



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



Е.А. Сизова

«30» декабря 2025 г.

«МЕТОДЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ (*BRASSICA OLERACEA VAR. CAPITATA*)»

Руководитель,  
заведующий кафедрой молекулярной селекции,  
клеточных технологий и семеноводства, д.с.-х.н.

С.Г. Монахов

Москва 2025

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав. каф, д.с.-х.н.,  
профессор



30.12.2025

С.Г. Монахов  
(основная часть)

Исполнители:  
Ассистент



30.12.2025

М.А. Никитин  
(основная часть)

## РЕФЕРАТ

**Работа содержит:** 45 страниц, 10 рисунков.

**Ключевые слова:** капуста белокочанная, фенотипирование, методики, селекция, оценка признаков, урожайность, качество кочана, устойчивость к болезням, лежкость.

**Цель работы:** систематизация и описание стандартизированных методик инструментальной фенотипической оценки капусты белокочанной (*Brassica oleracea var. capitata*) для применения в селекционных программах и научно-исследовательской деятельности.

**Методы:** в работе представлены унифицированные протоколы оценки более 10 ключевых селекционно-значимых признаков, включая:

методы определения морфометрических показателей кочана (масса, высота, диаметр, высота внутренней кочерыги, индекс формы);

методики оценки устойчивости к болезням (кила, фузариозное увядание, сосудистый бактериоз);

методы оценки репродуктивных характеристик (общая комбинационная способность, самонесовместимость, мужская стерильность);

методики оценки хозяйственно-ценных свойств (продолжительность хранения, продолжительность вегетационного периода до созревания).

**Результаты работы:** разработан комплекс взаимодополняющих методик, обеспечивающих точную, воспроизводимую и сравнительную оценку фенотипических признаков капусты белокочанной. Методики включают детальное описание необходимого оборудования, инструментов, реактивов, пошаговых процедур проведения измерений и формул для расчёта итоговых показателей. Представленные протоколы позволяют стандартизировать процесс фенотипирования в селекционных питомниках и исследовательских опытах, что способствует повышению эффективности отбора перспективных генотипов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ .....	2
РЕФЕРАТ .....	3
1. МАССА КОЧАНА .....	5
2. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЧАНА.....	8
3. ДЛИНА ВНУТРЕННЕЙ КОЧЕРЫГИ .....	13
4. УСТОЙЧИВОСТЬ К КИЛЕ.....	16
5. УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗНОМУ УВЯДАНИЮ.....	20
6. УСТОЙЧИВОСТЬ К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ.....	24
7. ОБЩАЯ КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ.....	28
8. САМОНЕСОВМЕСТИМОСТЬ .....	31
9. МУЖСКАЯ СТЕРИЛЬНОСТЬ.....	34
10. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ХРАНЕНИЯ.....	37
11. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ДО СОЗРЕВАНИЯ.....	41

## 1. МАССА КОЧАНА

Методика предназначена для определения массы зачищенного кочана капусты белокочанной и проведения товарной сортировки на фракции: стандартные, нестандартные кочаны и отход. Метод применяется в селекционной практике для оценки выравненности и товарности селекционных номеров, линий и гибридов, в научно-исследовательской работе для изучения влияния агротехнических приемов на продуктивность, а также при оценке качества урожая в семеноводстве.

Метод основан на взвешивании объединенной пробы кочанов, их последующей зачистке и сортировке в соответствии с установленными товарными требованиями. Путем взвешивания каждой выделенной фракции вычисляется ее процентное содержание, что дает объективную оценку товарного выхода продукции.

### Подготовка к анализу и отбор проб

Уборку урожая проводят в фазу технической спелости кочанов, характерную для конкретного сорта или гибрида (раннеспелая, среднеспелая, среднепоздняя, позднеспелая). С учетной площади делянки отбирают объединенную пробу, репрезентативную для всего варианта опыта. Рекомендуемый размер объединенной пробы — не менее 10-15 типичных кочанов, отобранных методом случайного повторного отбора по диагонали делянки. Исключаются краевые растения для нивелирования «краевого эффекта».

### Проведение анализа

1. Первичное взвешивание: Объединенную пробу кочанов взвешивают целиком до любой обработки. Массу фиксируют как 'М<sub>общ</sub>' (масса объединенной пробы).

### 2. Зачистка кочанов:

Кочаны среднеспелой, среднепоздней и позднеспелой капусты зачищают, удаляя 2–4 неплотно прилегающих листа.

Кочерыгу укорачивают, оставляя длину не более 3 см от последнего плотно облегающего листа.

Массу удаленных листьев и части кочерыги учитывают, как первоначальный отход ('М<sub>отход</sub>'), ее не включают в дальнейший расчет товарных фракций.

Раннеспелую капусту зачищают в соответствии с установленными для нее требованиями (удаление неплотно прилегающих листьев, длина кочерыжки не более 3 см).

3. Сортировка на фракции: зачищенные кочаны (с длиной кочерыжки не более 3 см) рассортировывают на три фракции.

Стандартные: кочаны, соответствующие следующим требованиям: свежие, целые, здоровые, чистые, вполне сформировавшиеся, непроросшие, типичной для ботанического сорта формы и окраски. Без повреждений сельскохозяйственными вредителями, без посторонних запаха и привкуса.

- Для раннеспелой: различной степени плотности; масса зачищенного кочана не менее 0,4 кг.
- Для среднеспелой, среднепоздней и позднеспелой: плотные или менее плотные, но не рыхлые; масса зачищенного кочана не менее 0,8 кг.
- Длина кочерыжки над кочаном — не более 3 см.
- Допускаются механические повреждения на глубину не более 2 облегающих листьев (для раннеспелой) и не более 4 облегающих листьев (для среднеспелой и позднеспелой).

Нестандартные: кочаны с отклонениями, не переходящими в отход:

- Сухие загрязнения.
- Механические повреждения на глубину не более 3 облегающих листьев (раннеспелая) или не более 5 облегающих листьев с засечкой кочерыжки (среднеспелая и позднеспелая).
- Длина кочерыжки от 3,1 до 7 см.
- Допускается наличие до 5% нестандартных кочанов в партии.

Отходы: кочаны, не соответствующие требованиям к нестандартной фракции:

- Кочерыга длиной более 7 см.
- Наличие 5 и более неплотно прилегающих листьев (для среднеспелой и позднеспелой).
- Механические повреждения глубиной свыше 5 облегающих листьев (для раннеспелой — свыше 3).

- Проросшие, треснувшие, загнившие, запаренные, подмороженные, поврежденные вредителями.

4. Взвешивание фракций: Каждую выделенную фракцию (стандартные `M\_ст`, нестандартные `M\_нест`, отход `M\_отх`) взвешивают на электронных весах с погрешностью не более 0,1 кг.

### **Обработка и представление результатов**

1. Расчет массы пробы для анализа: Рассчитывают массу объединенной пробы за вычетом первоначального отхода.

$$M_{\text{анализ}} = M_{\text{общ}} - M_{\text{отход}}$$

2. Расчет процентного содержания каждой фракции:

$$\text{Доля стандартных кочанов, \%: } W_{\text{ст}} = (M_{\text{ст}} / M_{\text{анализ}}) \cdot 100$$

$$\text{Доля нестандартных кочанов, \%: } W_{\text{нест}} = (M_{\text{нест}} / M_{\text{анализ}}) \cdot 100$$

$$\text{Доля отхода, \%: } W_{\text{отх}} = (M_{\text{отх}} / M_{\text{анализ}}) \cdot 100$$

Вычисления производят до второго десятичного знака с последующим округлением до первого десятичного знака.

