 36 \times 10 \times 1,15 = 414$  лк.

6. Выключить прибор, отсоединить фотоэлемент, снять насадки.

**Задание.** По данным метеорологической станции города Калуги заполнить таблицы 1–3, сделать выводы.

## **2. Осеннее обследование посевов озимых культур**

Одной из основных целей осеннего и весеннего обследования состояния зимующих культур является получение информации для оценки видов на урожай или прогноза состояния посевов на ближайшую или отдалённую перспективу. По зависимостям, найденным Т. А. Максименковой, зная только средние областные значения густоты стояния растений во время прекращения вегетации, можно определить площадь (в процентах), на которой посеы находятся в плохом состоянии.

По исследованиям В. А. Моисейчик, состояние озимых посевов после прекращения вегетации осенью имеет большое значение для их перезимовки. Слаборазвитые и переросшие посевы значительно сильнее повреждаются при неблагоприятных условиях. Критическая температура их вымерзания на 1–3 °С выше температуры вымерзания нормально развитых растений. Слаборазвитые посевы с кустистостью менее двух побегов вследствие малой высоты растений и небольших запасов питательных веществ в большей степени подвержены вымоканию, быстрее погибают под притёртой к почве ледяной коркой. Отсутствие вторичных корней у нераскутившихся озимых посевов приводит к более сильному выпиранию растений при неоднократном замерзании и оттаивании верхнего слоя почвы и более сильному повреждению посевов пыльными бурями. Переросшие посевы (более пяти боковых побегов, высота более 25 см) имеют большую растительную массу, загущенный стеблестой и поэтому сильнее, чем нормально развитые посевы, подвержены выпреванию и повреждению различного рода вирусными и грибковыми заболеваниями в ранневесенний период.

*Осеннее обследование* посевов озимых зерновых культур (рожь, пшеница, тритикале, ячмень) и озимого рапса проводится в конце осени, после того, как в течение пяти дней подряд средняя суточная температура воздуха оказывается ниже 5 °С (на Северном Кавказе – ниже 3 °С). В южных районах в годы с поздним переходом температуры воздуха через 3 °С обследование проводится 10 ноября. В случае возврата тепла на продолжительное время (на 10 дней и более) осеннее обследование проводится повторно.

Во время осеннего обследования посевов озимых зерновых культур и озимого рапса на каждом наблюдательном участке определяются: фаза развития растений, количество настоящих листьев в розетке рапса, высота растений, густота стояния растений, густота стеблестоя, кустистость (у зерновых), степень распространения сорняков, повреждения растений неблагоприятными метеорологическими явлениями, сельскохозяйственными вредителями и болезнями, оценка состояния посевов, глубина залегания узла кущения и состояние корневой системы (у зерновых), площадь поля с невзошедшими и погибшими посевами, причины отсутствия всходов или их гибели.

Так, для определения густоты стояния растений (по их кустистости) и состояния корневой системы в непосредственной близости от мест определения густоты стояния выкапывается по 10 растений без выбора (всего 40). Затем у каждого десятка выкопанных растений подсчитывается общее количество стеблей (вместе главных и боковых). Средняя кустистость определяется делением общего количества стеблей у выкопанных растений на 40 (результат округляется до первого знака после запятой). Затем делением количества стеблей, подсчитанных на 1 м<sup>2</sup>, на среднюю кустистость одного растения получают количество растений на 1 м<sup>2</sup>. Пример записи наблюдений в табл. 4 .

Таблица 4

**Густота стояния растений озимой пшеницы**

Дата	Элемент учёта		Количество растений или стеблей				Среднее значение	
			Повторность					
27.10	Наименование	Значение на единице площади	1	2	3	4		
	Количество стеблей, шт./м <sup>2</sup>	488,0	486	492	490	484		488
	Количество стеблей у 10 выкопанных растений в каждой повторности		13	14	14	12		13
	Кустистость	1,3						
	Количество растений на 1 м <sup>2</sup>	375,0						

Далее у выкопанных 40 растений подсчитывают количество растений, у которых нет узловых корней, менее чем по 5 узловых корней и по 5 (и более) узловых корней, а также их процентное соотношение. После этого у каждого выкопанного растения измеряют глубину залегания узла кушения (расстояние от узла кушения до того места на главном побеге, где стебель теряет зелёную окраску) и сантиметрах, округляя до целого числа. Если растения имеют два узла кушения, то измеряется глубина залегания только второго (верхнего) узла.

Пример заполнения таблицы по состоянию корневой системы при осеннем обследовании озимых зерновых культур в табл. 5.

Таблица 5

**Состояние корневой системы озимой пшеницы  
(на дату 27.10)**

Параметр	Суммарное значение параметра		Номер растения	Значение параметра в повторности: шт. – для количества растений, см – для глубины			
	%	шт		Повторность			
				1	2	3	4
Количество растений:							
без узловых корней	48	19		0	4	7	8
с узловыми корнями <5	50	20		10	5	3	2
с узловыми корнями ≥5	2	1		0	1	0	0
Глубина залегания узла кущения:							
1 см	23	9	1	2	3	1	3
2 см	20	8	2	3	3	2	4
3 см	25	10	3	3	5	1	4
4 см	17	7	4	3	6	2	5
5 см	10	4	5	2	6	2	3
≥ 6 см	5	2	6	1	4	1	2
-	-	-	7	4	5	2	1
-	-	-	8	3	4	3	1
-	-	-	9	4	4	1	1
-	-	-	10	2	1	3	5
-	-	-	Сумма	27	41	18	29

Площадь поля с погибшими и невзошедшими посевами определяется визуально путём осмотра видимой поверхности поля и состояния растений. При этом наблюдатель должен обойти всё поле и оценить, на какой части поля (в процентах от общей площади) посева погибли и не взошли (суммарно).

*Весеннее обследование* состояния озимых зерновых культур и озимого рапса проводится через 10 дней после возобновления

вегетации на тех же наблюдательных участках, на которых проводилось осеннее обследование посевов. Во время весеннего обследования определяются те же параметры, что и во время осеннего, кроме глубины залегания узла кущения и состояния корневой системы. Эти параметры весной не определяются.

Определение густоты стояния растений осенью и весной необходимо для выявления степени изреженности посевов в течение зимы. Сравнение результатов осеннего и весеннего подсчёта густоты позволяет установить количество погибших за зиму растений. Например, если осенью в рамке было 75 живых растений, а весной осталось 60, значит, за зиму погибло 15 растений. Следовательно, изреженность посевов к весне составляет  $(15 : 75) \cdot 100 = 20 \%$ .

***Задание.** Провести осеннее обследование посевов озимой пшеницы, заполнить таблицы 4 и 5, сделать выводы.*

### **3. Основные причины повреждения и гибели озимых культур**

В основных районах возделывания озимых зерновых культур холодный период года является опасным для жизни растений. Зимой растения, находясь в состоянии вынужденного покоя, непрерывно подвергаются воздействию метеорологических факторов, которые не только прямо влияют на перезимовку растений, но и определяют динамику их устойчивости к неблагоприятным условиям.

Основными причинами гибели растений озимых культур в период зимовки являются:

1) действие сильных морозов при небольшой высоте или полном отсутствии на полях снежного покрова, вызывающее вымерзание растений;

2) длительное пребывание растений под большим снежным покровом, образовавшимся на полях в начале зимы при слабом промерзании почвы, что ведёт к выпреванию;

3) застой талых вод на полях и полное затопление посевов в пониженных местах рельефа, вызывающие вымокание растений;

4) длительное залегание на полях с озимыми притёртой к почве ледяной корки, вызывающее механическое повреждение и удушение растений;

5) неоднократное оттаивание и замерзание почвы в районах с неустойчивым характером зимы, приводящее к механическому повреждению корней и выпиранию узлов кушения растений;

6) выдувание и механическое повреждение растений пыльными бурями;

7) зимняя засуха, вызывающая сильное иссушение растений при длительном отсутствии на полях снежного покрова, отрицательной температуре воздуха и глубоком промерзании почвы.

Наиболее часто на больших площадях повреждение и гибель озимых культур происходят в результате вымерзания и выпревания растений. Значительно меньше гибнет растений вследствие воздействия притёртой к почве ледяной корки, вымокания, а также выпирания и выдувания.

Коротко рассмотрим основные причины гибели озимых культур.

*Вымерзание растений* – главная причина гибели озимых культур на больших площадях. Оно происходит в результате понижения температуры почвы на глубине узла кушения до пределов, равных и ниже так называемой «критической температуры» вымерзания растений. Такое понижение температуры почвы на глубине узла кушения озимых наблюдается в периоды сильных морозов при отсутствии или небольшом снежном покрове на полях и глубоком промерзании почвы.

Агрометеорологические условия, при которых озимые посевы вымерзают, создаются в первой половине зимы до образования на полях достаточного для сохранения растений от морозов снежного покрова. Во второй половине зимы вымерзание озимых культур возможно лишь в отдельные годы в районах с неустойчивым снежным покровом.

Вымерзание растений внешне характеризуется изменением тургора клеток, побурением, мацерацией и отмиранием тканей. Степень повреждения зависит от интенсивности и длительности действия опасных морозов и состояния самих растений. Решающим фактором при вымерзании является степень повреждения морозами узла кушения.

Основным агрометеорологическим показателем условий вымерзания озимых культур является минимальная температура

почвы на глубине залегания узла кушения растений. Понижение её до критической температуры вымерзания растений даже в течение одного дня, особенно после оттепели, приводит к значительному изреживанию посевов, а более длительное (до трёх дней и более) и интенсивное понижение – к полной гибели посевов.

*Выпревание растений* озимых культур представляет собой весьма сложный процесс. Оно происходит в результате длительного пребывания растений при температуре, близкой к нулю, без света, под мощным снежным покровом и неглубоком промерзании почвы. При таких условиях растения усиленно расходуют на дыхание запасы питательных веществ, истощаются и легко подвергаются различным заболеваниям, от которых окончательно погибают.

Гибель растений наступает не сразу по израсходованию запасов сахаров, а позднее, так как растения способны в некоторой степени пополнять эти запасы за счёт превращения крахмала в сахара. Но при этом происходит голодание растений (расход белков и распад тканей клеток растений) и наступает вторая фаза выпревания озимых. Растения начинают расходовать белки, когда у них остаётся всего 2–4 % сахаров.

Это происходит обычно в конце зимы и в период снеготаяния. Расход белков является опасным для жизни растений ещё и потому, что выделяющееся при этом тепло создает благоприятные условия для развития микроорганизмов и роста мицелия различных грибов. Последние, быстро и мощно развиваясь на голодающих растениях, резко ускоряют расход белков и приводят к гибели сначала листьев, касающихся почвы, затем основания побегов, а в дальнейшем и узлов кушения озимых. Чем продолжительнее период голодания, тем больше степень повреждения растений от выпревания. Результаты анализа материалов многолетних наблюдений метеостанций позволили сделать вывод, что все или большинство растений гибнут при продолжительности периода голодания не менее 30–40 дней и длительном периоде снеготаяния. Если, израсходовав сахара, растения сразу освобождаются от снежного покрова и устанавливаются благоприятные условия для их роста, озимые посевы сохраняются почти полностью.

Период развития снежной плесени на растениях, повреждения и гибели от неё растений является третьей, завершающей фазой выпревания озимых. При благоприятных условиях для

развития мицелия грибов (температура под снегом – около 0 °С и выше и влажность воздуха – около 90 %) гибель растений наступает в течение нескольких дней. Если условия для развития снежной плесени весной оказываются плохими (снежный покров быстро сходит, температура воздуха значительно повышается, а относительная влажность понижается), то поражаются только листья и частично побеги. В дальнейшем такие растения развиваются медленно, но при хорошем уходе весной могут дать некоторый урожай.

Исследование физиологических процессов выпревания озимых посевов и агрометеорологических условий позволило В. А. Моисейчику (1975) сделать вывод, что гибель озимых при выпревании в основном определяется состоянием растений осенью, температурой почвы на глубине узла кущения и на поверхности почвы под снегом, глубиной промерзания почвы и продолжительностью сохранения на полях мощного снежного покрова.

