

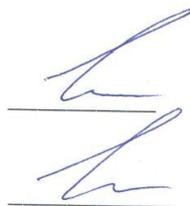
МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**  
Кафедра микробиологии и физиологии растений

**Морфолого-физиологические аспекты деструкции клеток и тканей  
в онтогенезе растений**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 424 группы  
направления 06.03.01 Биология  
биологического факультета  
Перевозникова Дмитрия Александровича

Научный руководитель  
д.б.н., профессор  
Заведующий кафедрой  
д.б.н., профессор



С. А. Степанов

С. А. Степанов

Саратов 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Растительные клетки в тканях испытывают механический стресс не только в результате высокого тургора, но и в результате взаимодействия со своими соседями. Клетки могут расширяться с разной скоростью и в разных направлениях по сравнению с соседями, с которыми они имеют общую клеточную стенку. Это в связи со специфическими формами тканей и свойствами материала клеточной стенки может привести к сложным схемам напряжения по всей ткани. У древесных растений механический стресс может вызывать локальные изменения клеточной стенки и ростовой активности.

Целью настоящей работы являлось изучение морфолого-физиологических аспектов деструкции клеток и тканей стебля гибрида тополя под влиянием механического давления.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить морфологические и анатомические изменения стебля при влиянии динамического механического давления при наложении эластичной пленки на стебель.
2. Установить особенности в реакции меристематических тканей стебля – камбия и феллогена – на динамическое механическое давление по мере роста и развития стебля.
3. Выявить деструктивные изменения в развитии феллемы, феллодермы, паренхимы коры, клеток флоэмы – мягкого и твердого луба в результате динамического механического давления.

**Материалы исследований.** Для анатомических исследований использовали однолетние образцы стебля гибрида тополя, произрастающего на территории Ботанического сада Саратовского университета. Для фиксации объектов, взятых в феврале и марте, использовали фиксатор Навашина [1], в состав которого входит хромовая

кислота. Время фиксации составляло 24 часа, после чего осуществлялось промывание образцов в проточной воде. В дальнейшем объекты готовились для резки на микротоме. Толщина срезов 15 мкм. Срезы окрашивались гематоксилином Гейденгайна (1864 - 1949), широко используемым для получения обзорной гистологической окраски различных тканей и выявления внутриклеточных структур [2].

Все виды рода *Populus*, число которых насчитывается порядка 110, являются самыми быстрорастущими древесными породами умеренной зоны [3]. Они являются удобной модельной системой формы жизни растений [4]. В России и на сопредельных территориях произрастает 34 вида и 8 гибридов тополей. Для разных видов тополей характерен длительный рост в течение вегетационного периода, более интенсивный фотосинтез, высокая активность образовательных тканей по сравнению с другими видами деревьев. Среди других видов тополей гибрид между канадским и волосистоплодным видами тополей, который использовался в наших исследованиях, отличается наибольшей энергией роста [3, 5].

**Структура работы.** Диплом изложен на 49 страницах и содержит такие структурные элементы: Содержание, Введение, Основная часть, Выводы, Заключение и Список использованных источников. В свою очередь основная часть содержит такие главы:

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Растение как явление природы – факты и гипотезы

### 1.2 Понятие об онтогенезе растений

### 1.3 Функция жизнеобеспечения клетки

### 1.4 Функция специализации клетки

### 1.5 Резервная функция клетки

### 1.6 Барьерная и защитная функция

## 2 Материалы и методы

### 2.1 Результаты исследования

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Растение как явление природы – факты и гипотезы

В растениях, также как и в животных организмах, мы можем наблюдать различное число (до 80) разнообразных клеток [6]. Следуя принципу функционального назначения тканей, предложенному Г. Габерландтом, в растениях выделяют различные ткани: 1) образовательные; 2) покровные; 3) проводящие; 4) механические; 5) ассимилирующие; 6) абсорбционные; 7) секреторные и выделительные; 8) проветривающие или вентиляционные; 9) запасающие [7].

Обязательным условием жизни растений является постоянный рост, обеспечиваемый за счёт деятельности различных образовательных тканей - меристем, отличающихся способностью к делению клеток. Они составляют лишь небольшую часть всего растения, но обеспечивают образование его новых органов в течение всей жизни [8; 9], продолжительность которой у некоторых видов составляет несколько сотен и тысяч лет, ограничиваясь преимущественно за счёт экологических факторов.

