

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ПЕНЗЫ  
МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГИМНАЗИЯ № 53» г. ПЕНЗЫ  
(МБОУ «Гимназия № 53» г. Пензы)

---

ул. Попова, 14, г. Пенза, 440046  
телефон (8-412) 54-32-03, 54-30-32 E-mail: school53@guoedu.ru  
ОКПО 24020409, ОГРН 1025801443568  
ИНН/КПП 5837009907/583701001

Исследовательская работа на тему:  
**«ИЗУЧЕНИЕ МЕЗОСТРУКТУРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА  
НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ГОРОХА»**

**Автор:** Богослова В.В,  
учащийся 10 класса МБОУ «Гимназия №53»

**Научные руководители:** к.б.н., доцент Солдатов С.А.  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПЕНЗЕНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Федичкина В.А.,**  
Учитель биологии МБОУ «Гимназия №53» г. Пензы

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	4
1.1 Хозяйственное значение и особенности выращивания гороха. ....	4
1.2 Анатомо-морфологические и физиологические особенности гороха .....	5
1.3 Определение мезоструктуры фотосинтетического аппарата растений .....	6
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	7
ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО .....	8
3.1 Структурные характеристики листьев гороха посевного .....	8
3.2 Организация мезоструктуры фотосинтетического аппарата растений гороха .....	9
3.3 Особенности функционирования фотосинтетического аппарата растений гороха .....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	20

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Зернобобовые принадлежат к семейству Бобовые (*Fabaceae*) и играют важную роль в сельскохозяйственном производстве. Зернобобовые представлены следующими культурами: горох, фасоль, соя, чечевица, нут, чина, кормовые бобы, люпин и др. Бобовые культуры разделяют на пищевые, кормовые, технические и универсальные. Основной зерновой бобовой культурой в нашей стране является горох. По посевным площадям гороха РФ занимает 1 место в мире [13].

Преимущества зерновых бобовых перед культурами семейства Мятликовые заключается в том, что бобовые производят на единице площади больше белка, качество и усвояемость его выше. Они дают самый дешевый белок, включая в биологический круговорот азот воздуха, недоступный для других растений. Содержание основных незаменимых аминокислот в бобовых в 1,5-3 раза больше, чем в белке злаковых (в 1 кг сои лизина в 6 раз больше, чем в 1 кг пшеницы). Кроме того, в семенах зернобобовых содержится значительное количество жира (соя – 16-27%, нут – 5%, люпин – 10%), что повышает их кормовую ценность. Семена зернобобовых используют для получения круп, муки, кондитерских изделий, консервов, пищевых и кормовых концентратов. Из незрелых семян готовят консервы, масло (соя). Ферменты (уреаза) и белок фасоли применяют в медицине. Семена сои и чины служат сырьем для получения казеина, клея, пластмассы. Зерновые бобовые культуры повышают плодородие почвы. Смена вектора развития сельского хозяйства в XXI веке в сторону экологического и биодинамического производства вновь пробудило интерес к бобовым растениям, как к культурам, способным поддерживать и повышать плодородие почвы в севооборотах без широкого применения минеральных удобрений [1, 8, 12].

Однако наряду с явными преимуществами у зернобобовых имеются и недостатки. Их урожайность ниже, чем зерновых культур. В научном и селекционном плане эти культуры также меньше изучены по сравнению с зерновыми. Несмотря на большое народнохозяйственное значение зернобобовых культур, изучению их физиологических особенностей уделено гораздо меньше внимания, чем физиологии зерновых культур и сахарной свеклы. Без предварительного всестороннего изучения новых сортов растений их нельзя рекомендовать производству. В селекционной работе новый сорт оценивается, прежде всего, с точки зрения производственной ценности. Изучению анатомо-морфологических особенностей и физиологических процессов, как правило, уделяется второстепенное значение.

**Цель работы:** изучить структурно-функциональные особенности организации фотосинтетического аппарата растений гороха посевного.

### **Задачи:**

1. исследовать структурные характеристики листьев гороха посевного разных сортов;
2. изучить организацию мезоструктуры фотосинтетического аппарата растений гороха;
3. сравнить особенности структуры фотосинтетического аппарата и физиологическую активность в листьях и прилистниках растений гороха.

**Практическая значимость:** получение научных данных, объясняющих взаимосвязь между сортовыми признаками и уровнем физиологических процессов, важно в селекционной работе и рекомендации новых сортов к производству.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 3.1 Хозяйственное значение и особенности выращивания гороха

Основной зерновой бобовой культурой в нашей стране является горох. Родиной гороха считают Восточный Афганистан. Средняя урожайность гороха по стране 13 ц/га (до 65 ц/га), урожайность зеленой массы до 300-400 ц/га, урожайность зеленого горошка 80-90 ц/га.

Род горох (*Pisum L.*) представлен двумя видами – горох посевной (*P. Sativum L.*) и горох полевой, или пелюшка (*P. Arvense L.*). Горох посевной имеет белые цветки, зеленые листья, шаровидные, гладкие (иногда морщинистые) семена с бесцветной кожурой и светлым рубчиком. Горох посевной представлен тремя сортогруппами [10, 14].

Горох луцильный (*Pisum sativum L. convar. Sativum*). Горошины имеют сферическую форму с гладкой поверхностью. Сухое зерно используется для приготовления супов и входит в состав разнообразных блюд, а также как отдельный гарнир к блюдам. Содержит много крахмала и используется не только в пищевой промышленности, но и для производства биопластика.

Горох мозговой (*Pisum sativum L. convar. Medullare Alef. Emend. C. O. Lehm*). Горошины имеют сферическую форму, а в спелом состоянии сморщены и похожи на мозг. Содержат 6-9 % сахара, почти исключительно сахарозы, поэтому обладают сладким вкусом, за счёт чего их часто принимают за семена сахарного гороха. Применяется в основном в консервной индустрии.

Горох сахарный (*Pisum sativum L. convar. Axiphium Alef emend. C. O. Lehm*). Не имеет пергамент в бобе и не становится «резиновым». В основном используются целые мясистые, сладкие бобы, с ещё недоразвитым зерном. Для сахарного гороха характерно то, что его высушенные семена сильно морщинистые из-за высокого содержания влаги в сыром семени.