Таким образом, условия для выпревания создаются при высокой температуре почвы на глубине узла кущения, раннем установлении на полях мощного снежного покрова и большой его высоте, неглубоком промерзании почвы. Вымерзание растений наблюдается, наоборот, при низкой температуре почвы, отсутствии снежного покрова или небольшой его высоте и глубоком промерзании почвы. Вымерзание – явление кратковременное, гибель растений происходит в течение 1–3 суток. Выпревание, наоборот, – длительный процесс, гибель озимых наблюдается, если неблагоприятные условия сохраняются не менее чем в течение 80–100 дней. Выпреванию озимых культур часто сопутствует вымокание растений.

*Вымокание растений* озимых культур наиболее часто происходит на тяжёлых суглинистых почвах в результате затопления их тальми водами весной. Физиологические процессы, приводящие к повреждениям и гибели растений озимых культур под водой, почти совсем не исследованы. Затопленные растения попадают в условия, при которых у них нарушаются процессы дыхания и фотосинтеза.

Вымокание посевов, так же как и выпревание, происходит прежде всего в пониженных местах рельефа, у кустарников и опушек леса. Накопление воды в микропонижениях рельефа полей обычно обусловлено началом снеготаяния и тесно коррелируется

с датой перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С. Конец периода затопления растений тесно связан с датой полного оттаивания почвы, при котором вода сбрасывается в нижние слои почвы.

Наиболее сильное вымокание озимых наблюдается при переувлажнении почвы осенью и выпадении большого количества осадков зимой, глубоком промерзании почвы и позднем её оттаивании весной. При этих условиях период затопления растений оказывается длительным и глубина затопления растений большой. Вымокание озимых в такие годы бывает на большей площади.

При неглубоком промерзании почвы, после длительного залегания на полях мощного снежного покрова, растения уже до затопления талыми водами истощаются в результате выпревания. Такие растения подвергаются вымоканию значительно быстрее и погибают в течение меньшего периода затопления. В этих случаях причиной гибели озимых культур следует считать не только вымокание, но и выпревание.

*Ледяная корка* образуется в тех случаях, когда зимой при интенсивных оттепелях или жидких осадках в отрицательных формах рельефа полей скапливается вода, которая при понижении температуры воздуха замерзает. Притёртая к почве ледяная корка смерзается с кристаллами льда, возникшими в верхнем слое почвы. Растения при длительном пребывании под притёртой к почве ледяной коркой, покрывающей всю их надземную массу, повреждаются, а иногда и полностью погибают. Степень изреженности растений зависит от толщины притёртой ледяной корки и продолжительности её залегания.

*Выпирание растений* озимых культур происходит в результате неоднократного оттаивания и замерзания верхнего слоя почвы. При значительном переувлажнении верхнего слоя почвы, особенно при интенсивных оттепелях зимой, сопровождающихся дождями и резкими похолоданиями, в нём образуются ледяные прослойки. Они приподнимают верхний слой почвы и находящиеся в нём части растений. При наступлении следующей оттепели или повышении температуры воздуха весной почва оттаивает и оседает, а узел кущения и часть корневой системы растений остаются над её поверхностью. В дальнейшем они подсыхают, обезвоживаются и погибают вследствие влияния

различного рода неблагоприятных факторов (морозов, механических повреждений ветром, ледяной коркой и т. п.).

Весной растения, подвергшиеся выпиранию, погибают вследствие резких колебаний температуры и обезвоживания тканей (высыхания).

Наиболее интенсивно повреждаются растения в результате выпирания на переувлажнённых, поздно вспаханных тяжёлых, бесструктурных почвах в тех случаях, когда между обработкой почвы и севом озимых проходит не более 10–20 дней. Выпиранию на таких почвах особенно подвержены растения со слаборазвитой корневой системой. Хорошо раскустившиеся озимые, имеющие большое количество горизонтально расположенных в почве корней, подвергаются выпиранию значительно реже. Корневая система их поднимается и опускается одновременно с выпучиванием и оседанием верхнего слоя почвы. Растения, имеющие только один вертикальный зародышевый корешок или небольшие придаточные корни, при оседании почвы не возвращаются в своё прежнее положение. Силы давления образующегося в почве льда действуют на корни таких растений в направлении, способствующем большему выталкиванию их из почвы.

*Выдувание* озимых культур чаще всего происходит при пыльных бурях в степных районах страны. Пыльные бури возникают в результате сильных ветров (более 10–12 м/с), которые с большой скоростью уносят частицы верхнего слоя почвы, оголяя узлы кущения и корневую систему. При переносе значительного количества почвы часть посевов озимых культур, особенно у лесных полос и других препятствий, заносится ею и погибает. Когда ветер достигает 15–25 м/с и более, несущиеся песчинки почвы наносят растениям механические повреждения: разрывают и срывают листья, ломают побеги, разрушают оголённые узлы кущения. Выдувание в нашей стране наблюдается на Северном Кавказе, в Ростовской и Волгоградской областях, в Центрально-Чернозёмной зоне.

*Зимняя засуха.* Зимой и ранней весной при отсутствии на полях снежного покрова озимые культуры могут страдать от недостатка влаги. Зимняя засуха возникает при замёрзшей почве, из которой подача воды к наземным частям растений практически невозможна.

При отсутствии на полях снежного покрова, повышении температуры воздуха днем до 0 °С и более или при интенсивной солнечной радиации в ясные дни создаётся большой градиент температуры в различных частях растений. Это приводит к усиленному испарению воды листьями и высыханию их, так как вода из мёрзлой почвы не может поступать в необходимом растением количестве. В результате обезвоживания листьев повышается концентрация клеточного сока, сильное пересыхание тканей приводит к коагуляции белков в клетках, происходит сначала высыхание надземных органов, а затем и узлов кущения, растения погибают. Особенно страдают от недостатка влаги при таких условиях слаборазвитые озимые, с небольшой корневой системой, не достигающей талых слоёв почвы. Зимняя засуха часто способствует выпиранию и выдуванию озимых культур.

*Задание. Описать основные причины гибели озимых культур в условиях Калужской области.*

#### 4. Агрометеорологическая характеристика зимнего периода

Для проведения анализа условий холодного периода сравнивают с нормой хода температуры воздуха, даты перехода температуры ниже 0 °С и продолжительность холодного периода, а также выпадения первого снега, образования устойчивого снежного покрова, окончания снеготаяния (табл. 6).

Таблица 6

##### Многолетние средние характеристики снежного покрова по данным метеорологической станции г. Калуги

Параметр	Декада	Месяцы года					
		10	11	12	01	02	03
Высота снежного покрова на последний день декады, см	1						
	2						
	3						
Плотность снежного покрова на последний день декады, г/см <sup>3</sup>	1						
	2						
	3						

Параметр	Декада	Месяцы года					
		10	11	12	01	02	03
Запасы воды в снеге покрова на последний день декады, мм	1						
	2						
	3						

Характеризуют на основании полученных данных зимний период и условия перезимовки зимующих культур с оценкой возможного их повреждения (вымерзания, выпревания и других видов опасных явлений).

### Нормативные агрометеорологические показатели условий перезимовки

Характеристика условий перезимовки	Критическая температура на глубине узла кущения, °С
Культура	
<i>Вымерзание</i>	
Озимая рожь	-20...-22
Озимая пшеница	-16...-18
Озимый ячмень	-12...-15
Клевер	-16...-20
<i>Выпревание</i>	
возможно при сочетании условий: • высота снежного покрова > 30 см, • глубина промерзания почвы < 50 см, • температура воздуха выше -5 °С, • продолжительность периода – 3–4 декады.	

**Задание.** Проанализировать метеорологические данные текущего года, сравнить со средними многолетними данными и сделать заключение об условиях перезимовки сельскохозяйственных культур в Калужской области.

## 5. Методы определения жизнеспособности озимых культур в зимний период

Огромный ущерб народному хозяйству наносит гибель посевов зимой, значительно уменьшая валовой сбор зерна и вызывая большие затраты на пересев погибших озимых весной яровыми культурами. Для подготовки к пересеву и ликвидации большого напряжения в весенних полевых работах планирующие и сельскохозяйственные органы должны с большой заблаговременностью знать по каждой области, краю, республике и в целом по России размеры площадей, на которых ожидается гибель озимых к моменту возобновления их вегетации. Сокращение потерь от гибели посевов зимой возможно также за счёт дифференцированного применения агротехники в зависимости от сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий в каждом конкретном году.

**Определение жизнеспособности** зимующих сельскохозяйственных культур осуществляется четырьмя методами: *отращиванием растений в монолитах почвы, отращиванием проб в воде, тетразольным экспресс-методом и методом биологического контроля*. Для определения жизнеспособности озимых зерновых культур применяются все перечисленные методы, для озимого рапса и многолетних трав – три первых. Все они являются визуальными. Точность определения в значительной степени зависит от опыта наблюдателя.

Наибольшую точность определения жизнеспособности озимых зерновых культур, озимого рапса и многолетних трав обеспечивает метод отращивания растений в монолитах почвы. Он является стандартным и используется как контрольный при оценке возможности применения любого другого метода. Его недостатком является то, что среди перечисленных методов он наименее оперативный: информацию о состоянии растений можно получить только через две недели после взятия образцов растений в поле. При определении жизнеспособности растений методом отращивания проб в воде состояние растений можно определить через неделю. Наиболее оперативными (но менее точными) являются тетразольный экспресс-метод и метод биологического

контроля. Используя их, состояние растений можно определить на следующий день после взятия образцов в поле.

Приведём краткое описание основных особенностей применения стандартного метода и метода биологического контроля. Определения жизнеспособности озимых зерновых культур, озимого рапса и многолетних трав на всей территории их возделывания в России проводятся *25 января и 20 февраля*. В случае неблагоприятных агрометеорологических условий для перезимовки сельскохозяйственных культур в отдельные периоды зимы по указанию ЦГМС может проводиться внеочередное дополнительное определение их жизнеспособности.

**Метод отращивания растений в монолитах почвы.** Места для взятия монолитов выбираются с осени вблизи постоянных мест для определения густоты стояния зимующих культур. Выделяются и отмечаются вешками по две площадки на каждой повторности. Растения на выбранных площадках не должны отличаться от растений на основном массиве участка.

Для облегчения вырубки монолитов и предупреждения их разлома при транспортировке монолиты целесообразно подготовить с осени. На выбранную с осени площадку накладывается рамка размером 30×30 см, сделанная из узких дощечек (способ предложен М. В. Шохиним). Необходимо следить, чтобы в рамку попали растения двух смежных рядков. После этого берут щиток-лопатку и, прислоняя её к одной из сторон рамки, нажимают на рукоятку, погружая щиток-лопатку в почву на глубину 15–20 см. При этом нужно пошатывать лопатку по сторонам вдоль щели в почве как при заглублении, так и тогда, когда вынимают её из почвы. Затем в приготовленную щель вдавливаются согнутая вдвое плотная бумага (или газета), наложенная снизу на щиток-лопатку. Когда бумага вдавится на нужную глубину, щиток-лопатка вынимается, оставляя бумагу в щели. В каждую щель нужно вдавить бумагу толщиной в два слоя и более. Таким образом, подготавливаются монолиты на всех восьми выделенных площадках.

Зимой в каждый срок наблюдения вырубается четыре монолита – по одному монолиту в каждой из четырёх частей участка. На месте, выбранном для взятия проб (монолитов), прежде всего переносной рейкой определяется высота снежного покрова, а при наличии притёртой ледяной корки измеряется её толщина в

миллиметрах. С площадки, предназначенной для взятия монолитов почвы с растениями, осторожно счищается снег (лопаткой, затем веником). Отмечаются визуально состояние верхнего слоя почвы (мёрзлая, талая), особенности местоположения площадки (пологий западный склон, ровное место, возвышенная часть поля и т. д.).

Пробы почвы с растениями вырубаются монолитом, имеющим размеры  $30 \times 30$  см при глубине 15–20 см. В случае разлома монолита во время его взятия растения по линии разлома следует удалить.

После вырубки монолит тотчас же помещается в заранее подготовленный почвенный деревянный ящик размером  $30 \times 30 \times 20$  см. Ящик с пробой немедленно укрывается, для того чтобы избежать повреждения растений низкими температурами при перевозке.

Привезённые с поля ящики с монолитами следует поместить на 1–2 дня в полусветлое прохладное помещение для постепенного оттаивания, а затем перенести в светлое тёплое помещение с температурой выше  $15^{\circ}\text{C}$ .

После оттаивания почвы в монолитах отмечаются фаза развития растений и их внешний вид (побуревшие, зелёные и т. д.). Ящики с монолитами ставят близко к окнам (так как при недостаточном освещении создаются неблагоприятные условия для отрастания) и по мере надобности поливают почву, не допуская переувлажнения. Вода для полива должна быть комнатной температуры.