За результат определения принимают процентное содержание каждой фракции от массы объединенной пробы без первоначального отхода.

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Электронные весы настольные с пределом взвешивания не менее 10-15 кг и точностью  $\pm 0,1$  кг; рабочее место для сортировки (стол).

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Ножи разделочные для зачистки кочанов; разделочные доски; линейка измерительная металлическая (50-100 см) или штангенциркуль для контроля длины кочерыги; тара для сбора и временного хранения отходов (емкости, ящики); полевой журнал или планшет для записи данных; маркировочные этикетки; влагостойкие маркеры.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Не требуются.

## 2. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЧАНА

Методика предназначена для определения высоты кочана белокочанной капусты и расчета индекса формы. Метод применяется в селекционной практике для характеристики морфологических особенностей сортов и гибридов, в научно-исследовательской работе для изучения изменчивости признаков, а также в семеноводстве для идентификации и описания сортов.

Метод основан на прямом измерении высоты и диаметра кочана с последующим расчетом индекса формы, который характеризует тип кочана. Измерения проводятся с помощью стандартных измерительных инструментов в продольном и поперечном сечениях кочана.

### Подготовка к анализу и отбор проб

Отбор кочанов проводят в фазу технической спелости. Для анализа отбирают не менее 10-15 типичных для делянки кочанов, очищенных от неплотно облегающих листьев. Кочаны должны быть без видимых механических повреждений и признаков заболеваний.



### Проведение измерений

1. Подготовка кочана: кочан размещают на горизонтальной поверхности основанием кочерыжки вниз.

2. Измерение высоты кочана (H):

Линейку или штангенциркуль устанавливают вертикально от основания кочана (места прикрепления самых нижних плотно облегающих листьев) до

его верхней точки. Измерение проводят с точностью до 0,5 см. Результат записывают в сантиметрах.

### 3. Измерение диаметра кочана (D):

Измеряют два взаимно перпендикулярных диаметра в наиболее широкой части кочана

Для расчета индекса формы используют среднее значение диаметров

$$D = (D_1 + D_2)/2$$

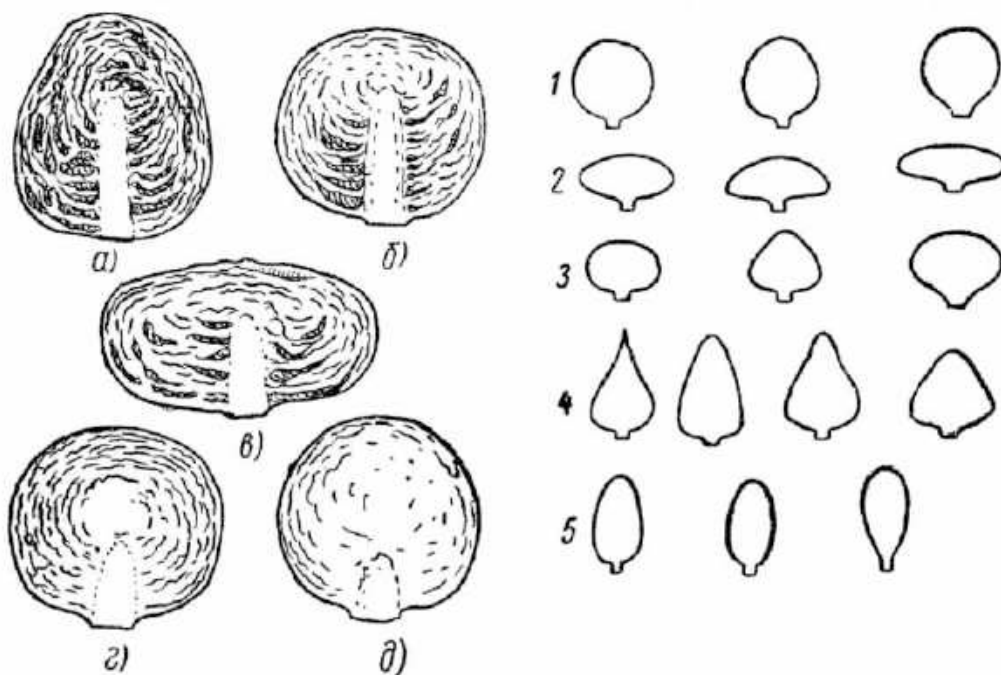
Измерение проводят с точностью до 0,5 см

### Обработка и представление результатов

1. Расчет индекса формы (ИФ):  $ИФ = H/D$

2. Определение типа кочана по индексу формы:

- Плоские: ИФ = 0,4-0,7
- Округло-плоские: ИФ = 0,71-0,8
- Округлые: ИФ = 0,81-1,0
- Конусовидные: ИФ = 1,01-1,4
- Овальные: ИФ = 1,41-2,1



**Рис 2. Форма кочана:** 1 – округлая, 2 – плоская, 3 – округло-плоская, 4 – конусовидная, 5 – овальная; а) – конусовидная, б) – округло-плоская, в) – плоская, г) округлая, д) овальная.

3. Для каждой исследуемой группы рассчитывают:

- Среднюю высоту кочана ( $H_{\text{ср}}$ )
- Средний диаметр кочана ( $D_{\text{ср}}$ )
- Средний индекс формы (ИФср)
- Стандартное отклонение и коэффициент вариации

## **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Измерительная система с цифровой индикацией; лабораторный стол с ровной горизонтальной поверхностью.

Измерение диаметра кочана основано на измерении двух взаимно перпендикулярных диаметров в наиболее широкой части кочана с последующим расчетом среднего значения. Измерения проводятся с помощью стандартных измерительных инструментов после продольного разрезания кочана.

## **Подготовка к анализу и отбор проб**

Отбор кочанов проводят в фазу технической спелости. Для анализа отбирают не менее 10-15 типичных для делянки кочанов, очищенных от неплотно облегающих листьев. Кочаны должны быть без видимых механических повреждений и признаков заболеваний.

## **Проведение измерений**

1. Подготовка кочана: кочан разрезают вдоль через центр острым ножом для получения ровной плоскости разреза.



2. Измерение диаметров:

- Первый диаметр ( $D_1$ ) измеряют в наиболее широкой части кочана
- Второй диаметр ( $D_2$ ) измеряют перпендикулярно первому в той же широкой части
- Измерения проводят с точностью до 0,5 см
- Для измерения используют штангенциркуль или линейку

3. Расчет среднего диаметра:  $D_{ср} = (D_1 + D_2)/2$

На основе среднего диаметра кочаны классифицируют на:

- Нетоварные: 1-9 см
- Мелкие: 10-18 см
- Средние: 19-25 см
- Крупные: более 25 см

### **Обработка и представление результатов**

1. Для каждого кочана рассчитывают средний диаметр ( $D_{ср}$ )
2. Определяют категорию размера кочана согласно классификации
3. Для исследуемой группы рассчитывают:
  - Средний диаметр кочанов
  - Стандартное отклонение
  - Коэффициент вариации

- Распределение кочанов по категориям размеров

Величина кочана значительно варьирует в зависимости от условий выращивания. Ранние сорта обычно имеют диаметр 10-20 см, среднеспелые и позднеспелые сорта могут достигать 30-45 см и более.

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Измерительная система с цифровой индикацией; лабораторный стол с ровной горизонтальной поверхностью.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Штангенциркуль с ценой деления 0,1 см; линейка металлическая длиной 50 см; нож разделочный; разделочные доски; полевой журнал для записи данных; маркировочные этикетки.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Не требуются.