Горох полевой имеет фиолетовые или красные цветки, зеленые листья с фиолетовыми пятнами у основания прилистников, округло-угловатые семена, серо-зеленой, бурой или черной окраски, с крапчатым рисунком или черным рубчиком. Его возделывают для кормовых целей и в качестве зеленого удобрения.

Отличительная особенность зернобобовых культур – недетерминированный тип роста и способность к азотфиксации в симбиозе с клубеньковыми бактериями, что определяет специфику технологии их возделывания и направление селекции.

Вегетационный период у гороха составляет от 75 до 145 дней. У зерновых бобовых отмечают следующие фазы роста: 1 – всходы, 2 – ветвление стебля, 3 – бутонизация, 4 – цветение, 5 – образование бобов, 6 – налив семян, 7 – полный налив семян (начало созревания), 8 – полная спелость [7, 9].

Горох – растение холодостойкое, сравнительно малотребовательное к теплу. Семена прорастают при +1+2 °С, но всходы появляются на 20 день, оптимальная температура +4+5 °С. Всходы большинства сортов переносят заморозки до -4 °С.

Горох – влаголюбивая культура. Оптимальная влажность почвы – 80 %. Вместе с тем горох устойчив к кратковременным засухам. Благодаря мощной корневой системе растения могут обеспечить себя влагой, извлекая ее из более глубоких горизонтов почвы.

Горох – это светолюбивое растение длинного дня.

Он требователен к почвам. Наиболее благоприятны для зерновых бобовых среднесвязные, слабокислые или нейтральные суглинистые и супесчаные почвы, содержащие достаточно фосфора, калия и кальция.

Хорошими предшественниками для гороха являются зерновые колосовые культуры, картофель. Лучшие для него предшественники – это культуры, под которые вносят большое количество органических удобрений (огурец, томат, капуста, картофель), а также многолетние злаковые травы. Не следует размещать горох после других зернобобовых культур и многолетних бобовых трав, а также возвращать горох на поле севооборота ранее, чем через 5-6 лет, из-за опасности поражения вредителями и болезнями. В районах с достаточным количеством тепла, горох используют как парозанимающую культуру для озимых.

Лучший способ посева – сплошной рядовой и узкорядный. Норма высева гороха зависит от зоны, особенностей сорта, гранулометрического состава почвы и других факторов. Она колеблется в пределах – 0,8-1,6 млн. всхожих семян/га. При смешанных посевах гороха с овсом соотношение – 0,8-1 млн. шт. (гороха) \* 3-4 млн. шт. (овса) / га. Глубина заделки – 3-8 см, в зависимости от почвено-климатических условий [2].

Полегание, а также неравномерное созревание гороха затрудняет уборку, поэтому ее проводят отдельным способом. При побурении 70-78 % бобов, горох скашивают поперек полеглости. К этому времени заканчивается налив семян. Их влажность составляет 35-40 %. Продолжительность скашивания должна быть не более 3-4 дней, в этом случае потери минимальны. Подбор и обмолот валков проводят зерновыми комбайнами при влажности семян 16-19 % (обычно через 2-3 дня после скашивания), а при возделывании на зеленый горошек – уборку ведут в фазе восковой спелости и обмолачивают специальными молотилками.

У неосыпающихся сортов сроки двухфазной уборки можно сдвинуть на период, когда созреет 90-100 % бобов, при этом улучшается вымолачиваемость семян. Чистые от сорных растений посевы целесообразно и экономически выгодно убирать прямым комбайнированием, когда бобы и стебли сухие, а семена твердые.

## 1.2 Анатомо-морфологические и физиологические особенности гороха

Физиология зернобобовых культур связана с их морфологическими особенностями.

*Корневая система* гороха стержневая. Имеется хорошо развитый главный корень, проникающий на глубину 1-2 метра и многочисленные боковые корни второго, третьего и последующих порядков, размещенных в основном в пахотном слое почвы. На корнях образуются клубеньки. В клетки корней проникают бактерии *Rhizobium*, фиксирующие азот атмосферы.

*Стебель* полегающий. Верхушечные листочки перистых листьев редуцированы в усики, с помощью которых растения цепляются друг за друга. До полного налива семян стебли поддерживаются в вертикальном положении, к созреванию стебли полегают. Возделывание растений с полегающим стеблем и особенно их уборка затруднены. Селекционеры стремятся вывести сорта с неполегающим стеблем, в технологии используют приемы возделывания, предотвращающие или уменьшающие степень полегания, применяются совместные посевы с поддерживающей культурой.

Одним из направлений селекции гороха стало создание безлистных форм. У таких сортов вместо листьев формируются усики. Ассимиляционная поверхность обеспечивается за счет крупных прилистников. Наличие усиков, особенно при укороченном стебле, создает прямостоящий пружинистый, хорошо аэрируемый и освещаемый ценоз.

*Лист* у гороха непарноперистосложный. При прорастании горох не выносит семядоли на поверхность почвы, прорастая за счет эпикотеля. Данная культура допускает более глубокую заделку семян, боронование до и после всходов.

*Цветки* неправильные, околоцветник двойной. Венчик состоит из пяти лепестков разной величины и формы: парус, крылья, лодочка. В цветке 10 тычинок, из них одна короткая, и пестик с одногнездной завязью. В завязи пестика находятся семяпочки, из которых после оплодотворения развиваются семена. Цветки образуют соцветие кисть на верхушках главного и боковых побегов. Цветение довольно продолжительное. Оно начинается с нижних узлов и соцветий главного побега и продолжается вверх по растению.

*Плод* – боб, раскрывающийся двумя створками и содержащий несколько семян. После созревания бобы растрескиваются по продольным швам, створки бобов скручиваются и семена разбрасываются.

*Семя* состоит из семенной оболочки и зародыша. На месте прикрепления семени к плоду находится семенной рубчик. Форма, размер и местоположение рубчика – видовые признаки. Зародыш состоит из двух крупных семядолей, составляющих большую часть массы семени, между семядолями находятся зародышевый корешок, зародышевые листочки и почечка. В семядолях накапливаются запасные питательные вещества, прежде всего белок и углеводы. Во время прорастания они используются растением на формирование проростка. Семена крупные. Средняя масса 1000 семян у гороха в зависимости от сорта составляет – 150-250 г. Масса каждого семени в 5-6 раз больше, чем у пшеницы.