На 15-й день после взятия проб проводится оценка внешнего вида растений и учёт результатов отращивания. Для этой цели все без исключения растения осторожно выбираются из монолита, а их корни промываются в воде. После промывки подсчитывается общее количество растений (кустов), затем они сортируются на две группы: растения живые, отросшие, и растения погибшие, не отросшие. Живыми следует считать растения с новыми листочками, а у растений, находящихся в фазе кушения, – и с новыми корнями (новые корни имеют белый цвет, легко рвутся).

Крайние растения (кусты), повреждённые при взятии монолитов ещё на поле, в подсчёт не включаются.

На основании результатов подсчёта вычисляется процент гибели растений в каждой пробе по следующей формуле:

$$П = \frac{б \cdot 100}{а},$$

где  $П$  – количество погибших растений (кустов), %;  $б$  – количество неотросших растений (кустов) в повторности;  $а$  – общее количество растений (кустов).

*Пример.* В монолите было всего 25 кустов; не дал отрастания 1 куст, тогда

$$П = \frac{1 \cdot 100}{25} = 4 \text{ \%}.$$

**Метод биологического контроля.** При определении жизнеспособности этим методом пробы почвы с растениями вырубаются не целиком монолитом, а отдельными кустиками из двух смежных рядков растений (каждый по 0,5 м). Почва подрубается с двух сторон рядка на глубину 8–10 см. Куски почвы с растениями вынимаются по частям, так, чтобы большая часть растений, особенно их узлы кущения, сохранилась неповреждённой.

Приёмы доставки почвы с растениями в помещение станции и их оттаивания такие же, как при применении метода отращивания растений в монолитах почвы. Для анализа используются 40 растений (по 10 растений без выбора, взятых в четырёх местах наблюдательного участка).

После оттаивания почвы и промывания водой комнатной температуры растения в зависимости от цвета листьев сортируются на группы в соответствии с пятибалльной шкалой: зелёный – 5, жёлто-зелёный – 4, жёлтый – 3, бурый – 2, чёрно-бурый – 1. Отсортированные по цвету листьев растения используются для определения состояния конуса нарастания. Для рассмотрения конуса нарастания растения препарируются. При этом на расстоянии 2 см от узла кущения обрезаются корни, а у побегов последовательно иглой снимаются верхние листья.

Место расположения конуса нарастания показано на рис. 1. Иглой осторожно удаляются недоразвитые листочки, покрывающие конус нарастания. Обнаруженный конус нарастания рассматривается под бинокулярной (с 4- или 6-кратным увеличением) или ручной лупой.

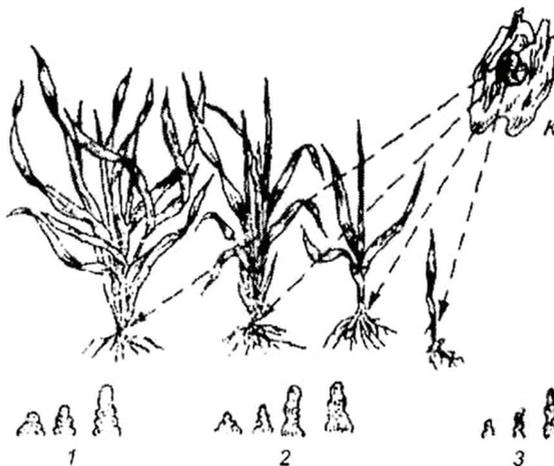


Рис. 1. Конус нарастания (K) растений озимых зерновых культур в осенне-зимний период. Местоположение конуса нарастания в разных фазах развития показано стрелками. Состояние конусов нарастания: 1 – живые (5 баллов); 2 – слабо повреждённые морозами (3 балла); 3 – погибшие (1 балл).

У живых растений конус нарастания бледно-зелёный или почти белый с хорошо выраженным тургором всех тканей. У растений, погибших от низких температур, конус нарастания характеризуется полной потерей тургора (при прикосновении иглой чувствуется мягкость, вялость тканей), помутнением клеток и появлением жёлто-бурой и даже коричнево-чёрной окраски (табл. 7).

Таблица 7

**Оценка состояния растений озимых зерновых культур по состоянию конуса нарастания**

Состояние конуса нарастания	Оценка, балл
Живой, тургорный, бледно-зелёный	5
Слабо повреждённый, тургорный	3
Мёртвый, бурый, сморщенный	1

При оценке состояния растений отдельно указываются степени повреждения листьев и конуса нарастания. Степень повреждения растений по цвету листьев определяется путём подсчёта количества растений, имеющих ту или иную окраску листьев (в процентах от общего количества растений, взятых для анализа).

При оценке степени повреждения растений по конусу нарастания рассматривается наиболее развитый стебель. В зависимости от состояния конуса нарастания (см. рис. 1) состояние растений оценивается по трехбалльной шкале (см. табл. 7). Состояние озимых зерновых культур при этом оценивается с учётом количества повреждённых растений (в процентах от общего количества рассмотренных).

Средние взвешенные оценки состояния растений рассчитываются по формулам:

$$Q_1 = \frac{5N_1 + 4N_2 + 3N_3 + 2N_4 + N_5}{100}, \quad (1)$$

$$Q_2 = \frac{5n_1 + 3n_2 + 3N_3 + n_3}{100}, \quad (2)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – средние взвешенные оценки состояния растений по цвету листьев и состоянию конуса нарастания соответственно, балл;  $N_1 \dots N_5$  – количество растений каждой градации оценки их состояния по цвету листьев, %;  $n_1 \dots n_3$  – количество растений каждой градации оценки их состояния по состоянию конуса нарастания, %.

*Пример.* В анализируемом образце всего 40 растений озимой пшеницы, из них зелёную окраску листьев имели 60 %, жёлто-зелёную – 30 % и жёлтую – 10 %. По состоянию конуса нарастания 50 % растений имели оценку 5 баллов, 35 % – 3 балла и 15 % – 1 балл. Средние взвешенные оценки состояния озимой пшеницы по цвету и конусу нарастания, соответственно, составили

$$Q_1 = \frac{5 \cdot 60 + 4 \cdot 30 + 3 \cdot 10}{100} = \frac{450}{100} = 4,5 \text{ балла},$$

$$Q_2 = \frac{5 \cdot 50 + 3 \cdot 35 + 1 \cdot 15}{100} = \frac{370}{100} = 3,7 \text{ балла}.$$

**Задание 1.** Вычислить процент гибели растений в каждой пробе. Провести отрацивание растений в монолитах почвы и вычислить процент гибели растений в каждой пробе.

**Задание 2.** Определить жизнеспособность растений методом биологического контроля и определить средние взвешенные оценки состояния растений озимой пшеницы.

## 6. Оценка условий перезимовки озимых культур

Для общей оценки агроклиматических условий перезимовки озимых культур используют средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха. Для расчёта такого показателя абсолютные минимумы по годам суммируют и полученный результат делят на число лет наблюдений. Преимущество средних из абсолютных годовых минимумов температур перед абсолютными минимумами заключается в том, что на их основании можно судить и повторяемости критических температур ниже любых пределов. С помощью кривой (рис. 2) рассчитывают повторяемость отклонений минимальной температуры от нормы в отдельные годы в данном районе.

*Пример.* Средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха равен  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определить, как часто в данной местности минимальная температура опускается до  $-28$  и  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Находим отклонение этих температур от нормы. Соответственно, они будут составлять 2 и  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

По рис. 2 такие отклонения имеют повторяемость, соответственно, 75 и 20 %. И если  $-28$  и  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  – критические температуры для крон сливы и яблони, то слива будет вымерзать в 7 годах из 10, а яблоня – в 2 годах из 10 лет.

А. М. Шульгин выделил районы с различными типами зим, характеризующими условия перезимовки озимых (табл. 8).

Для агроклиматической оценки зимних условий кроме минимальной температуры воздуха используют данные о снежном покрове, особенно о его высоте в период с наиболее низкой температурой воздуха. Для характеристики зимнего периода А. М. Шульгин даёт комплексный показатель, связывающий суровость зимы со средним из абсолютных минимумов температуры воздуха и высотой снежного покрова:

$$K = t_m/h, \quad (3)$$

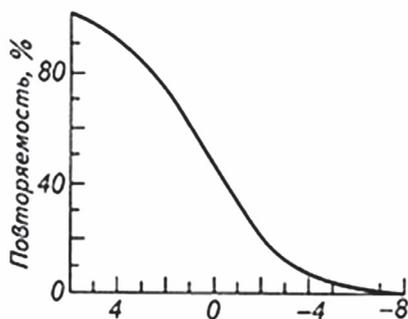


Рис. 2. Повторяемость отклонений годовых минимумов температуры в зависимости от среднего из абсолютных годовых минимумов

**Климатические условия перезимовки озимых культур  
по температуре воздуха на территории России**

Тип зимы	Условия перезимовки озимых культур	Среднее значение температуры из абсолютных минимумов, °С			Вероятность температуры в отдельные зимы, %			
		средний	наибольший	наименьший	выше -5°С	-5...-15 °С	ниже -16 °С	ниже -20 °С
Очень мягкая	Отличные	-4, -8	-1, -3	-11, -14	10...20	80...90	-	-
Мягкая	Хорошие	-8, -12	-1, -8	-12, -20	5...10	70...90	5...20	5
Умеренно холодная	Удовлетворительные	-12, -16	-2, -10	-20, -22	-	50...80	20...5	5...20
Холодная	Ниже удовлетворительных	-16, -20	-10, -15	-20, -30	-	20...50	50...80	20...50
Очень холодная	Плохие	-20, -24	-12, -17	-25, -30	-	10...20	80...90	50...70
Суровая	Плохие	-24, -25	-15	-30	-	-	100	70...80
Очень суровая	Плохие	-28,-32	-15	-35	-	-	100	100

где  $t_m$  – средний из абсолютных минимумов температуры воздуха за самый холодный месяц, °С;  $h$  – средняя высота снежного покрова за этот же период, см.

По значению комплексного показателя можно оценить степень суровости зимы. Если  $K < 1$ , то зима мягкая (малосуровая), при  $K$  от 1 до 3 – суровая, при  $K > 3$  – зима очень суровая.

В. А. Моисейчик для оценки агроклиматических условий перезимовки озимых культур в лесной и лесостепной зоне предложила комплексный показатель, характеризующий влияние основных факторов:

$$\bar{K} = 0,4844 \frac{\bar{t}_{\min}}{t_{кр}} + 1,3081 \frac{\bar{H}}{\bar{n}} - 0,6071, \quad (4)$$

где  $\bar{t}_{\min}$  – средняя многолетняя минимальная температура воздуха °С;  $t_{кр}$  – критическая температура вымерзания различных сортов озимых культур;  $\bar{H}$  – средняя многолетняя максимальная глубина промерзания почвы, см;  $\bar{n}$  – средняя многолетняя продолжительность периода со снежным покровом, суток.

Комплексный показатель агроклиматических условий перезимовки озимых культур  $\bar{K}$  – безмерная величина, косвенно характеризующая площадь территории, на которой озимые погибают в холодный период года.

Изменение значений  $\bar{K}$  хорошо согласуются с процентом площадей погибших озимых посевов (табл. 9).

Таблица 9

**Количественная оценка условий перезимовки озимых по показателю  $K$**

$K$	Средняя многолетняя площадь погибших озимых ( $S_g$ ), %	Оценка условий, балл
<i>Лесная и лесостепная зоны</i>		
< 0,3	< 20	1
0,3...0,45	16...20	2
0,46...0,65	8...15	3
0,66...0,75	6...7	4
0,76...0,9	0...5	5
0,91...1,00	6...7	4
1,01...1,15	8...15	3
1,16...1,20	16...20	2
>1,2	<20	1

При  $\bar{K} > 1$  условия перезимовки резко ухудшаются, в результате чего озимые гибнут на площади до 30 % и более в степной и до 20 % в лесной и лесостепной зонах.

Важный агроклиматический показатель перезимовки озимых культур – минимальная температура почвы на глубине узла кущения. Понижение её до критической температуры вымерзания растений даже в течение одного дня, особенно после оттепели, приводит к значительному изреживанию посевов, а более длительное (до трёх дней и более) и интенсивное понижение – к полной гибели посевов. Такое понижение температуры почвы на глубине узла кущения наблюдается в периоды сильных морозов при отсутствии или небольшом снежном покрове и глубоком промерзании почвы.