Концепция интеграции органов растения предложена О. П. Зубкус (1979). Электрофизиологические исследования особенностей генерации и распространения электрических импульсов в разных частях побега и корневой системы различных обычных, не локомоторных видов растений показало, что возможным центром интеграции является зона перехода между побегом и корнем. Принимая во внимание работу Н. Винер (1968), ею было сформулировано предположение, что система интеграции органов растений имеет общие принципы с животным организмом. Обязательными компонентами подобной системы являются шесть элементов: рецепторы, эфферентные пути проведения возбуждения, центральные регулирующие элементы, афферентные пути проведения возбуждения, исполнительные

элементы (эффекторы) и элементы обратной связи между рецепторами и эффекторами [10].

### **Понятие об онтогенезе растений**

Индивидуальное развитие характеризуется рядом особенностей.

Во-первых, в онтогенезе сочетаются процессы роста растения и развития его составных частей. Рост – это необратимое увеличение числа, размеров и массы клеток организма. Понятие «рост» отражает количественные изменения в онтогенезе растения. В отличие от него, «развитие», по мнению профессора В.В. Полевого, представляет собой качественные изменения в структуре и функциональной активности растения и его частей. Развитие связано с поляризацией клеток и их дифференцировкой. Например, в результате биохимических изменений клетки основной паренхимы могут дифференцироваться с образованием вторичной меристемы – камбия. Другим примером может служить дифференцировка апикальной меристемы побега пшеницы, приводящая к образованию и развитию генеративного органа – сложного колоса [11].

Во-вторых, онтогенез характеризуется необратимой однонаправленностью структурных изменений клеток, тканей и органов. С одной стороны, это обеспечивает возникновение иерархической соподчиненности составных частей растения. Так, в результате цитогенеза в меристематически активных участках семени или почки образуются новые клетки. Из них в ходе гистогенеза формируются образовательные и постоянные ткани. Развитие тканей является условием органогенеза – образования и развития корня, стебля, листа и генеративных органов. В свою очередь развитие органов определяет габитус, т.е. внешний вид, всего растения.

### **Физические силы регулируют развитие растений и морфогенез**

Растительные клетки в тканях испытывают механический стресс не только в результате высокого тургора, но и в результате взаимодействия со

своими соседями. Клетки могут расширяться с разной скоростью и в разных направлениях по сравнению с соседями, с которыми они имеют общую клеточную стенку. Это в связи со специфическими формами тканей и свойствами материала клеточной стенки может привести к сложным схемам напряжения по всей ткани. Двумя клеточными реакциями на механический стресс являются реакция цитоскелета микротрубочек, которая направляет синтез новых стенок, чтобы противостоять стрессу, и реакция переносчика гормонов, которая регулирует транспорт гормона ауксина, регулятора клеточного расширения. Изменения формы в тканях растений влияют на характер стрессов в тканях, и в то же время, посредством клеточных реакций на стресс, характер стрессов контролирует рост клеток, что, в свою очередь, изменяет форму тканей и характер стрессов. Эта петля обратной связи управляет морфогенезом растений и объясняет несколько ранее загадочных аспектов.

### **Механические силы как позиционно-зависимая информация в периодическом образовании органов растений**

Ауксин – растительный гормон, играющий центральную роль в развитии растений. Среди различных процессов, в которых участвует ауксин, — периодическое образование зачатков органов растений, удлинение клеток и пролиферация клеток. Закономерности концентрации ауксина связаны с клеточной организацией вдоль меристемы корня, периодическим формированием побегов или образованием боковых корней. При переориентации и перестройке микротрубочек изменения механических полей могут почти мгновенно передаваться на изменения в распределении сил внутри клетки и ее мембраны [12]. Вновь генерируемые точки максимального напряжения в мембране могут вызывать дифференцированное распределение везикулярного груза, такого как PIN-транспортеры ауксина, и сопутствующую модификацию потоков ауксина. Как подробно описано выше, в долгосрочной перспективе потоки

ауксинов и присутствие некоторых ферментов могут влиять на локальные механические свойства клеточных стенок [13].