### 1.3 Определение мезоструктуры фотосинтетического аппарата растений

Анатомия листа, расположение основных клеток и тканей, содержащих комплекс фотосинтетических пигментов, соответствуют наиболее эффективному течению процесса фотосинтеза. Структура листа и его фотосинтетическая активность оказываются тесно связанными. Организация фотосинтетического аппарата на уровне листа может быть рассмотрена на основе анализа его мезоструктуры. Понятие «мезоструктура» введено А. Т. Мокроносовым. Оно включает систему морфологических характеристик фотосинтетического аппарата листа, хлоренхимы и клеток мезофилла [4].

Основные показатели мезоструктуры листа, определяемые экспериментально:

1. Площадь листа ( $\text{см}^2$  или  $\text{дм}^2$ ).
2. Количество клеток фотосинтезирующих тканей в единице площади листа (тыс./ $\text{см}^2$ ).
3. Объем клеток (тыс./ $\text{мкм}^3$ ).
4. Число хлоропластов в клетке (шт.).
5. Объем хлоропласта ( $\text{мкм}^3$ ).
6. Содержание хлорофилла в единице площади листа ( $\text{мг}/\text{дм}^2$ ).

Основные показатели мезоструктуры листа, определяемые расчетным путем:

1. Количество хлоропластов в единице площади листа ( $\text{млн}/\text{см}^2$ ).
2. Объем клетки, соответствующий одному хлоропласту ( $\text{мкм}^3$ ).
3. Относительный объем хлоропластов в клетке (%).

Имея количественные показатели структурной организации фотосинтетического аппарата, при наличии экспериментальных данных по интенсивности фотосинтеза листа ( $\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{ч})$ ) можно рассчитать:

4. Фотосинтез одного хлоропласта ( $\text{мг CO}_2/(10^9 \text{ хлоропластов} \cdot \text{ч})$ ) или млн молекул  $\text{CO}_2/(\text{хлоропласт} \cdot \text{с})$  – отношение интенсивности фотосинтеза к количеству хлоропластов в единице площади листа.
5. Ассимиляционное число ( $\text{мг CO}_2/(\text{мг хлорофилла} \cdot \text{ч})$ ) или моль  $\text{CO}_2/(\text{моль хлорофилла} \cdot \text{ч})$  – отношение интенсивности фотосинтеза к содержанию хлорофилла в листе.

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования были выбраны два сорта гороха – «Амброзия» и «Русский гигант».

Горох овощной сахарный «Амброзия» – раннеспелый сорт. Включен в Госреестр по Российской Федерации для выращивания в открытом грунте в ЛПХ в 2009 году. Сахарный. Рекомендуются для использования недозрелых бобов в свежем виде, кулинарии и для консервирования. Стебель длиной 50-70 см. Листья обычного типа, листочки среднего размера, зеленые, с восковым налетом. Прилистники среднего размера, со слабой пятнистостью. Цветки среднего размера до крупных, белые. Бобы слабоизогнутые, с острой верхушкой, длинные, широкие, в технической спелости светло-зеленые, пергаментный слой отсутствует. Высота прикрепления нижних бобов 35 см. Вкусовые качества бобов в технической спелости хорошие и отличные. Используется в свежем виде. Семена среднего размера, морщинистые. Урожайность бобов в технической спелости 0,5-0,6 кг/кв.м [5, 10, 14].

Горох луцильный овощной «Русский гигант» – среднеспелый сорт, от полных всходов до технической спелости горошка 60-70 дней. Растения высотой 80 см, устойчивые к полеганию, с дружным формированием урожая. Бобы длинные (около 9 см), темно-зеленые, с 9-10 горошинами выравненного размера. Принадлежит к группе сортов с семенами мозгового типа. Вкусовые качества такого горошка в фазу молочно-восковой спелости более высокие, чем у обычных гладкозерных сортов. Урожайность горошка высокая – 0,6-1,0 кг/м<sup>2</sup>. Рекомендуются для использования в свежем виде и для консервирования, в том числе замораживания [5, 10].

Растения выращивались в горшочках с почвой без внесения удобрений при естественной длине дня. Поливы проводились по мере необходимости. Чтобы не допустить полегание стеблей ставились опоры. Растения выращивались до фазы 8-10 настоящих листьев, когда производили измерение основных морфо-физиологических показателей. Повторность опыта – четырехкратная.

Была проведена серия полевых и лабораторных опытов.

Полевые опыты закладывались при обычной агротехнике без внесения удобрений на естественной длине дня. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистого гранулометрического состава. В ходе полевых опытов проводились наблюдения за процессами роста и развития растений. В качестве объекта исследования для полевых опытов были выбраны пять сортов гороха – «Амброзия», «Русский гигант» и безлисточковые сорта – «Аксацкий усатый», «Ползунок», «Ползунок сахарок».

В ходе лабораторных опытов проводились наблюдения за процессами роста и развития растений. Отмечались изменения высоты растений, количество листьев и их площадь. Фиксировали время наступления основных фаз развития растений. Растения выращивались до фазы 8-10 настоящих листьев, когда производили измерение основных морфо-физиологических показателей.

Площадь листьев определяли методом высечек. Для характеристики сортов использовались такие показатели, как листовой индекс и степень облиственности [3, 4, 11].

Интенсивность фотосинтеза определяли фотоэлектроколориметрическим методом. Определение содержания пигментов проводили спектрофотометрическим методом [3, 4, 11].

Организация фотосинтетического аппарата на уровне листа рассматривалась на основе анализа его мезоструктуры [3, 4, 11].

Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке по общепризнанным методикам [6, 15].

### ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

#### 3.2 Структурные характеристики листьев гороха посевного

Высокую продуктивность растения должен обеспечивать хорошо развитый фотосинтетический аппарат растений. У гороха фотосинтетической активностью обладают и листья, и прилистники. Основной задачей нашей работы было сравнение листьев и прилистников, как основных органов фотосинтеза гороха посевного.