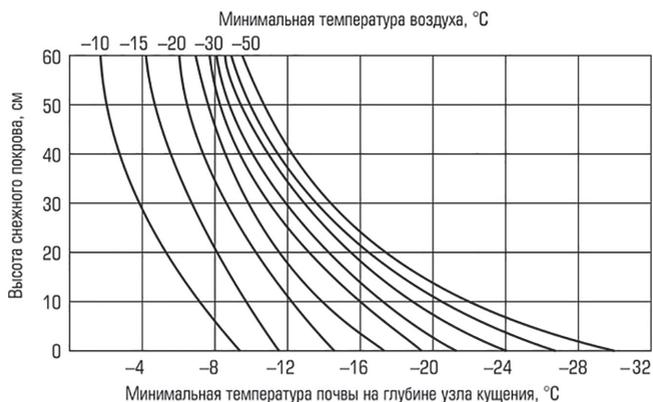
Агрометеорологические условия, при которых озимые посевы вымерзают, создаются в первой половине зимы до образования на полях достаточного снежного покрова. Во второй половине зимы вымерзание озимых культур возможно лишь в отдельные годы и в районах с неустойчивым снежным покровом.

Степень повреждения растений от вымерзания зависит от интенсивности и длительности опасных морозов и состояния самих растений.

Решающий фактор при вымерзании озимых культур – степень повреждения морозами узла кущения. Сильное повреждение узла кущения неминуемо вызывает гибель всего растения. Температура, при которой погибает узел кущения растений, различна не только для разных озимых зерновых культур и их сортов, но и для одних и тех же сортов в зависимости от состояния растений осенью (фазы развития, глубины узла кущения, степени кущения, степени закалки, состояния конуса нарастания в момент прекращения вегетации и др.) и изменения их морозостойкости под влиянием агрометеорологических условий в зимний период.

Хорошо развитые и закалённые посевы озимой ржи, находясь в состоянии покоя, могут выдерживать понижение температуры на глубине узла кущения до  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже. Узлы кущения озимой пшеницы менее морозостойки. Растения озимой пшеницы полностью погибают при температуре почвы на глубине узла кущения ниже  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Растения слабоморозостойких сортов погибают в момент их максимальной морозостойкости при минимальной температуре почвы на глубине узла кущения  $-16\text{...}-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , озимый ячмень – при  $-13\text{...}-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Минимальную температуру почвы на глубине узла кушения можно косвенно определить по связи с минимальной температурой воздуха и высотой снежного покрова (рис. 3).



*Этот рисунок мы нашли в интернете (ваш был плохого качества), посмотрите внимательно, подходит ли он.*

Рис. 3. Связь минимальной температуры почвы (3 см) с минимальной температурой воздуха при разной высоте снежного покрова (по А. М. Шульгину)

*Пример.* При минимальной температуре воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$  и высоте снежного покрова 10 см на эту дату минимальная температура почвы на глубине узла кушения (3 см) составит  $-12^{\circ}\text{C}$ .

На опытном участке до начала определения физиологических показателей растения исследуют визуально. Выбирают типичный участок поля и оценивают его в баллах. Для этого используют рамку размером  $0,5 \times 0,5$  м, или для озимых культур, посеянных рядовым способом с шириной междурядий 15 см, – 2 смежных рядка длиной 83,3 см каждый. Результаты оценки вносят в табл. 10.

Таблица 10

### Оценка перезимовки озимых зерновых культур

Показатели состояния растений	Балл
Изреженность стеблестоя визуально незаметна. Нет участков погибших растений.	5
Изреженность стеблестоя слабая. Число погибших растений не выше 25 %.	4
Изреженность стеблестоя большая, погибло около 50 % растений.	3
Изреженность стеблестоя большая, погибло более 50 % растений.	2
Изреженность стеблестоя очень высокая, сохранилось немного растений.	1

Затем определяют физиологическое состояние узла кушения. У хорошо перезимовавших растений подземная часть имеет ярко-белую окраску, чётко выраженный тургор. Появляются новые узловые корни. Если же окраска тускло-белая или желтовато-коричневая, а тургор выражен слабо, то такие растения сильно повреждены и впоследствии, как правило, погибают.

Для исследования отбирают по 10 растений. Через узел кушения каждого из них делают продольный разрез лезвием безопасной бритвы или острым скальпелем (ножом). У здоровых растений в нижней части нет коричневой или чёрной окраски, у сильно повреждённых она частично или полностью коричневая.

Более точным является метод Иванова, в основе которого лежит повышение сродства к красителю (фуксину) у повреждённых (нежизнеспособных) тканей. У растений препарируют узел кушения, конусы нарастания отчленивают и помещают в фарфоровую чашку с 0,1% раствором фуксина. Через 15 минут краситель сливают, растительный материал ополаскивают водой и определяют степень окрашивания. Ткани у жизнеспособных растений не окрашиваются или окрашиваются слабо, нежизнеспособных – приобретают малиновый цвет. Следует подсчитать количество жизнеспособных растений, определить процент выживших после перезимовки на 1 м<sup>2</sup> посева и сделать пересчёт на 1 га площади. При оценке состояния посевов после перезимовки учитывают мощность растений, степень их кустистости, фазу развития. Нормальные растения формируют 3-4 побега, из которых 1-2 могут быть продуктивными. Для обеспечения урожайности 35–40 ц/га таких растений должно быть около 350 шт./м<sup>2</sup>. Результаты записывают в табл. 11.

Таблица 11

### Характеристика исследуемых растений

Вариант	Состояние посевов после перезимовки в баллах	Количество растений на 1 м <sup>2</sup> /шт.	Количество жизнеспособных растений на 1 м <sup>2</sup> /шт.	Фаза развития растений	Количество продуктивных побегов на 1 га	Возможный урожай, ц/га

При оценке сортов на зимостойкость их сравнивают с оптимальной моделью озимой пшеницы по типу зимостойкости для условий Центра Нечернозёмной зоны:

- физиологические параметры, характеризующие оптимальный тип зимостойкости озимой пшеницы как составляющей адаптивного потенциала сорта для условий Центра Нечернозёмной зоны (по Б.И. Сандухадзе, М.И. Рыбаковой, 2003 г.): общий уровень морозо-зимостойкости выше среднего или средний, соответственный стандартам озимой пшеницы Мироновская 808 или Заря;

- зимостойкое состояние благодаря закаливанию формируется как в короткую холодную, так и в затяжную тёплую осень при относительно малой изменчивости содержания сложных форм углеводов в ответ на перепады температуры и возвраты тепла, при незначительных израстаниях конусов нарастания на фоне длительной осенней вегетации;

- устойчивость к отрицательным температурам почвы на уровне узла кущения в начале зимы при бесснежье по озимой пшенице в диапазоне  $-18...-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- устойчивость к физиологическому выпреванию, сопряжённая с реакцией корневой системы на повышенную температуру почвы, близкую к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и с относительным вынужденным покоем при ингибировании ростовых и метаболических процессов;

- сохранение устойчивости к отрицательным температурам порядка  $-13...-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  к концу зимы, продолжительностью около 120–150 дней, а также содержание углеводов не ниже 4–5 % от исходного в конце осени, при котором обеспечиваются репарация повреждённых органов растений и рост вторичных узловых корней.

***Задание.** Провести оценку перезимовки озимой пшеницы на опытном участке, заполнить таблицы 10, 11 и сделать выводы.*

## 7. Наблюдения и общая визуальная оценка состояния посевов сельскохозяйственных культур

В период вегетации сельскохозяйственных культур ведется наблюдения за сорной растительностью. Наблюдения за степенью распространения сорняков (засорённостью посевов) проводятся на всех наблюдательных участках, за исключением участков многолетних сеяных трав, природных кормовых угодий, древесных и кустарниковых растений.

Засорённость посева определяется во все дни осмотра растений при наблюдении за фазами развития. Интенсивность засорённости оценивается в баллах согласно табл. 12.

Таблица 12

### Оценка интенсивности засорённости посевов

Интенсивность засорения	Оценка, балл
Сорняков нет	0
Очень слабая. Сорняки встречаются редко, почти не заметны среди культурных растений	1
Слабая. Сорняки заметны только вблизи, издали их не видно	2
Средняя. Сорняки встречаются часто, но не создают условий для заметного угнетения культурных растений	3
Большая (сильная). Сорняков много, заметно угнетение культурных растений	4

*Под общей визуальной оценкой состояния посевов сельскохозяйственной культуры (далее – состояния) понимается его визуальная характеристика в данный момент времени, отражающая совместно развитие, изреженность, высоту, засорённость, повреждения и относительную продуктивность в виде условной пятибалльной шкалы. Состояние посевов оценивается в последний день декады и при массовом наступлении наблюдаемых фаз развития.*

При оценке состояния культур на наблюдательном участке учитываются мощность растений, равномерность посевов, степень повреждения метеорологическими явлениями, вредителями и болезнями, ожидаемая продуктивность и пр. При этом в период вегетативного роста принимаются во внимание высота и густота стояния растений, кустистость, интенсивность нарастания

растительной массы. С переходом к репродуктивному периоду учитываются также количество и размер продуктивных органов: у зерновых – количество колосоносных побегов, размер и озернённость колоса (метёлки, початка); у хлопчатника – количество бутонов, цветков, завязей и коробочек; у льна-долгунца и конопля – количество коробочек и семян в них; у корнеплодов – размер корней; у овощных культур – количество бутонов (соцветий), цветков, завязей и плодов и их размеры.

Состояние посевов оценивается по шкале, приведённой в табл. 13 с учётом совокупности признаков или какого-либо одного признака, определяющего ожидаемую продуктивность.

Таблица 13

### Оценка состояния посевов сельскохозяйственных культур

Оценка состояния, балл	Характеристика состояния участка, роста и развития культуры, ожидаемого урожая
5 (отличное, очень хорошее)	Густота стояния растений равномерная, высота одинаковая. Растения мощные, здоровые, хорошо укоренившиеся, с хорошо развитыми многочисленными соцветиями. Злаки имеют много колосоносных стеблей; колосья (метёлки, початки) большие, озернённость колоса (метёлки, початка) хорошая. У сахарной свёклы листья растут интенсивно: первый десяток листьев образуется в течение 4–5 декад после посева, второй десяток – в течение 2–3 декад после образования первого десятка. Рост и развитие растений проходят нормально. Можно ожидать урожая, близкого к максимальному для данного хозяйства.
4 (хорошее)	Густота стояния растений недостаточно равномерная, местами наблюдается небольшая изреженность; при общем хорошем состоянии растения имеют среднюю кустистость (разветвлённость), нарастание растительной массы идёт несколько замедленно, посевы заметно засорены, повреждены вредителями, болезнями и др. Ожидаемый урожай выше среднего.
3 (среднее)	Густота стояния растений не вполне равномерная. Высота и кустистость (разветвлённость) средние; соцветия (колосья, метёлки, початки) средних размеров. У сахарной свёклы период образования второго десятка листьев растянут до четырёх декад и более. Имеются повреждения растений болезнями, вредителями или неблагоприятными метеорологическими явлениями. Посевы засорены. Можно ожидать урожая, близкого к среднему многолетнему для данного хозяйства.

Оценка состояния, балл	Характеристика состояния участка, роста и развития культуры, ожидаемого урожая
2 (плохое)	Посевы изрежены, густота стояния растений неравномерная, часто встречается оголённая почва. Растения имеют угнетённый вид, небольшую высоту, слабую кустистость (разветвлённость). Соцветия (колосья, метёлки, початки) небольшие. Посевы сильно засорены, отмечается их значительное повреждение болезнями, вредителями или неблагоприятными метеорологическими явлениями (засуха, суховей, град, ливень, заморозки и др.). Урожай ожидается ниже среднего для данного хозяйства.
1 (очень плохое)	Полная или почти полная гибель растений (плодов). Посевы сильно изрежены, густота стояния растений очень неравномерная, много свободных мест (из-за отсутствия всходов или гибели растений). Растения преимущественно низкорослые, очень слабораскустившиеся (слаборазветвлённые), с мелкими соцветиями (колосьями, метёлками, початками). Имеются значительные повреждения вредителями, болезнями или неблагоприятными метеорологическими явлениями. Ожидается очень плохой урожай или его отсутствие.