### Результаты исследования

Определение диаметра стебля тополя в зоне давления, ниже и выше этой зоны свидетельствует о значительном его уменьшении под влиянием механического давления (рис.2). Уменьшение диаметра стебля в зоне давления вызывает появление срезающих усилий на границе действия эластичной пленки. В этих участках стебля, в соответствии с теорией безмоментного состояния органов растений и распределением согласно этому механических напряжений, на границе действия эластичной пленки изменяется направленность (вектор) внутренних сил. Морфологически эти изменения проявляются в образовании каллюсовых наплывов.

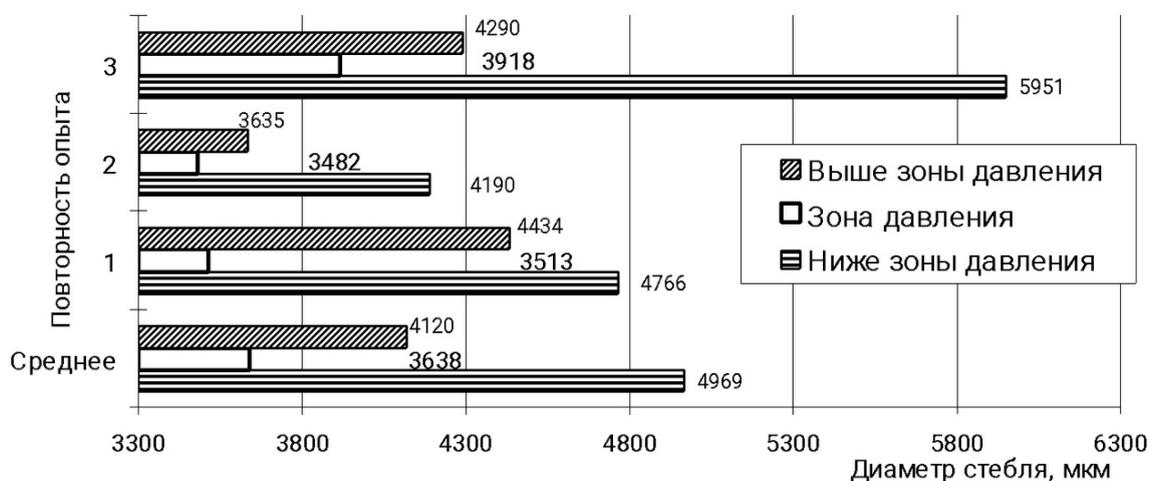


Рисунок 1 – Изменение диаметра стебля *populus nigra* под влиянием механического давления

Механическое давление проявляется и во внутренней, анатомической структуре стебля. Анализ поперечных срезов стебля контрольных и опытных растений выявил резкие различия между ними. Абсолютные величины коры, древесины и сердцевины в зоне давления во всех анализируемых случаях меньше, чем выше и ниже зоны давления;

например, в зоне давления размеры коры составляют 450 мкм, в то время как выше и ниже этой зоны её размеры значительно больше - соответственно 549 мкм и 823 мкм. Также существенно отличаются и абсолютные величины развития древесины: её размеры в зоне давления составляют 930 мкм, выше и ниже зоны давления - соответственно 1069 мкм и 1173 мкм (рис. 1).