### **3. ДЛИНА ВНУТРЕННЕЙ КОЧЕРЫГИ**

Методика предназначена для определения длины внутренней кочерыги белокачанной капусты. Данный показатель является важным сортовым признаком, имеющим существенное хозяйственное значение для оценки качества кочана и технологических свойств продукции. Метод применяется в селекционной практике при оценке новых сортов и гибридов, в научно-исследовательской работе при изучении влияния агротехнических приемов на формирование кочана, а также в семеноводстве для идентификации и описания сортов.

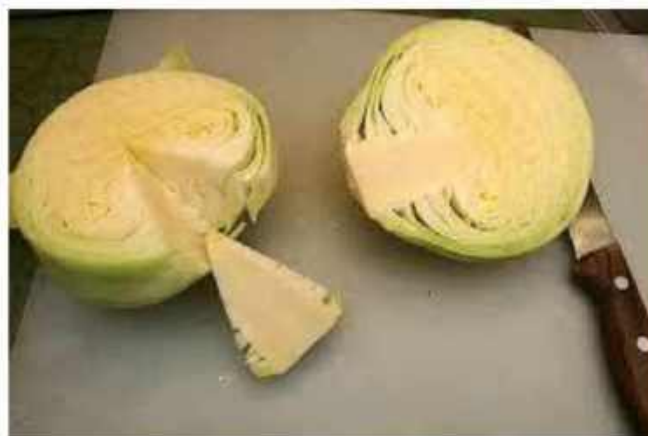
Метод основан на продольном разрезе кочана через центр с последующим измерением высоты внутренней кочерыги и высоты кочана. Отношение длины кочерыги к высоте кочана, выраженное в процентах, характеризует развитие внутренней структуры кочана и является стабильным сортовым признаком.

#### **Подготовка к анализу и отбор проб**

1. Отбор кочанов проводят в фазу полной технической спелости, характерную для конкретного сортотипа.
2. Для анализа отбирают не менее 10-15 типичных, здоровых кочанов с каждой делянки.
3. Кочаны должны быть очищены от наружных неплотно облегающих листьев, без видимых механических повреждений и признаков заболеваний.
4. Условия проведения измерений: температура помещения 18-22°C, относительная влажность воздуха 60-70%.

#### **Проведение измерений**

Кочан размещают на разделочной доске основанием кочерыги вниз. Острым ножом проводят продольный разрез через центр кочана, точно через середину внутренней кочерыги.



Измерение высоты кочана (Н): на полученном продольном разрезе измеряют расстояние от основания кочана (места прикрепления самых нижних плотно облегающих листьев) до его верхней точки.

Измерение проводят с помощью линейки или штангенциркуля с точностью до 0,5 см.

### 3. Измерение длины внутренней кочерыги (h):

- Измеряют длину внутренней кочерыги от ее основания до точки начала плотного прилегания листьев.
- Измерение проводят по прямой линии с точностью до 0,5 см.

## Обработка и представление результатов

### 1. Расчет относительной длины внутренней кочерыги:

$K = (h/N) \times 100\%$ , где:

- K - относительная длина внутренней кочерыги, %
- h - абсолютная длина внутренней кочерыги, см
- N - высота кочана, см

### 2. Классификация кочанов по длине внутренней кочерыги:

- Короткая:  $K \leq 40\%$
- Средняя:  $40\% < K \leq 60\%$
- Длинная:  $K > 60\%$

## Статистическая обработка данных

Для каждой исследуемой группы рассчитывают:

- Среднее арифметическое значение относительной длины кочерыги
- Стандартную ошибку среднего
- Коэффициент вариации
- Процентное распределение кочанов по категориям длины кочерыги
- Учет влияющих факторов

При интерпретации результатов необходимо учитывать, что длина внутренней кочерыги подвержена влиянию следующих факторов:

- Влажность почвы в период вегетации (при повышенной влажности кочерыга длиннее)
- Степень вызревания кочана (у незрелых кочанов кочерыга короче)
- Плотность кочана (у менее плотных кочанов кочерыга длиннее)
- Сортные особенности
- Уровень минерального питания

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 5% от среднего значения. Все измерения проводятся в одинаковых условиях для обеспечения сопоставимости результатов.

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Лабораторный стол с ровной горизонтальной поверхностью; сушильный шкаф для доведения образцов до постоянной массы (при необходимости).

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Линейка металлическая длиной 30-50 см; штангенциркуль с ценой деления 0,1 см; нож разделочный острый; разделочные доски; полевой журнал для записи данных; маркировочные этикетки; влагостойкие маркеры; фотоаппарат для документирования разрезов.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Не требуются.

#### 4. УСТОЙЧИВОСТЬ К КИЛЕ

Методика предназначена для оценки устойчивости селекционного материала капусты к возбудителю килы (*Plasmodiophora brassicae*) на искусственном инфекционном фоне в контролируемых условиях. Метод основан на инокуляции растений суспензией покоящихся спор патогена с последующей визуальной оценкой развития заболевания по балльной шкале.

Наиболее точная оценка селекционного материала достигается выращиванием его на искусственном инфекционном фоне. Для заражения килкой инфекционный фон создают, используя компост из разложившихся наростов килы, пораженных ее корней, которые заготавливают с осени и закладывают в траншеи, переслаивая почвой. Весной компост измельчают, просеивают и перемешивают с перегноем в соотношении 1:4. Смесь вносят в лунки по 200-400 г при посадке рассады. Однако при таком способе технически сложно провести оценку устойчивости к различным географическим изолятам или расам возбудителя.

Используемые в настоящее время методы инокуляции представляют собой различные варианты «root-dip» – обмакивания, «slurry» – инфицированного суспензией покоящихся спор субстрата и «pipette» – пипеточного методов. При методе обмакивания корни рассады погружаются в суспензию покоящихся спор перед высадкой в стерильный субстрат. Метод «slurry» состоит в том, что суспензию покоящихся спор перемешивают с субстратом, а затем вносят в лунки, в которые высаживают рассаду. При пипеточном методе в горшки или ячейки кассет с проростками капусты пипеткой или иным дозатором добавляют определенное количество суспензии покоящихся спор (2 мл).

Исследованиями, проведенными на Селекционной станции им. Н.Н. Тимофеева, показано, что оптимальной для заражения растений килкой является концентрация  $1 \times 10^6$  спор/мл. Увеличение или снижение концентрации спор возбудителя при оценке селекционного материала нецелесообразно. При использовании инфекционной нагрузки меньше чем  $1 \times 10^5$  спор/мл поражается от 60 до 96% растений, и в группу устойчивых будет отобрано значительное количество восприимчивых генотипов. А увеличение концентрации свыше  $1 \times 10^6$  спор/мл ведет к излишнему расходу инокулята и к невозможности дифференциации генотипов с полигенным типом устойчивости.

Приготовление суспензии спор. Для приготовления суспензии спор можно использовать желваки как свежие, так и хранившиеся в морозильной камере при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Хранение желваков в морозильной камере позволяет иметь источник инфекции в любое время, однако для инокуляции рекомендуется использовать свежие желваки сильно пораженного растения.

Суспензию спор для инокуляции получают следующим путем:

- желваки сильно пораженного растения измельчают на терке или с помощью бытового блендера;
- полученную гомогенную массу разводят в чистой воде (использование хлорированной водопроводной воды нежелательно);
- интенсивно размешивают и настаивают несколько минут;
- полученный инокулом фильтруют через четырехслойную марлю;
- определяют концентрацию спор в суспензии с использованием камеры Горяева;
- разведением чистой водой доводят до необходимой концентрации.