Состояние плодово-ягодных культур (в баллах) оценивается визуально по двум характеристикам: 1) по общему состоянию деревьев или кустов без учёта элементов плодоношения; 2) по видам на урожай с учётом элементов плодоношения.

Оценка плодовых деревьев и ягодных культур по общему состоянию проводится в период от развёртывания первых листьев до листопада по шкале, приведённой в табл. 14. При этом учитываются интенсивность цветения, количество завязей, а также количество сформировавшихся плодов. Следует иметь в виду, что при хорошем общем состоянии растения, оцениваемом в 5 баллов, оценка состояния по видам на урожай (см. табл. 14) может быть плохой (слабое цветение, необеспеченность цветков в период их цветения перекрёстным опылением, опадение завязей). При отсутствии цветения в саду состояние культуры по видам на урожай оценивается в 1 балл.

Если состояние растений с начала вегетации оценивается ниже хорошего или балл оценки снижается в течение вегетационного периода, то необходимо указать, по каким признакам снижена или дана недостаточно высокая оценка и предполагаемые причины снижения оценки.

**Оценка состояния плодово-ягодных культур  
по общему состоянию**

Оценка, балл	Повреждение	Состояние растений
5	Нет	Совершенно здоровые
4	Слабое	Хорошее облиствение, листья нормальные, засохших веток и побегов мало
3	Среднее	Погибло около половины плодушек и молодых побегов, наблюдается выпад полускелетных ветвей и единичных скелетных сучьев
2	Сильное	Усохла большая часть кроны, куста
1	Гибель наземной части	Растение засохло полностью

*Задание 1. На опытном поле провести осмотр растений озимой пшеницы и определить интенсивность засорённости в баллах.*

*Задание 2. Дать общую визуальную оценку состояния посевов озимой пшеницы.*

## 8. Наблюдения за фазами развития зерновых культур и многолетних трав

Все растения как объекты типовых фенологических наблюдений принято подразделять на три основных группы.

1. Непостоянные объекты наблюдений – растения некропашных зерновых культур, сеяных трав, растения природных кормовых угодий. Выбор этих растительных объектов проводится при каждом (очередном) наблюдении.

2. Многолетние постоянные объекты наблюдений – плодово-ягодные, субтропические культуры, дикорастущие деревья и кустарники. Эти растения выбираются один раз на много лет наблюдений вперёд.

3. Однолетние постоянные объекты наблюдений – растения пропашных, огородных, бахчевых и некоторых зернобобовых культур (бобы конские, горох, соя, люпин, табак и др.). Они выбираются только на каждый конкретный год.

В связи с неравномерным наступлением фаз развития всех растений в посеве наблюдатель определяет их состояния путём осмотра 40 растений каждой возделываемой культуры: по 10 растений типичных по своему состоянию в четырёх частях (повторностях) наблюдательного участка. Количество растений, вступивших в фазу, определяется визуально в процентах. Началом фазы («о») считается день её наступления не менее чем у 10 % растений, за массовое наступление фазы («б») – не менее чем у 50 % осмотренных растений. После регистрации фазы у >75 % растений наблюдения за ней прекращают и в следующий день осмотра записывают: «новой фазы нет». Подсчёты растений возобновляют с наступлением очередной фазы.

### ***Наблюдения за фазами развития однолетних и двулетних (озимых) злаковых культур***

*Прорастание семян и всходы.* Обнаружение первых корешков у 5 семян из 20 выкопанных является признаком этой фазы.

*3-й лист.* Признаком фазы является развёртывание 3-го листа.

*Кущение.* Эту фазу отмечают при появлении кончиков первых листьев боковых побегов из влагалищ листьев главного побега. Боковые побеги обычно закладываются в пазухах листьев на подземных стеблевых узлах. Кущение происходит только при наличии доступной растениям влаги на глубине залегания узла кущения (в среднем 3 см). В засушливые годы эта фаза может не сформироваться. У озимых культур эта фаза наблюдается осенью. При благоприятных условиях температуры и влажности верхних горизонтов почвы к началу зимы такие растения успевают сформировать несколько побегов, образующих куст. После массового наступления этой фазы у озимых культур наблюдения проводят два раза за декаду. У озимых культур *прекращение вегетации* отмечают при устойчивом снижении средних суточных температур воздуха (в течение 5 суток подряд) через 5 °С. Признаком *возобновления вегетации* озимых культур весной является появление свежей зелени на перезимовавших растениях.

*Выход в трубку (стеблевание)* отмечается при начале роста стебля, заключающегося в удлинении нижнего междоузлия соломины на 3–5 мм, расположенной над узлом кущения. К этому времени происходит формирование зачаточного колоса с заложением на нём зачатков колосков. Это обнаруживается при элементарном

препарировании главного стебля с помощью лупы с 10-кратным увеличением (рис. 4).

У яровых хлебов фаза стеблевания обнаруживается после фазы 3-го листа. Для этого выкапывают по 10 типичных растений в 4 частях наблюдательного участка и, осторожно освободив стебель от листьев, обнаруживают признаки фазы выхода в трубку.

*Колошение (вымётывание)* отмечают по появлению колоса (до половины) или верхней части метёлки из влагалища верхнего листа.

*Цветение* у злаковых культур определяют по раскрытию цветочных чешуй и появлению снаружи их пыльников, которые лопаются при сухой погоде, выбрасывая пыльцу.

В условиях прохладной пасмурной и влажной погоды цветочные чешуи не раскрываются. В таких случаях необходимо отделить колосок из средней части колоса главного стебля и раздвинуть цветочные чешуи с помощью иглы или булавки: лопнувшие внутри пыльники явятся признаком наступившего цветения.

*Молочная спелость.* Признаки этой фазы: зелёное зерно по размеру соответствует спелому зерну; при сжатии в руке зелёного зерна его оболочка лопается и содержимое выдавливается наружу. К началу этой фазы у зелёного растения нижние стеблевые листья желтеют.

*Восковая спелость* определяется у большинства злаковых культур по пожелтению (побурению) колоса и засыханию листьев. Зерно теряет упругость и с трудом выдавливается на ладонь. При скашивании хлебов в восковой спелости применяется раздельная уборка, тогда полная спелость отмечается в валках.

*Полная спелость.* Зерно становится твёрдым и не раскалывается. В условиях длительной ненастной погоды массовая фаза может не наступить. Ниже приведены рисунки фаз развития на

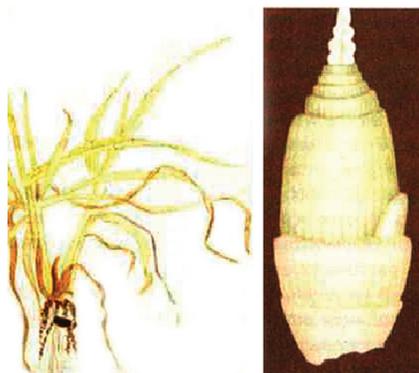


Рис. 4. Слева – общий вид растения после перезимовки; справа – начало удлинения нижнего междоузлия соломины и начало заложения колосковых бугорков на зачаточном колосе; увеличено в 17 раз (рис. А. А. Шиголева)

примере яровой пшеницы, характеризующих эту группы однолетних зерновых культур (рис. 5).

У озимых культур весной отмечается фаза возобновления вегетации, проявляющаяся в появлении новых листочков (свежей зелени) на перезимовавших растениях.

**Наблюдения за фазами развития кукурузы.** Кукуруза, выращиваемая на зерно, относится к пропашным культурам. Наблюдения на посевах этой культуры проводят за следующими фазами её развития.

**Прорастание семян.** На третий день после посева раскапывают верхний слой почвы в разных строчках посева по пять гнёзд на четырёх участках. На разбухших от влаги зерновках отмечают появление зародышевого корешка. При регистрации проростков в 5 гнёздах из 20 просмотренных отмечают эту фазу.

**Всходы.** Начало наступления фазы «о» отмечают при развёртывании первых листочков у единичных растений в гнёздах посева в разных частях участка. Массовое наступление фазы «б» отмечают при появлении всходов в большинстве гнёзд.

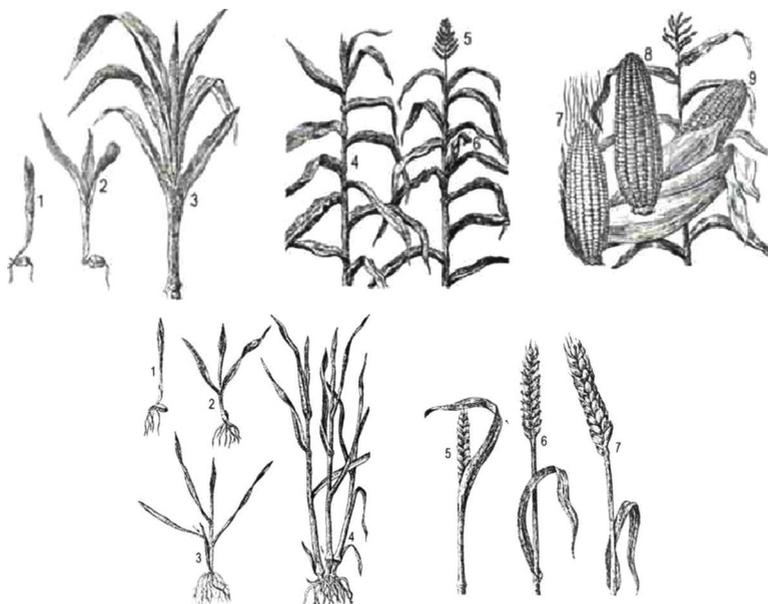


Рис. 5. Фазы развития яровой пшеницы:  
1 – всходы; 2 – 3-й лист; 3 – кущение; 4 – выход в трубку;  
5 – колошение; 6 – цветение; 7 – полная зрелость (созревание)

*Появление очередных листьев.* Количество листьев, образующихся у этой культуры, является показателем скороспелости сорта. Наиболее раннеспелые сорта и гибриды образуют 10-11 листьев, позднеспелые – до 20 и более. Начиная с 3-го листа отмечают появление каждого следующего нечётного листа. Наблюдения за этой фазой продолжаются до вымётывания метёлки.

*Вымётывание метёлки* завершает период листообразования кукурузы, фазу отмечают при появлении в верхней части метёлки из влагалища последнего верхнего листа.

*Цветение початка (появление нитевидных столбиков)* отмечают при появлении из обёртки початка нитевидных столбиков», несущих рыльце. Цветение метёлки отмечают при появлении пыльников на главной оси метёлки

*Молочная спелость* характеризуется побурением и началом засыхания нитевидных столбиков, при этом обёртки початка сохраняют зелёную окраску. При раздавливании зерна выделяется беловатая жидкость, напоминающая молоко.

Для определения этих фаз развития на выбранном початке в средней части надрезают обёртку с его северной стороны, как это показано на рисунке (длина продольного надреза 5–7 см, поперечного – 3–4 см); затем обёртку слегка приоткрывают и определяют состояние зёрен. Початки выбирают на растениях в различных частях наблюдательного участка.

*Восковая спелость* характеризуется более плотной, восковой консистенцией зерна и приобретением цвета, свойственного данному сорту; обёртка початка теряет зелёную окраску и подсыхает.

*Полная спелость* определяется по затвердению зёрен в средней части початка.

### ***Основные фазы развития сеяных трав и природных кормовых угодий***

В кормопроизводстве различают сеяные однолетние и многолетние травы. Однолетние травы заканчивают вегетационный период (от семени до семени) в течение одного года. Многолетние травы имеют подземные многолетние побеги с почками возобновления. Среди высеваемых растений основное место принадлежит злаковым, бобовым и крестоцветным культурам, используемых также в смешанных посевах: в виде вико-овсяных, бобово-ячменных и других смесей. Эти культуры используют на

корм скоту в виде «зелёнки», сена, сенажа, силоса, приготовления травяной муки и т. п.

*Однолетние злаковые травы (райграс однолетний, суданская трава, могогар, костёр и др.).* Наблюдаемые фазы развития:

- всходы;
- 3-й лист;
- кущение;
- колошение (вымётывание метёлки);
- цветение;
- созревание семян.

Морфологические признаки фаз развития этих трав аналогичны фазам, описанным выше.

*Многолетние злаковые травы (ежа сборная, костёр безостый, мятлик луговой, райграс многолетний, тимopheевка луговая и др.).* Наблюдаемые фазы развития:

- всходы (первого года жизни);
- возобновление вегетации (второго и последующих лет жизни);
- рост стебля;
- колошение (вымётывание);



Рис. 6. Овсяница луговая. Общий вид растения в фазу цветения, корневая система и семена

- цветение;
- созревание семян;
- прекращение вегетации.