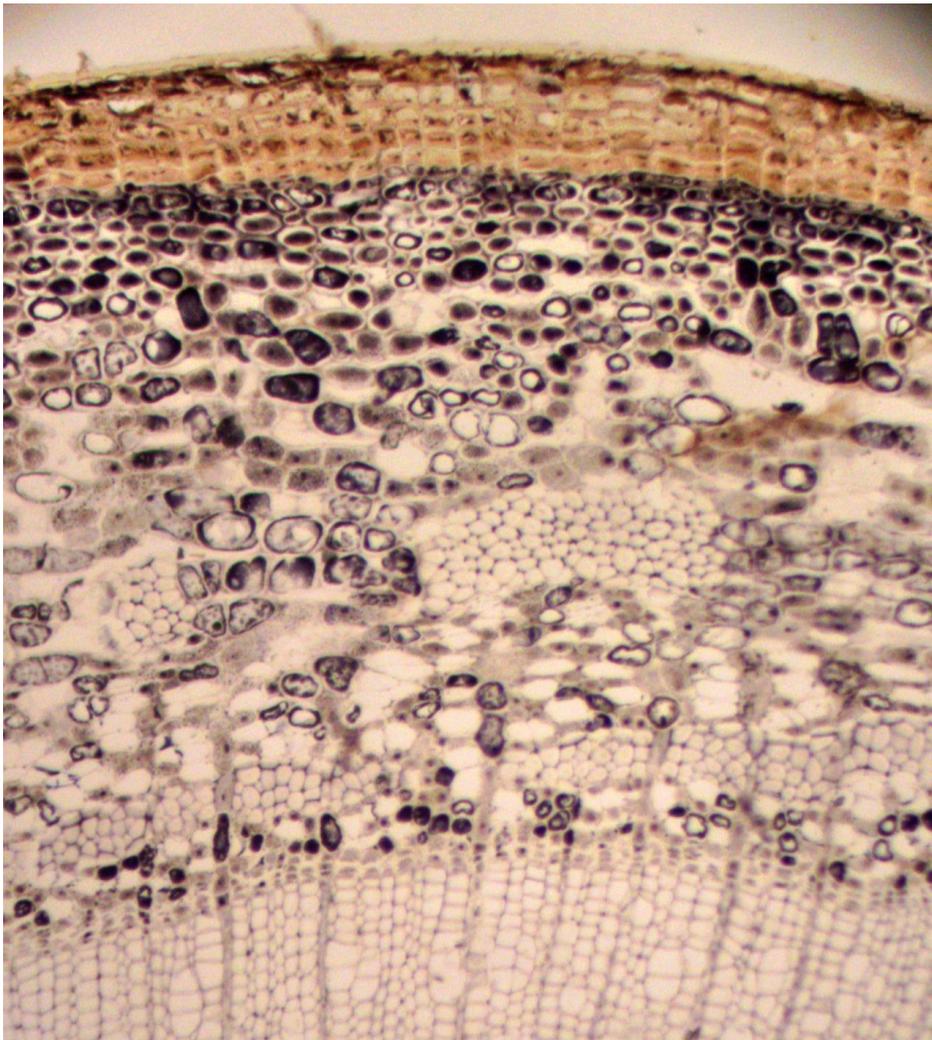


Рисунок 2 – Участок стебля тополя в контрольном образце. Фиксация образца 20 июня. Увеличение 10 х

Отмечено; 1. Феллема представлена 5-6 слоями клеток, расположенных друг над другом. 2. Наблюдается активная деятельность феллогена. 3. Камбий активно функционирует, формируя флоэму, прочие клетки коры и клетки ксилемы.

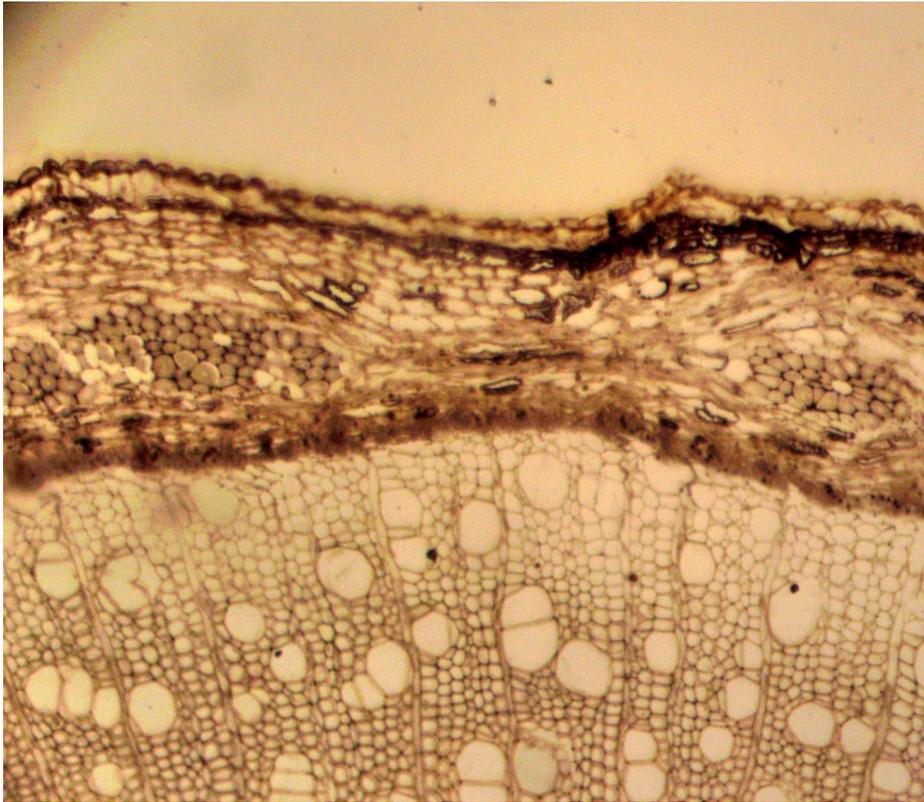


Рисунок 3 – Участок стебля тополя в зоне давления. Время наложения эластичной пленки февраль, фиксация образца 20 июня. Увеличение 10 х