Опытным путем установлено, что оптимальная для инокуляции концентрация достигается при использовании 5 г свежих желваков на 10 л воды.

Для заражения используют свежеприготовленную суспензию спор патогена.

Оптимальная влажность почвы (субстрата) для развития возбудителя составляет 70-90% от полной полевой влагоемкости. При уменьшении влажности почвы до 45% заражение растений сильно снижается, а при 30% прекращается. Повышение влажности почвы до 98-100% также препятствует нормальному развитию патогена. Оптимальная температура воздуха –  $20-25^{\circ}\text{C}$ , максимальная –  $30-35^{\circ}\text{C}$ .

Учет устойчивости/восприимчивости растений проводят глазомерно. Через 40-45 дней после инокуляции растения извлекают из субстрата, их корни отмывают. Оценку проводят по четырех-балльной шкале:

Балл	Степень поражения	Описание
0	Отсутствует	На корневой системе нет видимых наростов или опухолей.
1	Слабое	Некрупные, единичные опухоли только на боковых корнях. Главный корень не поражен.
2	Среднее	<b>Вариант А:</b> Сильное поражение боковых корней (многочисленные крупные наросты) и слабое поражение главного корня (единичные мелкие наросты). <b>Вариант Б:</b> Отсутствие или слабое поражение боковых корней, но наличие явных наростов на главном корне.
3	Сильное	Массивные и многочисленные наросты как на главном, так и на боковых корнях. Корневая система сильно деформирована, часто полностью теряет функциональность.

Распространенность болезни (частота встречаемости) – это количество больных растений, выраженное в процентах. Вычисляют эту величину по формуле:

$$P = n/N \times 100\%,$$

где P – распространенность болезни; N – общее число растений в пробах; n – количество больных растений в пробах.

Развитие (индекс) болезни рассчитывают по формуле:

$$R = ( \sum (a \times b) / (N \times S_{\max}) ) \times 100\%, \text{ где:}$$

R — индекс развития болезни, %;

a — число растений с определённым баллом поражения;

b — соответствующий балл поражения (0, 1, 2, 3);

$\Sigma (a \times b)$  — сумма произведений числа растений на соответствующий балл поражения;

N — общее число учтенных растений в пробе;

S\_max — максимальный балл шкалы оценки

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Лабораторный блендер; микроскоп с камерой Горяева; климатическая камера; холодильник с морозильной камерой; стерилизатор почвы.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Мерные колбы и цилиндры; пипетки автоматические; марля медицинская; стерильные перчатки; маркеры для маркировки; емкости для инокуляции; блокнот для записей.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Дистиллированная вода; этанол 70% для дезинфекции.

## **5. УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗНОМУ УВЯДАНИЮ**

Методика предназначена для комплексной оценки устойчивости сортов и гибридов белокочанной капусты к возбудителю фузариозного увядания (*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*) в контролируемых условиях. Метод включает фенотипическую оценку, молекулярно-генетический анализ и искусственную инокуляцию, что позволяет проводить достоверную идентификацию устойчивых генотипов на разных этапах селекционного процесса.

### **Фенотипический метод**

Принцип метода: Визуальная оценка симптомов заболевания через 21 день после появления всходов.

### **Выбор и подготовка семенного материала**

Для проведения инокуляции отбирают семена с лабораторной всхожестью не менее 95%. Проводят калибровку семян по размеру и массе для обеспечения равномерности всходов. Обеззараживание семян выполняют в 1% растворе перманганата калия в течение 20 минут с последующей тщательной промывкой стерильной дистиллированной водой. На этапе предпосевной подготовки семена замачивают в дистиллированной воде на 12 часов при температуре 25°C, затем проращивают на влажных фильтровальных бумагах в чашках Петри в течение 48 часов. Для посева отбирают равномерно проросшие семена с длиной корешка 2-3 мм.

### **Подготовка субстрата**

Субстрат готовят из смеси верхового торфа (70%), кварцевого песка (20%) и перлита (10%), доводя рН до оптимальных значений 6,0-6,5. Стерилизацию субстрата проводят в автоклаве при температуре 121°C в течение 1 часа, выполняя двукратную обработку с интервалом 24 часа для обеспечения полной стерильности. Контроль стерильности осуществляют путем выдерживания образцов субстрата на питательном агаре с последующей визуальной оценкой возможного роста микроорганизмов.

### **Посев и выращивание растений**

Посев проводят в стерильные пластиковые кассеты на 64 ячейки объемом 40 мл, заполненные подготовленным субстратом. В каждую ячейку

высевают по одному проросшему семени на глубину 1 см с последующим поливом стерильной дистиллированной водой. Растения выращивают в контролируемых условиях при температуре  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , влажности воздуха 70-75%, фотопериоде 16 часов свет/8 часов темнота и интенсивности освещения 300-350 мкмоль/м<sup>2</sup>/с.

### **Подготовка к инокуляции**

Инокуляцию проводят на растениях в фазе 2-3 настоящих листьев в возрасте 21-25 дней, когда высота растений достигает 8-12 см, а диаметр корневой системы составляет 4-6 см. За 24 часа до инокуляции прекращают полив для создания легкого водного стресса, способствующего лучшему проникновению патогена. Растения акклиматизируют в течение 4 часов в помещении для инокуляции и проводят визуальный отбор равномерно развитых экземпляров. Корневую систему аккуратно извлекают из кассет, осторожно удаляют избыток субстрата, подрезают кончики корней на 2-3 мм стерильными ножницами и промывают в стерильной дистиллированной воде.

### **Контрольные группы и условия проведения**

В эксперименте обязательно используют отрицательный контроль — растения, обработанные стерильной дистиллированной водой для оценки фоновой заболеваемости, и положительный контроль — восприимчивые сорта-стандарты для контроля эффективности инокуляции. Процедуру инокуляции проводят в ламинарном боксе или стерильной комнате при температуре  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 80-85%. Все инструменты должны быть стерильными, для каждой группы растений используют индивидуальные емкости для инокулюма, время экспозиции контролируют с помощью таймера.

Балльная шкала оценки:

- 0 баллов - симптомы отсутствуют
- 1 балл - слабое пожелтение нижних листьев
- 2 балла - выраженный хлороз, увядание отдельных листьев
- 3 балла - сильное увядание, некроз листовых пластинок
- 4 балла - полная гибель растения



Интерпретация результатов:

- Устойчивые генотипы: 0-1 балл
- Восприимчивые генотипы: 2-4 балла

### **Метод искусственной инокуляции**

Приготовление инокулюма:

- Культивирование изолята *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* (штамм FGL3-6) на среде Чапека
- Приготовление суспензии конидий концентрацией  $1 \times 10^6$  конидий/мл

### **Способы инокуляции**

- Корневой метод: погружение корневой системы в суспензию на 15 минут
- Субстратный метод: внесение суспензии в почвенную смесь

### **Учет результатов**

- Качественная оценка через 12-18 дней:
- Устойчивые: локальное проявление симптомов в виде точечного некроза или слабого хлороза на нижних листьях без системного распространения.
- Восприимчивые: односторонний хлороз и увядание листьев, которые впоследствии охватывают всю листовую пластинку,

приводя к некрозу и гибели ткани. Листья легко отделяются от кочерыги. "У-образный хлороз" является более характерным симптомом для сосудистого бактериоза; для фузариозного увядания типично одностороннее пожелтение и общее увядание.

- Количественная оценка: измерение площади некротических поражений

### **Статистическая обработка данных**

Для количественной оценки проводят расчет индекса заболевания (ID) или развития болезни (R), используя данные, полученные по балльной шкале.