Рисунок 1. Растение гороха посевного в возрасте 8-10 настоящих листьев  
А) сорт «Амброзия»; Б) сорт «Русский гигант»

Лист у гороха – непарноперистосложный с хорошо развитыми прилистниками. Последние дольки листа видоизменены в усики. Среднее количество листьев/пары прилистников на одном растении к моменту опытов составила у сорта «Амброзия» – 7,5 шт., у сорта «Русский гигант» – 6,3 шт.

У первого сорта листья были крупнее – 6,3 см<sup>2</sup>, у второго – 4,3 см<sup>2</sup>. Площадь прилистников составила – 4,5 см<sup>2</sup> и 3,6 см<sup>2</sup>, соответственно. Соотношение площади листьев к площади прилистников у раннеспелого сорта составило – 1,4, у среднеспелого сорта – 1,2.

Можно предположить, что у раннеспелого сорта именно листья играют большую роль как фотосинтезирующий орган. У среднеспелого сорта разница между площадью листьев и площадью прилистников не такая большая. Возможно, существует зависимость между длительностью вегетации растения и ролью прилистников в процессе фотосинтеза.

Одним из направлений селекции гороха во многих европейских странах и в России стало создание безлистных форм. У таких сортов вместо листьев формируются усики. Ассимиляционная поверхность обеспечивается за счет крупных прилистников. Наличие усиков, особенно при укороченном стебле, создает прямостоящий пружинистый, хорошо аэрируемый и освещаемый ценоз.



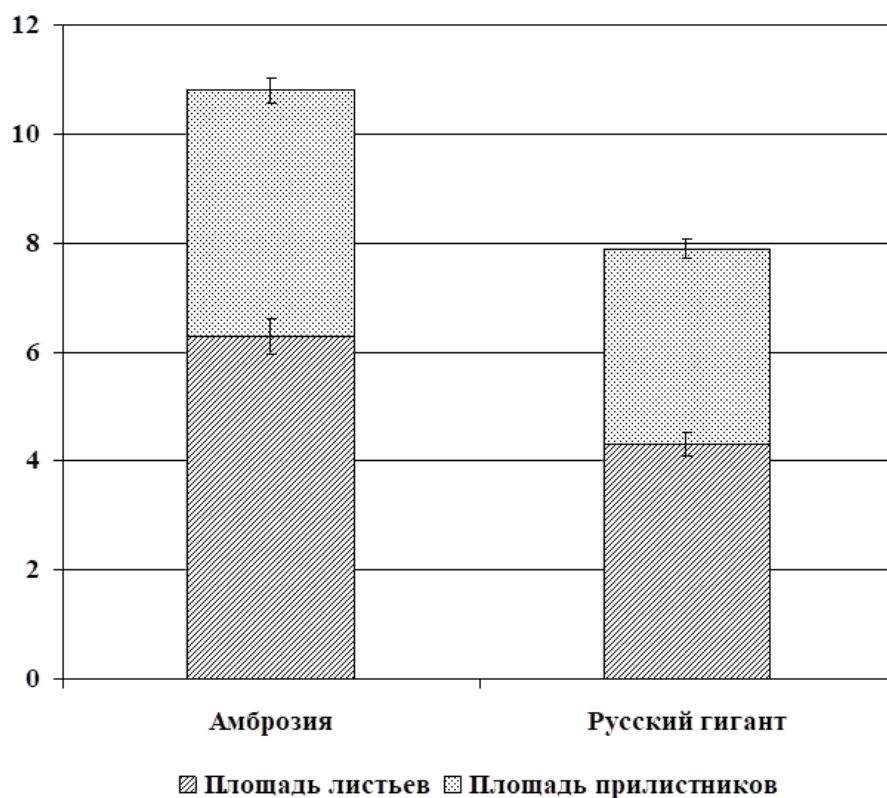


Рисунок 2. Соотношение площади листьев к площади прилистников, см<sup>2</sup>

У разных сортов гороха вклад листьев и прилистников в формирование будущего урожая оказывается различным. У обычных генотипов гороха наибольшее количество ассимилятов поступает из листочков в плоды, находящиеся в пазухе данного листа. Прилистники играют заметную роль в поддержании жизнедеятельности корней и осевых органов надземной части, обеспечивают ассимилятами плоды из других узлов. Доминирующая роль листа в питании плода, в пазухе которого он находится, сохраняется в течение всего периода роста плода. Свыше 75% углерода поступает в плоды из листьев и только 10-15% из прилистников. Листовой индекс – это определенное в фазу цветения отношение общей площади листьев растений к площади посева. Он свидетельствует о фотосинтетической работе посева и зависит от степени облиственности растений. Этот показатель помогает понять закономерности формирования хозяйственного урожая у разных сортов гороха.

$$L = S \div P,$$

где  $L$  – листовой индекс;  $S$  – площадь листьев растений, растущих на площади почвы ( $P$ );  $P$  – площадь почвы, занимаемая растениями.

У зернобобовых культур с недетерминантным типом роста при улучшении условий возделывания, увеличиваются темпы и продолжительность образования новых побегов, листьев, узлов. В результате ИЛП в критический для формирования урожая период может существенно превышать оптимальную величину, составляя 7-10. Такое же явление отмечается в загущенных посевах. В этом случае нижние и даже средние листья сильно затеняются, снижается фотосинтез, нарушаются согласованность и оптимальный режим поступления ассимилятов в хозяйственно-ценные органы. Эта проблема решается выведением сортов, у которых листья видоизменяются в усики, а основным фотосинтезирующим органом остаются прилистники.

### 3.3 Организация мезоструктуры фотосинтетического аппарата растений гороха

Следующей задачей нашей работы было изучение мезоструктуры фотосинтетического аппарата растений гороха посевного разных сортов.

Лист – это основной орган фотосинтеза растений. Поэтому логично было предположить существование зависимости между суммарной площадью листовой поверхности и интенсивностью фотосинтеза.