*Многолетние бобовые и крестоцветные травы (клевер, люцерна, донник, эспарцет, астрагалы, горошек, козлятник восточный, чина и др.).*

Наблюдаемые фазы развития:

- возобновление вегетации;
- начало роста стебля (цветоноса);
- появление соцветий;
- цветение;
- созревание семян;
- прекращение вегетации.

Иллюстрации фаз развития представлены на рис. 6–8.



Рис. 7. Райграс многоукосный. Общий вид растения в фазу цветения, корневая система и семена



Рис. 8. Клевер красный. Общий вид растения в фазу цветения, корневая система и семена

После скашивания (или стравливания) однолетних и многолетних трав и трав в природных угодьях первой фазой, отмечаемой наблюдателем, будет *отрастание*. Фаза *прекращения вегетации* сеяных трав и растущих в природных кормовых угодьях отмечается перед уходом в зиму.

**Задание.** На опытном поле провести обследование коллекции сельскохозяйственных культур и описать фазы развития каждой культуры.

## 9. Определение содержания воды и сухого вещества в растительном материале

Степень оводнённости растений – важный показатель влагообеспеченности растений. С содержанием воды связаны концентрация клеточного сока, водный потенциал отдельных органов растения, отношение его к почвенной и атмосферной засухе. Определение содержания воды в листьях даёт возможность выяснить эколого-физиологические особенности растений, вскрыть механизмы их адаптации к условиям среды.

Содержание влаги в растительных тканях вычисляют обычно в процентах сухой или сырой массы. В листьях большинства растений *умеренной зоны* в зависимости от погодных условий и этапов онтогенеза воды содержится 65–82 % сырой массы. Растения с неодинаковой засухоустойчивостью различаются характером водного обмена. Растения влаголюбивых видов и сортов содержат много воды при достаточном количестве её в почве. Однако при понижении влажности почвы они быстро теряют воду. У более устойчивых к засухе форм содержание влаги в растениях, как правило, ниже, но её количество более стабильно.

На опытном поле отбирают растения для анализа. Количество воды и сухого вещества в листьях определяют весовым методом. Опыт ставят в двух вариантах, для чего используют листья верхнего и нижнего ярусов. Берут только нормально развитые зелёные, не имеющие явных следов повреждения и подсыхания листья. Каждое определение выполняют в трёхкратной повторности при навеске сырых листьев не менее 5 г. Следует точно установить, какие по счёту листья относить к нижнему, а какие к верхнему ярусам, и соблюдать установленный порядок на всех опытных растениях.

Сначала определяют массу абсолютно сухого бюкса. Для этого чисто вымытый бюкс с крышкой, поставленной вертикально, помещают на полку сушильного шкафа при температуре 100–150 °С. Через 1 ч бюкс берут тигельными щипцами и ставят открытым в эксикатор на 30 мин для охлаждения, затем закрывают крышкой и взвешивают на аналитических весах. Повторно бюкс ставят в сушильный шкаф на 20–30 мин, охлаждают в эксикаторе и снова взвешивают. Если масса бюкса не изменится, то в него можно помещать пробу.

Бюкс с растительным материалом взвешивают на аналитических весах, ставят на 5 ч в шкаф, нагретый до 105 °С, затем охлаждают в эксикаторе (бюкс должен быть открыт) и вновь взвешивают. Однако 5 ч для удаления всей влаги из растения бывает недостаточно, поэтому бюксы после взвешивания открывают и помещают в сушильный шкаф при той же температуре. Потом охлаждённые в эксикаторе бюксы снова взвешивают. Так повторяют до тех пор, пока масса бюкса с материалом не будет постоянной или последующая масса не станет несколько больше предыдущей.

При работе необходимо соблюдать следующие правила. Сырой материал должен лежать в бюксе рыхло. Нельзя держать

его в шкафу без перерыва дольше 5 ч. Бюкс с навеской нужно ставить в шкаф, нагретый до 105 °С. Температура в различных частях шкафа не постоянна, поэтому бюксы желательно помещать на одном уровне с шариком термометра. Не следует располагать бюксы близко к стенкам шкафа, так как здесь температура может быть более высокой, чем показывает термометр. Брать бюксы надо щипцами, на концы которых надеты каучуковые кольца, так как из-за прикосновения пальцами к бюксам может измениться масса.

Вычитая из массы исходного растительного материала массу высушенного материала, получают массу воды во взятой навеске. Рассчитывают содержание воды в процентах сырой и сухой массы материала, делают вывод о зависимости содержания воды в листьях от расположения их на растении.

Результаты опыта записывают в табл. 15 по приведённой форме.

Таблица 15

### Определение содержания воды в растительном материале

Культура	Ярус листьев	Повторность	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Сырая масса, г	Сухая масса, г	Содержание воды		
				пустого	с сырым материалом	с сухим материалом			г	% сырой массы	% сухой массы

*Задание. Определить содержание воды и сухого вещества в листьях анализируемых растений.*

## 10. Определение темпов роста растений по нарастанию вегетативной массы у зерновых культур

Изучение скорости роста растений, проведённое немецким физиологом Ю. Саксом, позволило установить определённые закономерности. В начальный период темпы роста низкие, затем они возрастают и идут с большой скоростью, а потом снова замедляются. В результате скорость роста растений и отдельных его органов может быть выражена в виде S-образной кривой. Постоянно меняющиеся условия внешней среды влияют на физиологические показатели растений и вызывают торможение или

активизацию роста и развития в целом. Одним из наиболее простых методов контроля в полевых условиях является наблюдение за темпами нарастания вегетативной массы растений, отдельных его органов. При интенсивном нарастании вегетативной массы изменяются и морфологические параметры листьев. Чем выше темпы роста, тем быстрее растения переходят к генеративному развитию. Однако агроному следует помнить, что слишком интенсивный рост может привести к снижению устойчивости растений к неблагоприятным условиям внешней среды и затормозить переход к генеративному развитию.

Вместе с тем неблагоприятные условия могут ускорить переход растений к генеративному развитию, снизив скорость ростовых процессов.

Листья как фотосинтезирующие органы вносят определённый вклад в формирование элементов продуктивности растений. К началу выхода в трубку ювенильные листья и 4-й лист постепенно отмирают и функции поставщиков продуктов ассимиляции в репродуктивные органы выполняют листья других ярусов. В период выхода в трубку – начала стеблевания рост верхних междоузлий и формирование колоса обеспечивают 5–6-й листья; в фазу колошения – 6–8-й листья и цветочные чешуи; в период налива зерна и созревания в зерновку идёт отток почти всех пластических веществ из последнего, «флагового», листа, а также из междоузлий стебля и из корневой системы.

Следовательно, в формирование элементов продуктивности у растений наибольший вклад вносит лист, который на момент определения имеет наибольшую величину и высокую физиологическую активность.

На опытном поле с каждого варианта необходимо отбирают по 10 характерных растений с одинаковым числом ярусов листьев. Линейкой измеряют длину и ширину у самой широкой части листовой пластинки каждого листа по ярусам у всех растений. Рассчитывают средние величины длины и ширины 10 листьев для каждого яруса, а затем площадь листьев по каждому ярусу по формуле

$$S = 0,75ab,$$

где  $S$  – площадь листа, см<sup>2</sup>;  $a$  – длина листа, см;  $b$  – ширина листа, см; 0,75 – коэффициент пересчёта.

Варианты: 1) необходимо отбирать;  
2) необходимо отобрать;  
3) необходимо отбираться;

Результаты записывают в табл. 16.

Таблица 16

**Морфологические параметры листьев растений**

*В 1-м столбце «Вариант» не нужно объединять ячейки?*  
*Должна быть пустая строка или её нужно удалить?*

Вариант	Повторность	Длина (a), см						
		Ярус листа (считая снизу)						
	1	1	2	3	4	5	6	7
	2							
	3							
	4							
	Среднее							
		Ширина (b), см						
		Ярус листа (считая снизу)						
		1	2	3	4	5	6	7
	1							
	2							
	3							
	4							
	Среднее							
		Площадь листьев (S), см						
		1	2	3	4	5	6	7

По средним величинам длины, ширины и площади листьев каждого яруса строят кривые ярусной изменчивости морфологических параметров листьев. Делают выводы о скорости роста и развития растений разных вариантов. Перегиб кривой показывает, лист какого яруса работает на формирование репродуктивных органов в момент определения.

***Задание.** Определить площадь листьев одного растения; определить площадь листьев на 1 га. Построить кривые ярусной изменчивости листьев.*

## **11. Биологический контроль за формированием элементов продуктивности у зерновых культур**

Фенологическими наблюдениями регистрируются основные фазы развития пшеницы (всходы, кущение, выход в трубку, стеблевание, колошение, цветение, формирование, налив и созревание зерна), однако они не отражают всех сложных органо-образовательных процессов, происходящих в растении. Каждый орган, как и растение в целом, при формировании проходит ряд этапов. Установлено, что влияние каждого фактора среды, определяющего продуктивность растения, неодинаково на различных этапах его индивидуального развития (органогенеза). В связи с этим при интенсивной технологии возрастает роль контроля как состояния растений по этапам органогенеза, так и меняющихся условий произрастания.

Ф.М. Куперман установила в развитии злакового растения 12 основных этапов органогенеза, общих для всех покрытосеменных растений (рис. 9, табл. 17).

**I.** В набухшем от влаги семени начинается активное образование зародышевых органов. При прорастании зерновки трогаются в рост главный зародышевый корешок. Через сутки–двое появляются зародышевые корни. Конус нарастания (точка роста) недифференцированный. Этап завершается прорастанием семени. Элементы продуктивности – полевая всхожесть и густота стояния растений.

**II.** Дифференциация основания конуса нарастания на зачаточные узлы, междоузлия и стеблевые листья. Элементы продуктивности – высота и число листьев, коэффициент кущения.

**III.** Вытягивание и сегментация конуса нарастания – зачаточной оси колоса. С началом кущения образуются вторичные (узловые) корни. Элемент продуктивности – число члеников колосового стержня.

**IV.** Формирование колосковых бугорков (конуса нарастания второго порядка). Растут нижние междоузлия. Элемент продуктивности – число колосков в колосе.

**V.** Формирование цветков и колосков. Первыми начинают дифференцироваться колосковые бугорки средней части колоса. На этом этапе окончательно определяется потенциально возможное для сорта число цветков в колосках.

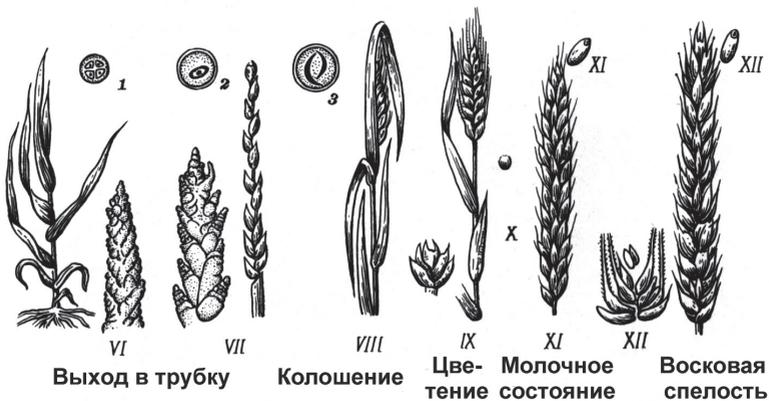


Рис. 9. Фазы развития и этапы органогенеза озимой пшеницы (по Ф. М. Куперман)