Расчет индекса заболевания (ID) проводят по формуле:

$$ID = (\sum (n_i \times s_i) / (N \times S_{\max})) \times 100\%, \text{ где:}$$

- **ID** — индекс заболевания, %;
- **n<sub>i</sub>** — число растений с баллом поражения \*i\*;
- **s** — соответствующий балл поражения (0, 1, 2, 3, 4);
- **Σ (n<sub>i</sub> × s<sub>i</sub>)** — сумма произведений числа растений на соответствующий балл поражения;
- **N** — общее число учтенных растений в опыте;
- **S<sub>max</sub>** — максимальный балл шкалы оценки

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Термостат с регулировкой температуры; ламинарный бокс; климатическая камера; микроскоп с камерой Фукса-Розенталя; аналитические весы.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Пластиковые кассеты на 64 ячейки; чашки Петри стерильные; мерные колбы и цилиндры; пипетки автоматические; марля медицинская стерильная; скальпели; ножницы для подрезки корней; емкости для инокуляции; перчатки нитриловые; контейнеры для выращивания.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Среда Чапека; агар-агар; питательный бульон; дистиллированная вода; этиловый спирт 70%; хлорид натрия.

## 6. УСТОЙЧИВОСТЬ К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ

Оценку устойчивости и восприимчивости капусты к сосудистому бактериозу (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) проводят на искусственном инфекционном фоне в контролируемых условиях. Сложность селекции на устойчивость к данному заболеванию связана с наличием у патогена многочисленных физиологических рас (в настоящее время идентифицировано до 9 рас, 1-9) и существованием у растения-хозяина двух основных типов устойчивости:

- **Горизонтальная (полигенная) устойчивость** — слабовосприимчивость ко всем расам патогена, контролируемая многими генами и проявляющаяся в замедлении развития болезни.
- **Вертикальная (расоспецифическая) устойчивость** — полная невосприимчивость к определенным расам, контролируемая главными генами (например, генами R).

Для создания устойчивых сортов и гибридов необходим комплексный подход, включающий использование разных методов инокуляции, позволяющих оценить оба типа устойчивости.

Для проведения инокуляции используют растения капусты в фазе 4-6 настоящих листьев. Семена высевают в стерильный торфяной субстрат, предварительно обеззараженный пропариванием. Растения выращивают в контролируемых условиях при температуре 22-24°C, влажности воздуха 60-70% и 16-часовом фотопериоде. За 7-10 дней до инокуляции проводят отбор наиболее выравненных и здоровых растений, соответствующих стандартам развития для данного возраста.

За 24 часа до планируемой инокуляции растения обильно поливают для индукции процесса гуттации и повышения тургора клеток. Непосредственно перед инокуляцией растения акклиматизируют в течение 2 часов в помещении, где будет проводиться процедура, для стабилизации физиологических процессов. Для методов, связанных с травмированием тканей, дополнительно проводят визуальный осмотр и маркировку листьев, предназначенных для инокуляции.

При использовании метода опрыскивания растения предварительно помещают в условия повышенной влажности, накрывая их прозрачными пластиковыми изоляторами на ночь. Это стимулирует активность гидатод и обеспечивает оптимальные условия для проникновения бактерий через естественные отверстия. Температуру в этот период поддерживают на уровне 20-22°C.

Все рабочие поверхности перед инокуляцией тщательно дезинфицируют 70% этанолом. Инструменты для инокуляции (препаровальные иглы, пинцеты, скальпели) стерилизуют автоклавированием или сухожаром. Для каждого варианта опыта используют отдельный набор инструментов во избежание перекрестной контаминации.

### **Метод инокуляции с травмированием тканей**

Для проведения инокуляции данным методом используют чистую культуру возбудителя сосудистого бактериоза, выращенную на картофельном или капустном агаре в пробирках или чашках Петри. Оптимальная температура роста патогена составляет 25-30°C, продолжительность культивирования - 2-3 суток. Инокулюм готовят путем суспендирования бактериальной культуры в стерильной дистиллированной воде. Концентрацию бактериальной суспензии доводят до  $1 \times 10^8$ - $10^9$  бактериальных клеток/мл, определяя оптическую плотность спектрофотометрически или по оптическому стандарту мутности.

Процедуру инокуляции проводят с использованием стерильной препаровальной иглы или хирургического пинцета. На одном листе выполняют 20-30 проколов жилок по краю листовой пластинки инструментом, смоченным в бактериальной суспензии. Для ускорения процедуры возможно использование специальных многогранных игл, позволяющих одновременно наносить несколько повреждений.



Альтернативным вариантом метода является оценка поражения листовых высечек. Для этого семядоли или segments листьев помещают на газон 48-часовой культуры патогена. Через 48 часов проводят учет симптомов, проявляющихся в виде полупрозрачных маслянистых пятен или точек, хорошо различимых на фоне здоровой ткани в проходящем свете. Результаты выражают в процентах пораженной площади.

### **Метод опрыскивания растений**

Данный метод основан на естественном проникновении бактерий через гидатоды растений. Растения перед инокуляцией обильно поливают и накрывают на ночь пленочным изолятором для создания условий гуттации. Утром растения опрыскивают бактериальной суспензией определенной расы или смеси рас с использованием ручных распылителей, обеспечивающих равномерное покрытие листовой поверхности.

### **Учет результатов и оценка устойчивости**

Учет устойчивости и восприимчивости проводят на 10-12-й день после инокуляции по бинарной шкале. Растения со сверхчувствительной реакцией, проявляющейся в быстром отмирании тканей в месте инокуляции, оценивают в 0 баллов и относят к устойчивым. Растения с образованием характерных V-образных хлорозов, свидетельствующих о системном распространении инфекции, оценивают в 1 балл и классифицируют как восприимчивые.

Следует учитывать, что результаты оценки устойчивости при искусственном заражении не всегда полностью коррелируют с поражаемостью растений в полевых условиях на естественном инфекционном фоне. Исследования показывают, что данные полевых испытаний имеют более сильную корреляцию с результатами инокуляции через гидатоды (метод опрыскивания), чем через искусственно травмированные жилки. Это связано с тем, что метод опрыскивания более точно воспроизводит естественные пути проникновения патогена в растение.

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Спектрофотометр; термостат с регулировкой температуры; ламинарный бокс; установка для опрыскивания; пленочные изоляторы.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Шприцы с иглами; мерные колбы и цилиндры; пипетки автоматические; ватные диски; скальпели хирургические; препаровальные иглы; хирургические пинцеты; емкости для инокуляции; перчатки нитриловые; контейнеры для выращивания.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Питательная среда (картофельный или капустный агар); дистиллированная вода стерильная; этанол 70% для дезинфекции.

## 7. ОБЩАЯ КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ

Методика предназначена для оценки общей комбинационной способности (ОКС) селекционных линий капусты белокочанной в системе диаллельных скрещиваний. Метод применяется в селекционной практике для выявления наиболее ценных родительских форм, способных стабильно передавать хозяйственно-полезные признаки потомству в различных гибридных комбинациях.

Общая комбинационная способность (ОКС) представляет среднюю ценность линии в гибридных комбинациях и определяется как средняя величина отклонения признака у всех гибридов с участием данной линии от общего среднего по всем гибридам. Эффект ОКС отражает аддитивное действие генов и является показателем селекционной ценности родительской формы.

Для оценки ОКС используют полную или неполную схему диаллельных скрещиваний. При полном диаллеле каждую линию скрещивают со всеми остальными линиями, включенными в эксперимент. При использовании неполного диаллеля линии-тестеры скрещивают с ограниченным набором родительских форм. Рекомендуемое количество линий для анализа - от 5 до 10 генотипов.