Результаты наших исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1. Степень облиственности растений гороха ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Сорт	Количество листьев на одном растении, шт.	Площадь листьев одного растения, $см^2$	Площадь одного листа, $см^2$	Площадь прилистников одного растения, $см^2$	Площадь одной пары прилистников, $см^2$
Амброзия	$7,5 \pm 0,3$	$47,5 \pm 2,4$	$6,3 \pm 0,3$	$33,8 \pm 1,7$	$4,5 \pm 0,2$
Русский гигант	$6,3 \pm 0,5$	$26,7 \pm 1,3$	$4,3 \pm 0,2$	$22,9 \pm 1,1$	$3,6 \pm 0,2$

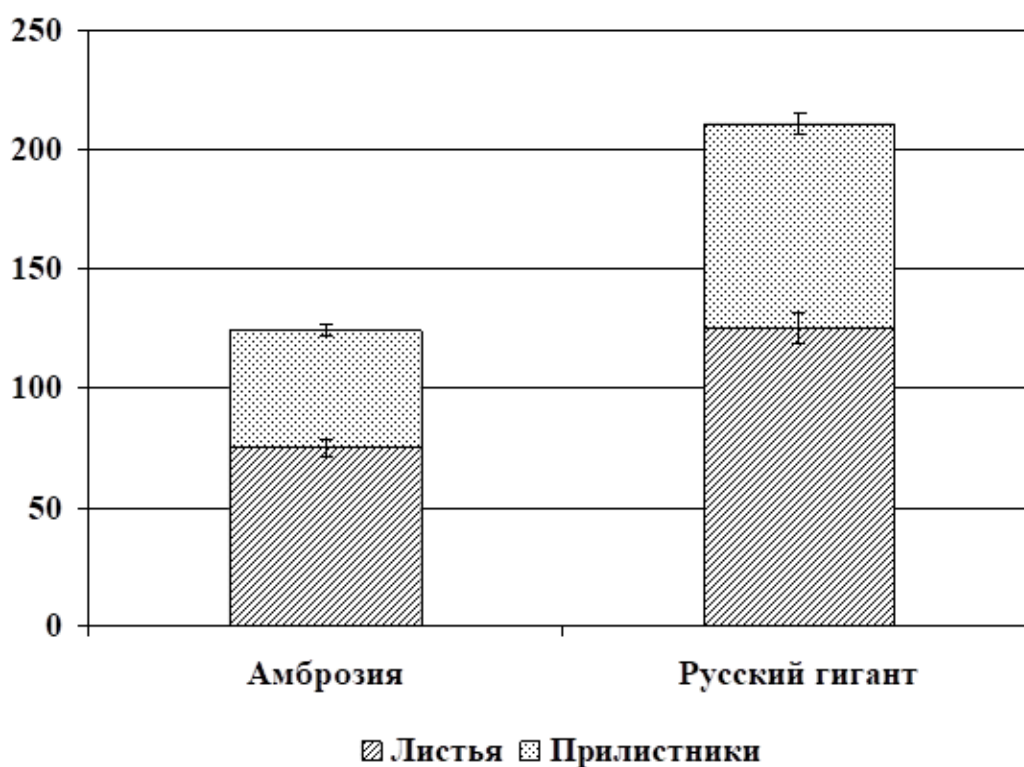


Рисунок 3. Количество фотосинтезирующих клеток в единице площади листа, тыс./ $см^2$

Общее количество клеток фотосинтетической паренхимы на единицу площади у сорта «Амброзия» в листьях – 75 тыс./ $см^2$ , в прилистниках – 49 тыс./ $см^2$ . У сорта «Русский гигант» – 125 тыс./ $см^2$  и 86 тыс./ $см^2$ , соответственно.

У растений гороха, выращенного в условиях естественного освещения, наблюдался гомогенный тип строения мезофилла. Гомогенный тип строения характерен для видов, произрастающих в условиях сильного затенения. Возможно, подобная организация мезофилла стала результатом низкой интенсивности освещения. В нашем опыте она составляла 7000-8000 лкс.

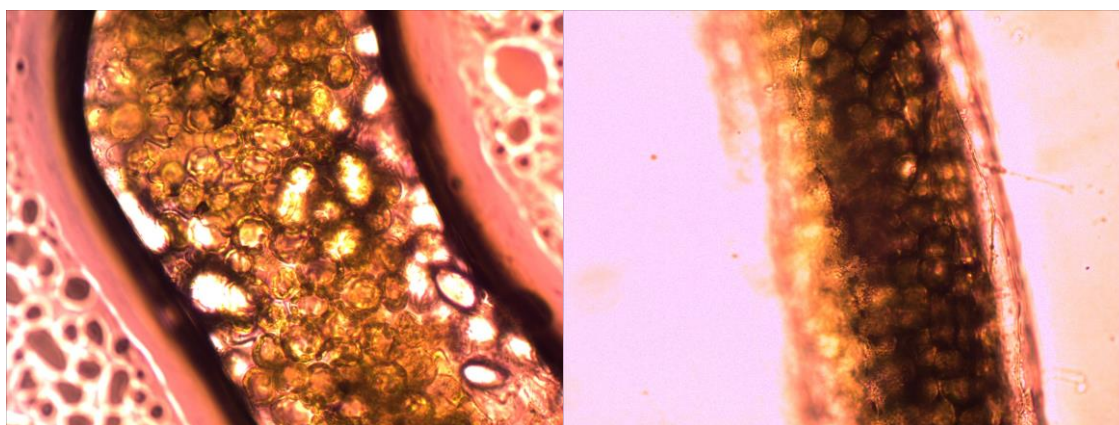


Рисунок 4. Поперечный срез листовой пластинки у растений гороха  
А) сорт «Амброзия»; Б) сорт «Русский гигант»

Объем клеток мезофилла у растений сорта «Амброзия» в листьях –  $146 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>, в прилистниках –  $154 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>. У растений сорта «Русский гигант» –  $115 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup> и  $196 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>, соответственно. Таким образом, невысокое количество клеток в хлоренхиме прилистников по сравнению с листьями частично компенсировалось их размером. Разница между количеством клеток в листьях и прилистниках у раннеспелого сорта составила всего лишь 5%, а у среднеспелого сорта – 70%.