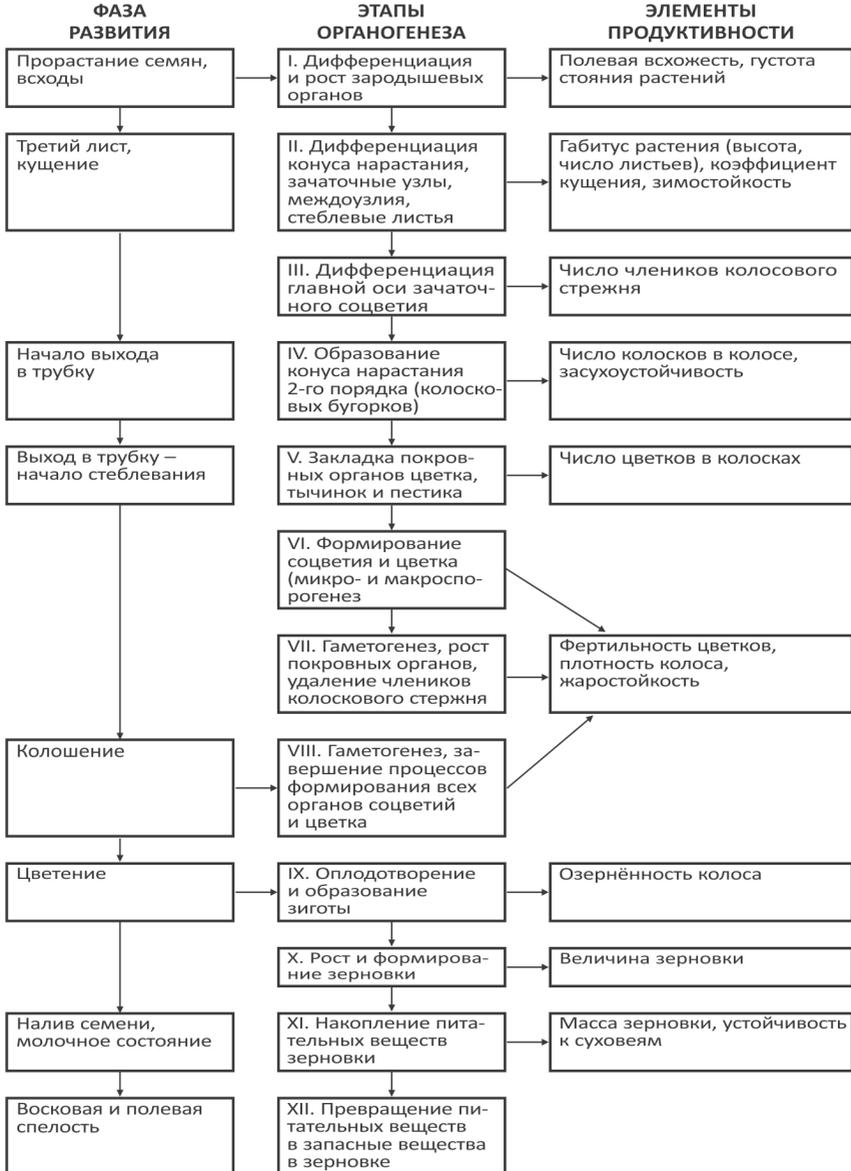
**VI.** Формирование пыльниковых мешков и завязи пестика. Идёт рост тычинок, пестика и покровных органов цветка. Усиленно растут средние междоузлия. Элемент продуктивности – число цветков в колосках.

**VII.** Завершение процесса формирования пыльцы. Усиливается рост тычиночных нитей. Начинается интенсивный рост члеников соцветия и покровных органов цветка, а также верхних междоузлий. Элементы продуктивности – фертильность цветков, плотность колоса.

**VIII.** Завершается процесс формирования всех органов соцветия и цветка. Усиленно растёт самое длинное верхнее междоузлие. Элементы продуктивности – фертильность цветков, плотность колоса.

**IX.** Цветение, оплодотворение, образование зиготы. Рост междоузлий стебля прекращается. Элемент продуктивности – озерённость колоса.

**Формирование элементов продуктивности  
озимой пшеницы на разных этапах органогенеза  
(по Ф. М. Куперман и О. Г. Семенову)**



**X.** Формирование зерновки. К концу этапа зерновки достигают типичных для сорта размеров по длине. Элемент продуктивности – величина зерновки.

**XI.** Накопление питательных веществ в зерновках (налив), идёт их рост в толщину и ширину. Элемент продуктивности – величина зерновки.

**XII.** Рост зерновки прекращается, наступают восковая и полная спелость. Накопленные в зернах питательные вещества превращаются в запасные. Элемент продуктивности – масса зерновки.

Описанные этапы органогенеза используются в практической деятельности. По ним определяют сроки дробного внесения азотных удобрений или сроки полива при орошении.

В процессах фотосинтеза, органогенеза и формирования урожая основная роль принадлежит листьям растения. Их повреждение вредителями и поражение болезнями ведут к снижению продуктивности фотосинтеза и урожайности. Первые три зародышевые листа обеспечивают продуктами фотосинтеза рост нижних стеблевых листьев. После перехода растений к IV этапу органогенеза зародышевые листья и 4-й лист постепенно отмирают, а 5–6-й листья обеспечивают рост верхних междоузлий стебля и прохождение растениями VI–VIII этапов. Вещества, синтезируемые 6–8-м листьями, а также цветочными чешуями, используются формирующимися зерновыми на X и XI этапах органогенеза.

Следует отметить большую роль в формировании урожая верхнего листа – флага. В фазе колошения пшеницы интенсивность фотосинтеза верхнего листа в 5 раз больше, чем второго и третьего. Верхний флаговый лист более интенсивно снабжает ассимилятами зерновки, из второго сверху листа они в основном попадают в колосковые и цветочные чешуи, а также в другие части растения. Применяя интегрированную защиту растений от болезней и вредителей, можно обеспечить длительное физиологическое функционирование верхних 2-3 листьев.

***Задание 1.** На опытном участке провести фенологические наблюдения за растениями озимой пшеницы (при наблюдении отметить дату, фазу развития и этап органогенеза).*

***Задание 2.** Определить показатели продуктивности растений и заполнить таблицу 18.*

## Показатели формирования продуктивности растений

Вариант	Фенофаза	Этап органогенеза	Элемент продуктивности	Число колосков в колосе ( $n$ )
Число зёрен в 1 колоске, шт.	Число продуктивных побегов на растении, шт.	Количество растений на 1 м <sup>2</sup> посева, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Потенциальная урожайность, ц/га

Окончание правильное?  
Т.е. имеется виду «на (одно) растение»  
или просто «на растений»?

## 12. Определение элементов минерального питания в отдельных частях растений

Минеральное питание – столь же уникальное свойство растения, как и фотосинтез. Именно эти две функции лежат в основе автотрофности растительного организма, т. е. способности строить своё тело из неорганических веществ. Причём управление корневым питанием растений значительно легче, чем регулирование воздушного питания – усвоения CO<sub>2</sub>. Поэтому минеральное питание издавна привлекает внимание физиологов и постоянно находится в поле зрения агрономов.

Большое значение минеральным удобрениям придавал Д. Н. Прянишников – основоположник агрохимии в России. Его научные труды о корневом питании растений и удобрениях положены в основу химизации сельского хозяйства.

Растения способны поглощать из окружающей среды практически все элементы Периодической системы Д. И. Менделеева. Причём многие рассеянные в земной коре элементы накапливаются в растениях в значительных количествах и включаются в природный круговорот веществ, в частности в круговорот редких элементов. Однако для нормальной жизнедеятельности самого растительного организма требуется лишь небольшая группа элементов.

*Питательными веществами* называются вещества, необходимые для жизни организма. Элемент считается необходимым,

если его отсутствие не позволяет растению завершить свой жизненный цикл; недостаток элемента вызывает специфические нарушения жизнедеятельности растения, предотвращаемые или устраняемые внесением этого элемента; элемент непосредственно участвует в процессах превращения веществ и энергии, а не действует на растение косвенно.

Более столетия назад физиологи, пытаясь вырастить растения без почвы в водных растворах солей, установили, какие химические элементы, в каких формах и в каком количестве нужны растениям для нормального развития. На основе этих исследований началось производство удобрений, без которых в настоящее время земледелие немыслимо.

Для определения элементов минерального питания в полевых условиях разработан ряд методов. Прежде всего следует установить, внешний вид каких частей растений нарушен, а также убедиться в том, что растения не поражены болезнями и не повреждены вредителями, которые также изменяют внешний вид растений. Изменение окраски вегетативных органов может быть вызвано и погодными условиями, поэтому следует учитывать и метеорологические условия вегетации.

Для определения макроэлементов отбирают по 2-3 растения каждого варианта, отчленивают от них те части растений, которые можно использовать для диагностических целей в соответствии с фазой развития, на которой они находятся в момент определения.

Определение нитратов. Из листьев с помощью ручного пресса отжимают сок, каплю его наносят на кусочек фильтровальной бумаги или ткани. Затем на эту каплю наносят каплю 1%-ного раствора сульфата дифениламина. Полученную окраску оценивают по 6-балльной шкале (табл. 19).

Таблица 19

**Шкала для определения потребности растений  
в азотном удобрении**

<b>Балл</b>	<b>Характер окрашивания пятна</b>	<b>Потребность растений в азотном удобрении</b>
6 баллов	Раствор и ткань быстро и интенсивно окрашиваются в сине-чёрный цвет. Окраска устойчивая	Не нуждаются, избыток нитратов

Балл	Характер окрашивания пятна	Потребность растений в азотном удобрении
5 баллов	Раствор и ткань сразу окрашиваются в тёмно-синий цвет. Окраска сохраняется	Не нуждаются, нитратов достаточное количество
4 балла	Раствор и ткань окрашиваются в синий цвет. Окраска проявляется не сразу	Слабо нуждаются
3 балла	Окраска светло-синяя, исчезает через 2–3 минуты	Средне нуждаются
2 балла	Окрашивание светло-голубое	Нуждаются
1 балл	Следы голубой быстро исчезающей окраски	Сильно нуждаются
0 баллов	Порозовение бумаги, обугливание	Очень сильно нуждаются

Определение фосфатов. Из листьев отжимают сок, 1 каплю его наносят на фильтровальную бумагу, на неё капают 1 каплю молибдата аммония. Отпечатку дают слегка подсохнуть и затем последовательно наносят по 1 капле бензидина и насыщенного раствора ацетата натрия. После этого появляется синяя окраска отпечатков сока на фильтровальной бумаге. Интенсивность окраски сравнивают со шкалой и оценивают в баллах (табл. 20).

Таблица 20

### Определение потребности растений в фосфатных удобрениях

Балл	Характер окрашивания пятна	Потребность растений в фосфатных удобрениях
5 баллов	Пятно и ткань сразу окрашиваются в тёмно-синий цвет	Не нуждаются
4 балла	Синяя	Слабо нуждаются
3 балла	Окраска светло-синяя	Средне нуждаются
2 балла	Окрашивание светло-голубое	Нуждаются
1 балл	Слабо-серо-голубая	Сильно нуждаются

Определение калия. Каплю сока из листьев исследуемых растений наносят на фильтровальную бумагу. Затем на пятно наносят 1 каплю раствора кобальт-нитрита натрия (или

дипикрилами́на магне́зия), а затем 1 каплю соляной кислоты. Появившуюся окраску пятна сравнивают со шкалой и оценивают в баллах (табл. 21).

Таблица 21

### Определение потребности растений в калийных удобрениях

Балл	Окраска раствора на бумаге или ткани	Потребность растений в калийных удобрениях
5 баллов	Красно-суриковая	Не нуждаются
4 балла	Красно-оранжевая	Слабо нуждаются
3 балла	Оранжевая	Средне нуждаются
2 балла	Жёлто-оранжевая	Нуждаются
1 балл	Соломенно-жёлтая	Сильно нуждаются
0 баллов	Лимонно-жёлтая	Очень сильно нуждаются

*Задание.* На опытном поле провести определение содержания элементов минерального питания в отдельных частях растения, заполнить таблицу 22. На основе определения сделать заключение о необходимости внесения удобрений.

Таблица 22

### Диагностика элементов минерального питания

Вариант опыта	Каких элементов минерального питания не хватает растению

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ для проведения текущей аттестации

1. Назовите цели и задачи комплексной практики по «Физиологии растений» и «Агрометеорологии».
2. Какие наблюдения за растениями называются «сопряжёнными»?
3. Какие показатели используются для характеристики условий осенней вегетации озимых?
4. Дайте объяснение понятию «средние многолетние данные».

5. Назовите причины гибели озимых культур и многолетних трав в зимний период.

6. Вымерзание растений, выпревание, ледяная корка и др. Причины и меры борьбы.

7. В какой период времени проводится осеннее обследование посевов?

8. Что является основной целью осеннего обследования?

9. Какие показатели определяют при осеннем обследовании полей?

10. Какие показатели используются при характеристике зимнего периода?

11. Как правильно проводить анализ условий зимнего периода?

12. Какие показатели используются при характеристике весеннего периода?

13. Как правильно проводить анализ условий весеннего периода?