Оценку ОКС проводят по следующим хозяйственно-ценным признакам:

- Средняя масса кочана, г
- Средний диаметр розетки листьев, см
- Средняя высота наружной кочерыги, см
- Средняя длина внутренней кочерыги, см
- Форма кочана (индекс формы)
- Плотность кочана, баллы
- Урожайность, т/га

Полевой опыт закладывают в трехкратной повторности, размещение делянок рендомизированное. Гибридные комбинации и родительские формы высевают в одинаковых агротехнических условиях. Учеты и измерения проводят в фазу технической спелости кочанов. Для каждого гибрида и родительской формы оценивают не менее 15-20 типичных растений.

Для оценки ОКС традиционно используют полную или неполную диаллельные схемы скрещиваний. При полном диаллеле каждую линию скрещивают со всеми остальными линиями, включенными в эксперимент. Эта схема позволяет получить наиболее полную информацию, но при большом числе родительских форм ( $n$ ) количество гибридных комбинаций ( $n(n-1)/2$ ) становится чрезмерно большим, что ограничивает её применение. При использовании неполного диаллеля линии-тестеры скрещивают с ограниченным набором родительских форм, что сокращает объем работы.

Для вовлечения в оценку большего количества линий и повышения эффективности селекционного процесса широко применяются упрощенные схемы, в частности, схема топ-кросс (top-cross).

- Метод топ-кросс: изучаемые линии скрещиваются с одним или несколькими общими тестерами (например, с лучшими дивергентными линиями или коммерческими гибридами). ОКС  $i$ -й линии в этом случае рассчитывается как среднее значение признака во всех гибридных комбинациях, полученных с её участием.

- Обработка данных по методу Савченко: данный статистический подход позволяет на основе результатов ограниченного числа скрещиваний (например, по схеме топ-кросс) рассчитать эффекты ОКС для большого массива линий. Метод эффективен для массовой предварительной оценки селекционного материала и отбора наиболее перспективных родительских форм для последующего углубленного изучения по полным диаллельным схемам.

Выбор конкретной схемы (диаллельная, топ-кросс, поликросс и др.) зависит от целей исследования, количества оцениваемых линий и имеющихся ресурсов. Рекомендуемое количество линий для диаллельного анализа — от 5 до 10 генотипов. Для первичной оценки десятков и сотен линий схемы типа топ-кросс являются более предпочтительными.

### **Математическая обработка данных**

Расчет эффектов ОКС проводят по методу Гриффинга или Хеймана. Эффект ОКС для  $i$ -й линии вычисляют по формуле:

$$g_i = (\sum X_{ij})/n - \mu, \text{ где:}$$

- $g_i$  - эффект ОКС  $i$ -й линии
- $X_{ij}$  - значение признака у гибрида от скрещивания  $i$ -й и  $j$ -й линий
- $n$  - число линий в диаллеле
- $\mu$  - общее среднее по всем гибридам

Линии с положительными и статистически значимыми значениями эффектов ОКС рассматриваются как ценные родительские формы для гибридизации. Величина эффекта ОКС показывает, насколько в среднем гибриды с участием данной линии превышают общее среднее по комплексу гибридов. Линии с высокими значениями ОКС по основным хозяйственным признакам отбирают для использования в селекционных программах.

### **Статистический анализ**

Для оценки достоверности эффектов ОКС проводят дисперсионный анализ. Стандартные ошибки эффектов ОКС вычисляют по формуле:

- $SE(g_i) = \sqrt{MSe/n}$
- где:
- MSe - остаточная средняя квадрата в дисперсионном анализе
- n - число линий в диаллеле

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Весы лабораторные аналитические; измерительные инструменты (линейки, штангенциркули); система капельного орошения.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Маркировочные этикетки; полевые журналы; мерные ленты; планшеты для записей; мешки для сбора урожая; лабораторная посуда.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Не требуются.

## 8. САМОНЕСОВМЕСТИМОСТЬ

Методика предназначена для выявления и оценки самонесовместимости у селекционных линий капусты белокочанной. Метод применяется в селекционной практике для двух основных направлений:

1. **Создание гибридов на основе самонесовместимости:** для отбора родительских линий с устойчивой самонесовместимостью, что исключает самоопыление и обеспечивает получение гибридных семян при свободном переопылении.

2. **Создание гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС):** для отбора фертильных аналогов, способных поддерживать стерильность в линии-закрепителе, которые, в отличие от самонесовместимых линий, должны обладать высокой самосовместимостью.

Метод основан на определении завязываемости семян при искусственном самоопылении цветков и бутонов, изолированных от перекрестного опыления. Степень самонесовместимости оценивают по среднему количеству семян, сформировавшихся в стручках после



самоопыления.

Отбирают хорошо развитые растения с типичными для линии соцветиями. На каждом соцветии удаляют все старые цветки (старше 2 дней) и молодые бутоны, непригодные для опыления. На одном соцветии оставляют 10-15 цветков и бутонов в оптимальной стадии развития.

Цветки опыляют автогамно (пыльцой того же цветка), бутоны - гейтеногамно (пыльцой других цветков того же растения). После опыления соцветия изолируют пергаментными или марлевыми изоляторами. На границе между опыленными цветками и бутонами размещают этикетку с селекционным номером растения. В полевом журнале фиксируют номер растения, дату опыления, количество опыленных цветков и бутонов.

### **Учет и оценка результатов**

По мере созревания стручков проводят учет завязавшихся семян. Для каждого соцветия подсчитывают общее количество семян, сформировавшихся от самоопыления раскрывшихся цветков. Вычисляют среднюю завязываемость семян на один стручок по формуле:

$$Z = S/N \text{ где:}$$

Z - средняя завязываемость семян на стручок

S - общее количество семян от самоопыления цветков

N - количество опыленных цветков

Для селекционной работы отбирают растения с высокой самонесовместимостью, у которых образуется в среднем не более 1 семени на стручок при автогамном опылении цветков. Растения со строгой самонесовместимостью практически не модифицируют этот показатель под влиянием биотических и абиотических факторов.

### **Оценка эффективности размножения**

Возможность размножения самонесовместимых растений оценивают по средней завязываемости семян при гейтеногамном опылении вскрытых бутонов. В этом случае строгие требования к завязываемости семян не предъявляются, однако регистрируют все отклонения от нормального фертильного опыления. Растения с недопустимо низкой завязываемостью семян выбраковывают из селекционного процесса.

### **Статистическая обработка данных**

Для каждого растения вычисляют среднюю завязываемость семян при автогамном и гейтеногамном опылении. Проводят сравнительный анализ вариабельности признака в разных условиях выращивания. Определяют

стабильность проявления самонесовместимости при изменении факторов внешней среды.

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Лаборатория для обработки семян; сушильный шкаф; весы аналитические; лупы бинокулярные.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Пинцеты анатомические; препаровальные иглы; изоляторы пергаментные или марлевые; этикетки влагостойкие; полевые журналы; иглы для вскрытия бутонов; кисточки для опыления; конверты для сбора семян.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Спирт этиловый 70% для дезинфекции инструментов; глицерин для консервации пыльцы.

## 9. МУЖСКАЯ СТЕРИЛЬНОСТЬ

Методика предназначена для комплексной оценки мужской стерильности у селекционных линий капусты белокочанной. Метод применяется в селекционной практике при создании гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), для идентификации и отбора стерильных аналогов, а также для контроля за проявлением стерильности в различных условиях окружающей среды.