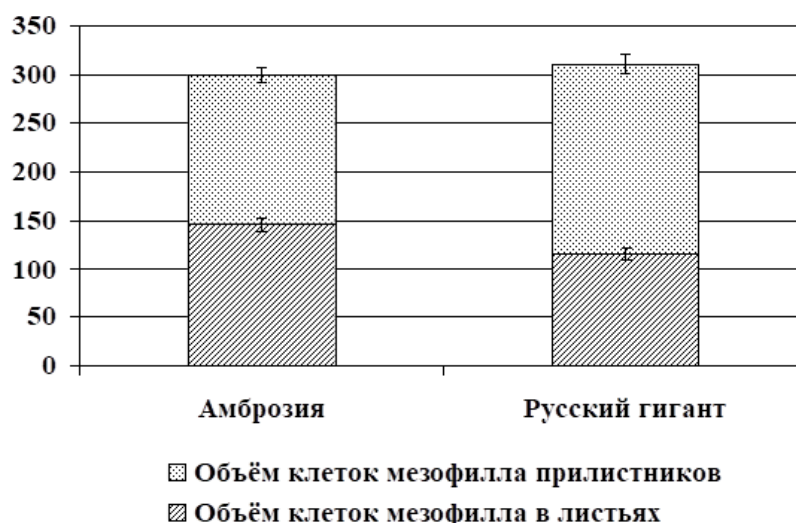


Рисунок 5. Объем клеток, \*1000 мкм<sup>3</sup>

Таким образом, при рассмотрении посева как системы, поэтапно формирующей урожай семян (конечная цель развития системы) через ростовые процессы, фотосинтез и дыхание, целесообразно оценить вклад каждого органа-донора – листа и прилистника.

### 3.4 Особенности функционирования фотосинтетического аппарата растений гороха

Фотосинтез растений представляет собой сложный физико-биохимический процесс, благодаря которому растения преобразовывают электромагнитную энергию, находящуюся в солнечных лучах, в химическую энергию, используемую в органических соединениях. В основе данного процесса лежит цепочка окислительно-восстановительных химических реакций, в результате которых электроны переносятся от доноров-восстановителей, которыми являются водород и вода, к акцепторам, представляющим собой окислители. Пигменты – важнейший

элемент фотосинтетического аппарата. К основным группам пигментов растений относятся: хлорофиллы, каротиноиды (каротины и ксантофиллы).

Следующей задачей нашей работы было определение содержания основных групп фотосинтетических пигментов. Результаты представлены на рисунках 6, 7 и в таблице 2 (ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

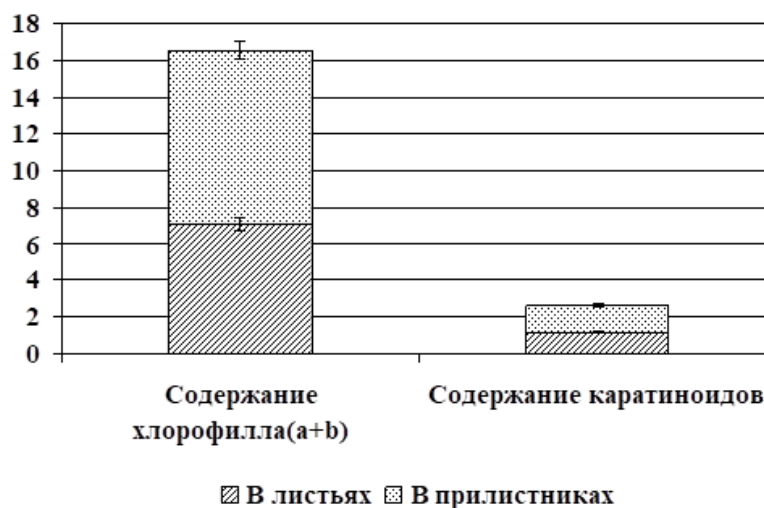


Рисунок 6. Содержание пигментов в листьях и прилистниках у растений сорта «Амброзия»

Определение содержания пигментов в листьях и прилистниках растений показало следующие результаты. У растений сорта «Амброзия» в листьях содержание хлорофиллов (a+b) – 7,12 мг/г сухого веса, каротиноидов – 1,18 мг/г сухого веса; в прилистниках – 9,43 мг/г сухого веса и 1,47 мг/г сухого веса, соответственно.

У растений сорта «Русский гигант» в листьях содержание хлорофиллов (a+b) – 14,97 мг/г сухого веса, каротиноидов – 2,31 мг/г сухого веса; в прилистниках – 20,75 мг/г сухого веса и 3,29 мг/г сухого веса, соответственно.

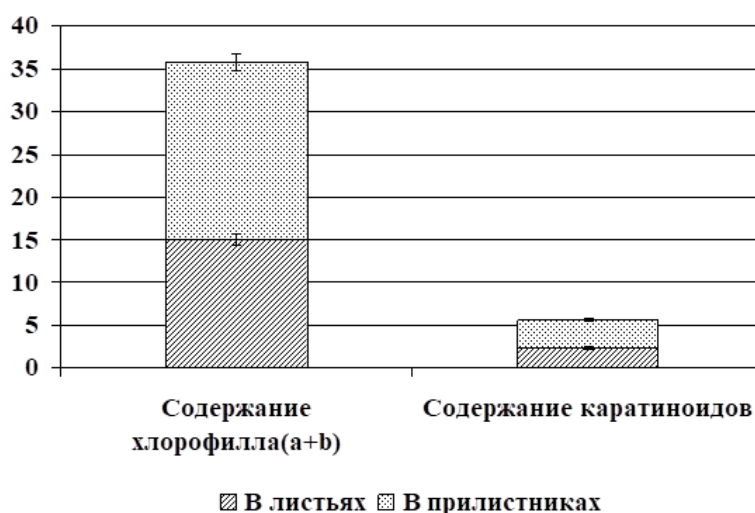


Рисунок 7. Содержание пигментов в листьях и прилистниках у растений сорта «Русский гигант»

Таким образом, в прилистниках отмечается повышенное содержание хлорофилла по сравнению с листьями – на 32% больше у сорта «Амброзия» и на 39% у сорта «Русский гигант». Данный факт представляется особенно интересным при выведении безлисточковых сортов гороха посевного.