14. Для каких целей определяют жизнеспособность растений зимой?

15. Дайте характеристику методу отращивания растений в монолитах.

16. Дайте характеристику методу биологического контроля.

17. С какой целью проводят весеннее обследование озимых после перезимовки?

18. Методика проведения весеннего обследования посевов (густота и высота растений).

19. Какие физиологические показатели определяют при весеннем обследовании посевов?

20. Назовите физиологические показатели, по которым оценивают оптимальный тип зимостойкости озимой пшеницы для условий Центра Нечерноземной зоны.

21. Какие наблюдения называются фенологическими? Назовите основные фазы развития сельскохозяйственных культур.

22. Дайте характеристику фазы кущения, выхода в трубку, колошения, цветения.

23. Назовите признаки молочной, восковой и полной спелости зерна.

24. Назовите основные фазы развития многолетних злаковых и бобовых трав.

25. Значение воды в жизни растений.

26. Для чего определяют содержание воды в растительном материале?

27. Методика отбора растительных проб для определения сухого вещества.

28. Методика сушки и определения сухого вещества в растительных образцах.

29. Дайте определение понятию онтогенез, филогенез, рост, развитие растений.

30. Закономерности роста растений (по Ю. Саксу).

31. Закон периода большого роста (S-образная кривая).

32. Влияние метеорологических условий на рост и развитие растений.

33. Какие вегетативные органы вносят наибольший вклад в формирование продуктивности у растений?

34. Основные этапы развития растительного организма.

35. Какие этапы органогенеза соответствуют фазам – всходы, кущение, выход в трубку?

36. Какие этапы органогенеза соответствуют фазам – колошение, цветение, молочная спелость, восковая и полевая спелость?

37. Назовите показатели продуктивности растений.

38. Водоудерживающая способность как показатель устойчивости к неблагоприятным факторам.

39. Какие экологические группы растений лучше переносят обезвоживание: гигрофиты, мезофиты, ксерофиты?

40. Методика определения водоудерживающей способности вегетирующих растений.

41. Как изменяется содержание воды в листьях в зависимости от места положения на растении?

42. Основные методы определения площади листьев.

43. Листовой индекс сельскохозяйственных культур.

44. Фотосинтетический потенциал как показатель фотосинтетической деятельности посевов.

45. Перечислите методы диагностики питания растений.

46. Какие элементы питания определяются экспресс-методами?

47. Изложите принципы отбора проб для листовой диагностики элементов минерального питания.

48. Что значит визуальная диагностика?

49. Назовите внешние признаки недостатка азота, фосфора, калия.

50. Назовите внешние признаки недостатка микроэлементов: бора, молибдена, магния.

## Словарь основных терминов (гlossарий)

**Агрометеорология** – раздел сельскохозяйственной метеорологии, изучающий метеорологические условия в их взаимодействии с процессами роста, развития, формирования урожая сельскохозяйственных культур и агротехническими мероприятиями (ГОСТ 17713–89).

**Агрометеорологические наблюдения** – наблюдения за состоянием, ростом, развитием и формированием продуктивности сельскохозяйственных культур и естественной (пастбищной) растительностью, сопряжённые (параллельные) по месту и времени с наблюдениями (измерениями) за метеорологическими условиями.

**Беззаморозковый период** – время (в сутках) между последним весенним и первым осенним заморозками.

**Биомасса** – количество живого функционирующего вещества растительного сообщества (посева) в целом, выраженное в единицах массы, приходящейся на единицу площади или объёма ( $\text{г}/\text{м}^2$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $\text{кг}/\text{га}$ ,  $\text{т}/\text{га}$  и т. п.).

**Вегетация** – состояние активной жизнедеятельности растения (в отличие от состояния покоя), выражающееся в питании, росте и развитии.

**Вегетационный период** – период (часть года), в течение которого происходит жизнедеятельность (вегетация) растений. Продолжительность периода обычно выражается в сутках или в суммах положительных температур воздуха. В условиях умеренного климата он соответствует периоду с устойчивым превышением средней суточной температуры воздуха 0 или 5 °С.

**Вещества питательные** – вещества, необходимые для жизни организма. Элемент считается необходимым, если его отсутствие не позволяет растению завершить свой жизненный цикл; недостаток его вызывает специфические нарушения жизнедеятельности растения, устраняемые внесением этого элемента; элемент непосредственно участвует в процессах превращения веществ и энергии, а не действует на растение косвенно.

**Вырубка монолитов** – взятие проб замёрзшей почвы с посеянными в ней озимыми культурами для определения их жизнеспособности в зимний период. Размеры монолитов обычно составляют 30 × 30 см и глубиной 15 × 20 см.

**Глубина промерзания почвы** – показатель условий перезимовки озимых культур, связанный с сезонным промерзанием почвы (см), вызванным отрицательным тепловым балансом почвы зимой.

**Густота стояния растений** – количество растений (или стеблей) на единице площади в день обследования.

**Дата массового наступления фазы развития** – дата, определяемая наблюдателем в процессе регулярных фенологических обследований, когда наблюдаемая фаза развития наступает не менее чем у 50 % растений, являющихся объектом наблюдений.

**Жизнеспособность зимующих культур** – способность озимых культур (и др. растений) возобновлять рост и развитие после окончания зимнего периода покоя. Выражается средним процентом сохранившихся растений или погибших растений.

**Закон Сакса, или «закон большого периода роста»:** скорость роста увеличивается сначала медленно, потом всё быстрее и быстрее, достигает максимального значения, а затем постепенно уменьшается.

**Зрелость** – период формирования репродуктивных органов растения от заложения первого цветка до первого оплодотворения.

**Изменения возрастные** – обусловленные возрастом структурные физиолого-биохимические изменения организма и его отдельных частей, возникающие в процессе онтогенеза.

**Качества семян посевные** – совокупность свойств и признаков семян (чистота, энергия прорастания, всхожесть, сила роста, масса тысячи семян и др.), характеризующих степень их пригодности для посева.

**Кушение** – особая форма ветвления побега, характерная обычно для злаков, при которой боковые побеги развиваются только у основания главного побега. Обычно это происходит либо в подземной части стебля, либо на уровне почвы. От других способов ветвления отличается жёсткой локализацией зоны кушения – компактностью, а также способностью боковых побегов быстро укорениться.

**Морозоустойчивость** – способность растений переносить охлаждение ниже 0 °С без нарушения онтогенетического развития.

**Набухание** – поглощение жидкости или пара высокомолекулярным веществом, сопровождаемое увеличением его объёма. В протоплазме преобладает набухание за счёт гидратации белков, нуклеиновых кислот, углеводов; в клеточной стенке наблюдаются капиллярный эффект (вода между микрофибриллами и в межмицеллярных

пространствах) и гидратация полисахаридов, среди которых выделяются пектиновые вещества.

**Неблагоприятное явление** – атмосферное явление, оказывающее угнетающее воздействие на состояние сельскохозяйственных культур или сельскохозяйственных животных, находящихся на выпасе.

**Онтогенез, или жизненный цикл** – индивидуальное развитие организма от образования зиготы, или вегетативного зачатка, до естественной смерти. Онтогенез можно рассматривать как процесс реализации наследственной информации, сложившейся в ходе исторического развития данного вида.

**Период генеративный** – период онтогенеза цветковых растений, в течение которого они способны образовывать генеративные органы.

**Период покоя (у растений)** – промежуток времени, в течение которого растение обладает минимальной чувствительностью к воздействию внешних *агрометеорологических условий*.

**Периодичность плодоношения** – чередование периодов обильного и слабого плодоношения у многолетних растений.

**Периодичность роста сезонная** – изменение процессов в растении в течение вегетационного периода. Например, образование годичных колец в древесине растений умеренного пояса, когда интенсивность роста ствола в толщину достигает максимума в летнее время, прекращается осенью.

**Плач растений** – явление появления капелек сока (пасоки) на поверхности среза стебля. Является проявлением активного движения воды в корне.

**Плотность корней в почве** – длина корней, приходящаяся на единицу объёма почвы или на единицу площади поверхности почвы.

**Полегание растений** – явление, наблюдаемое у злаков (рожь, пшеница) вследствие нарушения нормального соотношения между массой надземной части растения и прочностью нижней части его стебля, из-за недостаточного утолщения соломины и слабого развития в ней механических тканей.

**Прорастание семян надземное** – прорастание семян, при котором семядоли выносятся на поверхность почвы.

**Прорастание семян подземное, гипогейальное прорастание семян, криптокотилярное прорастание семян** – прорастание семян, при котором семядоли не выносятся на поверхность почвы, а остаются в ней (горох).

**Проросток** – растение в период от появления всходов до развёртывания первого листа главного побега.

**Рост растений** – важнейший жизненный процесс, лежащий (наряду с *развитием*) в основе формирования растительного организма, его *онтогенеза*. РР – необратимое увеличение размеров, связанное с новообразованием клеток, тканей, органов и всего растения в целом.

**Фазы развития растений** – последовательные этапы индивидуального развития растения – от прорастания семени до отмирания органов. Название фазы соответствует определённым морфологическим признакам, например кущение, колошение, цветение и т. д. Синоним: *фенофаза*.

**Физиология растений** – наука, изучающая функции и процессы жизнедеятельности растительного организма, их взаимосвязь, зависимость от внутренних и внешних условий, а также пути управления ими.

**Цикл развития** – период развития от семени до семени у высших растений, включающий прохождение всех фаз развития и стадии морфогенеза.

**Эвапотранспирационный коэффициент**, или **коэффициент водопотребления** – отношение эвапотранспирации к созданной биомассе или хозяйственно полезному урожаю.

**Эвапотранспирация** – суммарный расход воды за вегетацию 1 га посева или насаждения, т. е. сюда включаются испарение воды с поверхности (эвапорация) и транспирация. Эвапотранспирацию можно рассчитать балансовым методом. Она равняется разности в содержании влаги в метровом слое почвы в начале и конце вегетации плюс расход воды с осадками и поливом.

**Яровизация** – стимуляция цветения при действии пониженных температур. У прорастающих семян и зелёных растений процессы яровизации проходят в стеблевых апексах (почках), в делящихся клетках верхушечной меристемы. Для большинства видов растений оптимальная температура яровизации – от 0 до 5–10 °С. У озимой пшеницы длительность непрерывного воздействия пониженными температурами (яровизация) составляет 35–60 суток.

**Ярусность** – вертикальное расчленение растительного сообщества на элементы, имеющие разные сложения и сомкнутость.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белолобцев А.И., Сенников В.А., Асауляк И.Ф. и др.** Практикум по агрометеорологии и агрометеорологическим прогнозам. М.: БИБКОН, ТРАНСЛОГ, 2015. С. 160–170.
2. **Биологический** энциклопедический словарь. М.: Сов. Энциклопедия, 1986. 831 с.
3. **Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д.** Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2005. С. 481–491.
4. **Грингоф И.Г., Федорова З.С., Белолобцев А.И., Малахова С.Д.** Практикум по агрометеорологии. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2018. 384 с.
5. **Куперман Ф.М.** Морфофизиология растений /Ф.М. Куперман. М.: Высшая школа, 1984. 240 с.
6. **Комплексная** учебная полевая практика по физиологии растений и агрометеорологии (для студентов агрономического факультета). М.: Центр оперативной полиграфии ФГОУ ВПО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2006. 33 с.
7. **Малахова С.Д.** Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физиология и биохимия растений». Калуга, 2012. 34 с.
8. **Моисейчик В.А.** Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 295 с.
9. **Практикум** по физиологии растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. М.: «КолосС», 2003. 288 с.
10. **Справочник** терминов и понятий по физиологии и биохимии растений / Под ред. М.Н. Кондратьева. М.: ФГОУ ВПО РГАУ–МСХА, 2007. 180 с.
11. **Тараканов И.Г., Яковлева О.С.** Физиология растений. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов-бакалавров агрономических специальностей. М.: РГАУ-МСХА, 2010. 70 с.
12. **Физиология** и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др. М.: Колос, 1998. 640 с.
13. **Шульгин А.М.** Агрометеорология и агроклиматология. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 200 с.

---

### Физиология растений и агрометеорология

Учебное пособие для проведения практики

Подписано к печати 19.12.2019 г. Формат 60 × 84/16.  
Печать офсетная. Печ. л. 3,39. Тираж 100 экз. Заказ № 33.

Отпечатано в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», г. Обнинск, ул. Королёва, 6.