### Цитологический метод оценки фертильности пыльцы

Метод основан на дифференциальном окрашивании пыльцевых зерен, позволяющем визуально отличить фертильную и стерильную пыльцу по цветовой реакции.

Процедура анализа:

- Отбор пыльников проводят из полностью раскрывшихся цветков в утренние часы (8-10 часов)
- Пыльник помещают на предметное стекло в каплю красителя (ацетокармин или ацетоорсеин)
- Препаровальными иглами аккуратно вскрывают пыльник для высвобождения пыльцевых зерен
- Стенки пыльника удаляют из препарата
- Препарат накрывают покровным стеклом и проводят микроскопирование

Интерпретация результатов:

- - Стерильная пыльца окрашивается в зеленовато-голубой цвет
- - Фертильная пыльца окрашивается от розового до интенсивно-красного цвета
- - Подсчитывают не менее 500 пыльцевых зерен в трех повторностях
- - Рассчитывают процент стерильной пыльцы



При оценке мужской стерильности необходимо учитывать температурную чувствительность признака. Наблюдения проводят в различные периоды цветения и при разных температурных условиях. Особое внимание уделяют оценке стерильности при температурах выше 30°C, когда возможно восстановление фертильности. Рекомендуется проводить оценку в динамике - в начале, середине и конце цветения.

Растения считаются стерильными при наличии:

- Более 95% стерильной пыльцы по результатам цитологического анализа
- Стабильного проявления стерильности в течение всего периода цветения при оптимальных температурах (18-25°C)

### **Статистическая обработка данных**

Для каждого растения рассчитывают:

- Процент стерильной пыльцы
- Коэффициент вариации признака по периодам цветения
- Стабильность проявления стерильности при разных температурных условиях

## **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Микроскоп биологический с увеличением 400х.

## **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Препаровальные иглы; предметные и покровные стекла; пипетки автоматические; наконечники для пипеток; перчатки нитриловые; маркеры для маркировки; полевые журналы.

## **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Ацетокармин для окрашивания; этанол 70% для дезинфекции.

## 10. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ХРАНЕНИЯ

Методика предназначена для оценки продолжительности хранения и сохранности качества кочанов белокочанной капусты различных сортоотпоров. Метод применяется в селекционной практике при оценке новых сортов и гибридов, в научно-исследовательской работе для изучения влияния агротехнических приемов на лежкость, а также при определении оптимальных сроков хранения товарной продукции.

Потенциал хранения (лежкость) является сортовым признаком, тесно связанным с группой спелости, но имеющим значительную вариабельность внутри каждой группы. Это связано с разным хозяйственным назначением сортов и гибридов (употребление в свежем виде, переработка, длительное хранение) и особенностями их биохимического состава и морфологии.

При оценке лежкости селекционного материала рекомендуется ориентироваться на следующие диапазоны продолжительности хранения с сохранением товарных качеств для разных групп спелости, установленные практикой:

**Раннеспелые сорта и гибриды:** 1 – 3 месяца. *Биологические особенности:* быстрые метаболические процессы, низкое содержание сухих веществ, что обуславливает непродолжительную лежкость. Ориентированы на быструю реализацию.

**Среднеспелые и среднепоздние сорта и гибриды:** 3 – 6 месяцев. *Биологические особенности:* значительная вариабельность. Внутри этой группы выделяются генотипы для осенне-зимнего потребления (с меньшей лежкостью) и для зимнего хранения (с повышенной лежкостью).

**Позднеспелые сорта и гибриды:** 5 – 8 месяцев и более. *Биологические особенности:* предназначены для длительного хранения. Однако и внутри этой группы существует дифференциация: некоторые гибриды достигают пика качества через 4-5 месяцев и далее теряют его, в то время как классические лежкие сорта сохраняют свойства до 8 месяцев и дольше.

Внутри каждой группы спелости высоколежкими считаются генотипы, демонстрирующие максимальную для своей группы продолжительность хранения и отвечающие следующим критериям на конец характерного для них периода хранения:

- Потеря массы не более 7-10%.
- Отсутствие или минимальное развитие (не более 5% площади кочана) болезней хранения (серая гниль, точечный некроз и др.).

- Сохранение плотности кочана (не более 1 балла разрыхления по 5-балльной шкале).
- Сохранение товарного вида не менее чем у 80% кочанов в пробе.

#### 5-балльная шкала оценки плотности кочана

Балл	Качественная характеристика	Тактильная оценка
5	Очень плотный	Кочан абсолютно не поддается деформации. Листья очень плотно прилегают друг к другу, при постукивании издает звонкий звук.
4	Плотный	Кочан практически не деформируется при сильном нажатии. Пружинит, быстро восстанавливает форму. Листья плотно сомкнуты.
3	Средней плотности	Кочан незначительно поддается сжатию, ощущается умеренное сопротивление. После сжатия медленно восстанавливает форму.
2	Рыхлый (недостаточно плотный)	Кочан легко сжимается, ощущается податливость и наличие воздушных промежутков между листьями. Форму восстанавливает плохо.
1	Очень рыхлый	Кочан сильно деформируется даже при слабом нажатии, не сохраняет форму. Листья облегают друг друга слабо, кочан выглядит полуоткрытым.

Для проведения сравнительной оценки лежкости различных генотипов должны поддерживаться стандартные условия хранения:

- Температурный режим: от -0,8 до +1°C
- Относительная влажность воздуха: 90-95%
- Циркуляция воздуха: 20-30 объемов в час
- Затемнение хранилища

#### Подготовка образцов

Отбор типичных для сорта кочанов проводят в фазу технической спелости. Кочаны должны быть здоровыми, без механических повреждений, с плотной внутренней структурой и 2-3 кроющими листьями. Для каждого сорта (гибрида) закладывают не менее 10 кочанов-повторностей.

Кочаны размещают в стандартной таре (деревянные или пластиковые ящики) или на стеллажах в один слой. Каждый образец маркируют с указанием номера деланки, сорта и даты закладки.



Регулярно (не реже 1 раза в неделю) проводят контроль температуры и влажности воздуха в хранилище и внутри штабеля продукции. Визуальный осмотр кочанов на наличие признаков порчи осуществляют каждые 2 недели.

Оценку сохранности проводят по следующим показателям:

- Потеря массы кочана (% от исходной)
- Появление внешних признаков увядания (балльная шкала 1-5)
- Развитие болезней хранения (серая гниль, точечный некроз и др.)
- Изменение биохимического состава (содержание сахаров, витаминов)
- Сохранность товарного вида

Высоколежащими считаются образцы, сохраняющие товарные качества не менее:

- 3 месяцев для раннеспелых сортов
- 5 месяцев для среднеспелых сортов
- 8 месяцев для позднеспелых сортов
- при потерях массы не более 10% и отсутствии признаков физиологических заболеваний

Для каждого сорта рассчитывают:

- Среднюю продолжительность хранения
- Процент стандартной продукции на конец хранения
- Динамику потерь массы
- Индекс сохранности

### **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Холодильные камеры с регулируемым температурно-влажностным режимом; система вентиляции и циркуляции воздуха; термогигрометры; весы лабораторные.

### **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Ящики деревянные или пластиковые; стеллажи; маркировочные этикетки; журналы учета; фотоаппарат для фиксации изменений.

### **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Не требуются.

## 11. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ДО СОЗРЕВАНИЯ

Методика предназначена для определения продолжительности вегетационного периода белокочанной капусты от полных всходов до наступления массовой технической спелости кочанов. Метод применяется в селекционной практике для характеристики скороспелости сортов и гибридов, в научно-исследовательской работе для изучения влияния агротехнических приемов на продолжительность межфазных периодов, а также для планирования сроков уборки урожая.