Интенсивность фотосинтеза в прилистниках оказалась выше, чем в листьях у сорта «Амброзия» в 5,6 раза (4, 96 и 27,91 мг CO<sub>2</sub> на 1 дм<sup>2</sup> листа за 1 ч, соответственно), у сорта «Русский гигант» в 1,2 раза (рисунок 8, таблица 3).

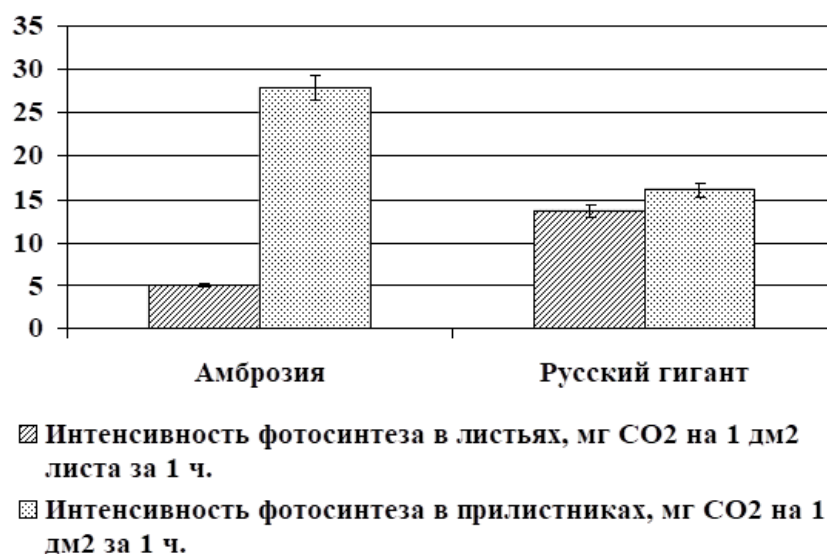


Рисунок 8. Интенсивность фотосинтеза у растений гороха разных сортов

Таблица 3. Структура фотосинтетического аппарата растений гороха посевного разных сортов ( $M \pm m$ ,  $n^1=10$ ,  $n^2=3$ )

Показатели	Амброзия		Русский гигант	
	листья	прилистники	листья	прилистники
Площадь одного листа, см <sup>2</sup> ; $n^1$	6,3 ±0,3	4,5 ±0,2	4,3 ±0,2	3,6 ±0,2
Общее количество фотосинтезирующих клеток на единицу площади, тыс./см <sup>2</sup> ; $n^1$	75,3 ±3,8	49,3 ±2,5	124,6 ±6,2	85,6 ±4,3
Объем клеток, *10 <sup>3</sup> мкм <sup>3</sup> ; $n^1$	146,3 ±20,9	154,0 ±39,6	114,7 ±17,0	195,8 ±38,4
Содержание хлорофиллов (а и b) в единице площади листа (мг/г сухого веса); $n^2$	7,12 ±0,36	9,43 ±0,47	14,97 ±0,74	20,75 ±1,03
Содержание каротиноидов в единице площади листа (мг/г сухого веса); $n^2$	1,18 ±0,06	1,47 ±0,07	2,31 ±0,11	3,29 ±0,16
Интенсивность фотосинтеза, мг CO <sub>2</sub> на 1 дм <sup>2</sup> листа за 1 ч.; $n^2$	4,96 ±0,25	27,91 ±1,40	13,64 ±0,68	16,13 ±0,81

Таким образом, прилистники отличаются от листьев не только повышенным содержанием пигментов в пересчете на сухое вещество, но и высокой интенсивностью фотосинтеза. Эти факты доказывают целесообразность выведения новых безлистных сортов гороха. Изучение структурно-функциональных особенностей таких сортов и анализ их фотосинтетической продуктивности – это следующие задачи нашего исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сорт – один из ведущих факторов, обеспечивающих высокую эффективность растениеводства. Идеального сорта, который по всем показателям был бы лучшим для всех почвенно-климатических условий России, нет. Его нужно подбирать конкретно для каждой зоны. Без предварительного изучения новых сортов их нельзя рекомендовать производству. В селекционной работе новый сорт оценивается, прежде всего, с точки зрения производственной ценности. Изучению анатомо-морфологических особенностей и физиологических процессов, как правило, уделяется второстепенное значение. Получение научных данных, объясняющих взаимосвязь между сортовыми признаками и уровнем физиологических процессов, важно в селекционной работе и рекомендации новых сортов к производству.

Цель работы: изучить структурно-функциональные особенности организации фотосинтетического аппарата растений гороха посевного.

В ходе проведенных исследований растения выращивались в горшочках с почвой без внесения удобрений при естественной длине дня. Поливы проводились по мере необходимости. Чтобы не допустить полегание стеблей ставились опоры. Растения выращивались до фазы 8-10 настоящих листьев, когда производили измерение основных морфо-физиологических показателей. Повторность опыта – четырехкратная.

У гороха фотосинтетической активностью обладают и листья, и прилистники. Основной задачей нашей работы было сравнение листьев и прилистников, как основных органов фотосинтеза гороха посевного.

По результатам работы были сделаны следующие выводы:

1. Средняя площадь листьев у одного растения гороха оказалась выше, чем средняя площадь прилистников. Соотношение площади листьев к площади прилистников у раннеспелого сорта «Амброзия» составило – 1,4, у среднеспелого сорта «Русский гигант» – 1,2.

2. Среднее количество клеток на единицу площади оказалось выше в листьях, чем в прилистниках, но сами клетки здесь оказались мельче. Общее количество клеток фотосинтетической паренхимы на единицу площади у сорта «Амброзия» в листьях – 75 тыс./см<sup>2</sup>, в прилистниках – 49 тыс./см<sup>2</sup>. У сорта «Русский гигант» – 125 тыс./см<sup>2</sup> и 86 тыс./см<sup>2</sup>, соответственно.

3. Объем клеток мезофилла у растений сорта «Амброзия» в листьях –  $146 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>, в прилистниках –  $154 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>. У растений сорта «Русский гигант» –  $115 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup> и  $196 \cdot 10^3$  мкм<sup>3</sup>, соответственно.