Метод основан на регулярных фенологических наблюдениях за растениями в полевых условиях с фиксацией дат наступления ключевых фаз развития. Продолжительность вегетационного периода рассчитывается как количество дней между датой появления полных всходов и датой достижения выборкой растений фазы технической спелости.

Подготовка семян включает в себя :

- Для анализа используют семена с лабораторной всхожестью не менее 95%.
- Семена калибруют по размеру и массе для обеспечения дружности всходов.
- Перед посевом семена обеззараживают (например, в 1% растворе  $KMnO_4$  в течение 20 минут с последующей промывкой).

Полевой опыт закладывают следующим образом:

- Опыт закладывают в трех-четырёхкратной повторности. Размещение делянок — рендомизированное.
- Схема посадки должна быть типичной для конкретной группы спелости (например, 70x30 см для раннеспелых, 70x50 см для позднеспелых сортов).
- На каждой делянке выделяют и маркируют учетную площадку, включающую не менее 20-25 типичных растений.
- Обязателен высев стандартных сортов (раннеспелого, среднеспелого и позднеспелого) для контроля условий вегетации.

Агротехнические мероприятия проводят в соответствии с региональными рекомендациями, обеспечивая оптимальный уровень

минерального питания и влагообеспеченности, чтобы исключить их лимитирующее влияние на скорость развития.

Все агротехнические мероприятия (полив, подкормки, обработки) на всех делянках должны проводиться одновременно. Визуально начало вегетационного периода (формирования кочана) белокочанной капусты можно определить по признакам, которые характерны для этой фазы роста растения. Кочан — это разросшаяся верхушечная почка, и его формирование происходит за счёт роста листьев в сомкнутом состоянии.

Рост объёма кочана за счёт интенсивного роста наружных листьев, которые первыми достигают наибольшего развития. Внутренние листья сначала развиваются медленнее, чем наружные, затем рост наружных листьев приостанавливается, а внутренних — продолжается всё интенсивнее. Быстрое



нарастание массы кочана — верхушечная почка образует новые листья, которые постепенно уплотняются, при этом наружные листья сильно натягиваются и туго облегают кочан. Медленный рост кочерыги — это способствует образованию кочана, так как каждый новый лист, распрямля листовую пластинку, подпрессовывает изнутри предыдущий, повышая плотность кочана.

Продолжительность фенофаз формирования кочана зависит от скороспелости сорта:

- У раннеспелых сортов — 15–18 дней.
- У среднеспелых и позднеспелых сортов — 10–12 дней.

Ключевые фенологические фазы и критерии их определения	
Фенофаза	Критерий наступления фазы
<b>Полные всходы</b>	На поверхности почвы появились и раскрылись семядольные листья у $\geq 75\%$ растений на учетной площадке. Фиксируется дата ( $D_1$ ).
<b>Начало формирования кочана</b>	У $\geq 50\%$ растений верхушечная почка прекратила продуцировать новые листья с развернутой листовой пластинкой. Внутренние листья начинают загибаться внутрь, формируя плотный конгломерат. Наружные листья приподнимаются.
<b>Техническая спелость кочана</b>	<p>Кочан достиг сортовых размеров и характерной для сорта формы. Для объективного определения плотности и спелости используются следующие измеримые критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Индекс упругости.</b> Усилие, необходимое для деформации кочана на 5 мм, измеренное с помощью пенетрометра должно составлять не менее 6 кг/см<sup>2</sup>. Измерение проводят в средней части кочана, с предварительным удалением верхнего слоя листьев на площадке диаметром ~2 см.</li> <li><b>2. Визуальный критерий смыкания листьев.</b> Верхушечные листья кочана сошлись вплотную или перекрыли друг друга, полностью закрыв внутреннее пространство. При осмотре сверху не должно быть видно просветов и воронок.</li> <li><b>3. Стабилизация диаметра.</b> При контрольных измерениях с интервалом в 3-5 дней прирост диаметра кочана не превышает 5%. Фаза считается наступившей, когда <math>\geq 80\%</math> кочанов на учетной площадке соответствуют этим критериям. Фиксируется дата (<math>D_2</math>).</li> </ol>

Начало вегетационного периода (формирование кочана) обычно наступает через 2–2,5 месяца после посева. Однако сроки могут отличаться в зависимости от сорта, например:

- Для раннеспелых сортов — урожай готов к сбору уже через 55–90 дней после появления первых всходов.

- Для среднеспелых сортов — срок вегетации — 80–110 дней, урожай срезают обычно в августе.
- Для среднепоздних сортов — поспевают спустя 110–135 дней после первых всходов, урожай собирают с сентября до начала октября.

Основной показатель рассчитывается для каждого повторения по формуле ПВП (дней) =  $D_2 - D_1$  где:

$D_1$  — дата появления полных всходов.

$D_2$  — дата наступления технической спелости.

Дополнительные расчеты для характеристики динамики созревания:

Период от начала формирования кочана до единичной технической спелости. В средней полосе России обычно составляет 1,5–2 месяца. Период от единичной до массовой технической спелости зависит от генотипа и степени выравненности гибрида, обычно составляет 7–14 дней.

Для каждой исследуемой группы (сорт, гибрид) рассчитывают:

- Среднюю арифметическую ПВП (в днях).
- Стандартное отклонение ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации (CV, %) для оценки выравненности по скороспелости.
- Ошибку среднего (SE).

Продолжительность вегетационного периода до созревания белокочанной капусты определяют по сроку созревания сорта. Данные о периоде вегетации обычно указываются на упаковке с семенами. Чтобы высчитать сроки сбора урожая, нужно сохранить пакетики из-под семян и прикрепить их рядом с посевами. Как только появятся полноценные ростки, к текущей дате прибавляют срок созревания.

Однако даже при выращивании одних и тех же сортов время сбора урожая может отличаться год от года. На процесс вегетации влияют погодные условия, подкормки, частота поливов.

Вегетационный период является сортовой характеристикой, однако его фактическая продолжительность может варьировать под влиянием следующих факторов внешней среды и агротехники.

## **Факторы**

Температура. При температуре ниже 5–8°C ростовые процессы замедляются, и период вегетации удлиняется.

Освещение. Белокочанная капуста — светолюбивое растение длинного дня, затенение и загущение всходов приводят к вытягиванию растений.

Влажность почвы. Наиболее высокую требовательность к влаге капуста предъявляет при пересадке рассады и в период формирования кочана.

Внесение удобрений. Излишек азотных удобрений удлиняет период вегетации, недостаток калия — задерживает сроки созревания.

По продолжительности вегетационного периода различают следующие группы сортов белокочанной капусты:

- Раннеспелые — 85–120 дней.
- Среднеспелые — 135–160 дней.
- Позднеспелые — 175–200 дней.

Важно учитывать признаки зрелости капусты. Зрелый кочан — плотный, упругий, гладкий, внутренние листья приобретают цвет слоновой кости, наружные — могут стать синеватыми. Осматривать кочаны — своевременное удаление лишних листьев способствует лучшему развитию головки.

## **НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Метеостанция для регистрации температуры и осадков; фенологическая площадка; система фотофиксации, пенетромерт плодовой (ручной или цифровой) с наконечником диаметром 11 мм и шкалой до 10-15 кг/см<sup>2</sup>.

## **НЕОБХОДИМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Полевой журнал для регистрации наблюдений; маркировочные этикетки; измерительные ленты; календарь фенологических наблюдений.

## **ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТИВЫ**

Протравитель для семян.