4. Прилистники отличаются от листьев повышенным содержанием фотосинтетических пигментов. У растений сорта «Амброзия» в листьях содержание хлорофиллов (a+b) – 7,12 мг/г сухого веса, каротиноидов – 1,18 мг/г сухого веса; в прилистниках – 9,43 мг/г сухого веса и 1,47 мг/г сухого веса, соответственно. У растений сорта «Русский гигант» в листьях содержание хлорофиллов (a+b) – 14,97 мг/г сухого веса, каротиноидов – 2,31 мг/г сухого веса; в прилистниках – 20,75 мг/г сухого веса и 3,29 мг/г сухого веса, соответственно.

5. Интенсивность фотосинтеза в прилистниках оказалась выше, чем в листьях у сорта «Амброзия» в 5,6 раза (4, 96 и 27,91 мг СО<sub>2</sub> на 1 дм<sup>2</sup> листа за 1 ч, соответственно), у сорта «Русский гигант» в 1,2 раза.

В полевых условиях выращивали обычные сорта гороха и сорта безлисточкового гороха, основным органом фотосинтеза которых являются прилистники (ПРИЛОЖЕНИЯ 2-5, рисунки 9-13). Сравнить продуктивность обычных и безлисточковых сортов гороха не удалось. Это следующая задача нашего исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агропромышленный портал России [Офиц. сайт]. URL: <http://agroportal24.ru/agronomiya/200-goroh-osobennosti-tehnologii-vozdelyvaniya-i-uborki.html>. (Дата обращения 27.11.2021).
2. Ващенко, И. М. Биологические основы сельского хозяйства / И. М. Ващенко, В. Г. Лошаков, Б. А. Ягодин и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2004 – 544 с.
3. Викторов, Д. П. Практикум по физиологии растений / Д. П. Викторов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 160 с.
4. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу: Учеб. пособие для студ. вузов / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова; под ред. Е. П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 256 с.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Офиц. сайт]. URL: [http://www.gossort.com/ree\\_cont.html](http://www.gossort.com/ree_cont.html). (Дата обращения: 27.11.2021).
6. Зайцев, В. В. Элементарная математика / В. В. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 591 с.
7. Кошкин, Е. И. Частная физиология полевых культур / Под ред. Е. И. Кошкина. – М.: КолосС, 2005. – 344 с.
8. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Офиц. сайт]. URL: <http://www.mcsx.ru/news/news/show/16984.78.htm>. (Дата обращения: 27.11.2021).
9. Солдатов, С. А. Зерновые и зерновые бобовые культуры Пензенской области: учеб. Пособие / С. А. Солдатов. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 64 с.
10. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур по Пензенской области на 2010 год / Инспектура по Пензенской области – филиал федерального государственного учреждения «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». – Пенза, 2010. – 20 с.
11. Третьяков, Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
12. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур [Офиц. сайт]. URL: <http://www.vniizbk.ru/progress/varieties/7-peas/37-spartak.html>. (Дата обращения 27.11.2021).
13. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства [Офиц. сайт]. URL: <http://www.vniiesh.ru/results/katalog/2462/8044.html>. (Дата обращения 27.11.2021).
14. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» (ФГБУ «Госсорткомиссия») [Офиц. сайт]. URL: <http://gossort.com/16-organizaciya-i-provedenie-ispytaniy.html>. (Дата обращения 27.11.2021).
15. Шмидт, В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях и прилистниках гороха посевного разных сортов ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Измеряемые показатели	Сорта гороха посевного			
	Амброзия		Русский гигант	
	листья	прилистники	листья	прилистники
Содержание хлорофилла а, мг/г сырого веса	0,82 ±0,04	1,07 ±0,05	1,76 ±0,09	2,37 ±0,12
Содержание хлорофилла в, мг/г сырого веса	0,31 ±0,02	0,43 ±0,02	0,61 ±0,03	0,92 ±0,05
Суммарное содержание хлорофиллов а+в, мг/г сырого веса	1,13 ±0,05	1,50 ±0,07	2,37 ±0,12	3,29 ±0,16
Содержание каротиноидов, мг/г сырого веса	0,19 ±0,01	0,23 ±0,01	0,37 ±0,04	0,52 ±0,03
Содержание хлорофилла а, мг/г сухого веса	5,16 ±0,21	6,73 ±0,35	11,12 ±0,60	14,94 ±0,75
Содержание хлорофилла в, мг/г сухого веса	1,96 ±0,10	2,70 ±0,13	3,86 ±0,22	5,80 ±0,24
Суммарное содержание хлорофиллов а+в, мг/г сухого веса	7,12 ±0,36	9,43 ±0,52	14,98 ±0,75	20,74 ±1,03
Содержание каротиноидов, мг/г сухого веса	1,18 ±0,06	1,47 ±0,07	2,31 ±0,12	3,29 ±0,16
Содержание хлорофилла а, мг/дм <sup>2</sup>	1,18 ±0,06	1,31 ±0,06	2,67 ±0,14	2,01 ±0,10
Содержание хлорофилла в, мг/дм <sup>2</sup>	0,45 ±0,02	0,53 ±0,03	0,93 ±0,05	0,78 ±0,04
Суммарное содержание хлорофиллов а+в, мг/дм <sup>2</sup>	1,63 ±0,08	1,84 ±0,91	3,60 ±0,18	2,79 ±0,14
Содержание каротиноидов, мг/дм <sup>2</sup>	0,27 ±0,01	0,29 ±0,02	0,56 ±0,03	0,44 ±0,02



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2



*Рисунок 9. Растение гороха посевного сорта «Амброзия» (возраст 33дня)*



*Рисунок 10. Растение гороха посевного сорта «Русский гигант» (возраст 33дня)*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**



*Рисунок 11 Растение гороха посевного сорта «Аксайский усатый» (возраст 33дня)*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4**



*Рисунок 12 Растение гороха посевного сорта «Ползунок» (возраст 33дня)*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 5**



*Рисунок 13 Растение гороха посевного сорта «Ползунок-сахарок» (возраст 33дня)*