Отмечено; 1. Лизис клеток феллемы – вместо 5 -6 слоев клеток в контроле остается только один слой. 2. Ингибирование деятельности феллогена. 3. Ингибирование деятельности камбия. 4. Нарушение синтеза клеточных клеток ксилемы. 5. Нарушение дифференциации клеток коры ( от камбия до эпидермиса над феллемой).

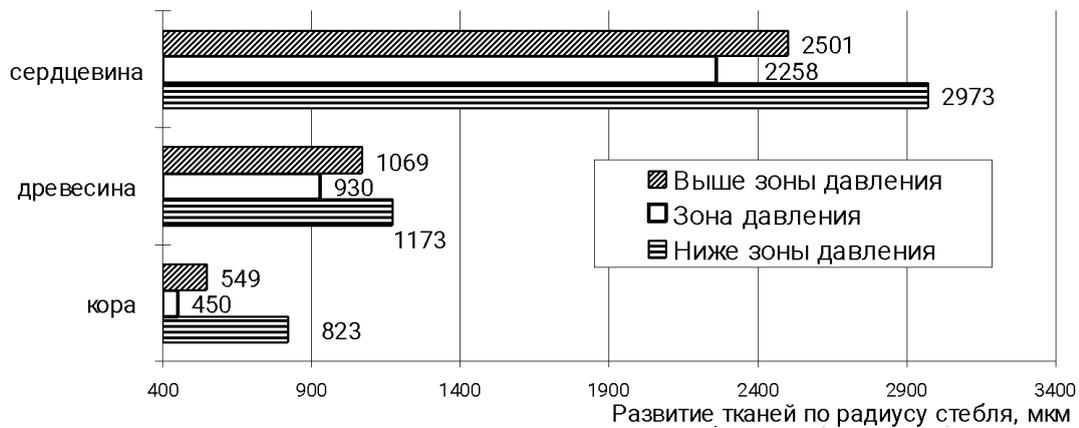


Рисунок 4 – Радиальные размеры тканей стебля *Populus nervirubens*

Наряду с уменьшением абсолютных величин коры и древесины стебля *Populus nervirubens* в зоне механического давления, наблюдаются изменения соотносительного развития этих комплексов тканей; определение отношения размеров древесины к коре показало, что в зоне давления происходит существенное увеличение размеров древесины относительно коры. Средние значения отношения древесина/кора в зоне давления составляет 2,28, выше зоны давления-2,05, ниже зоны давления-1,63. По повторностям опыта наблюдается такая же закономерность: большее значение отношения древесина/кора - в зоне давления, меньшее - выше зоны давления, ещё меньше - ниже зоны давления (рис.8).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе проделанной работы выявлено анатомическое и морфологическое изменение в структуре гибрида тополя. В зависимости от времени создания механического давления путем наложения пленки наблюдаются различные реакции гибрида тополя. При механическом стрессе наблюдается изменения синтеза клеток ксилемы и дифференциации клеток коры, а так же ингибирование деятельности камбия. Выше и ниже зоны давления клетки камбия интенсивно образуют

тонкостенные паренхимные клетки, преимущественно за счет деятельности лучевого камбия.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. М.: Высшая школа, 1960. С. 254.

2 Прокопьев Н. Я., Прокопьева А. Н. Выдающиеся анатомы и их вклад в мировую науку. Часть 3 // Педагогика высшей школы. 2016. №1. С. 17-21.

3 Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. С. 992.

4 Jansson S., Douglas C.J. Populus: A Model System for Plant Biology // Annu. Rev. Plant. Biol. 2007. Vol. 58. P. 435 – 458.

5 Редько Г. И. Биология и культура тополей. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. С. 175.

6 Лотова, Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений / Л. И. Лотова - М.: КомКнига, 2007. – С. 512.

7 Степанов, С. А. Нервная система растений: гипотезы и факты / С. А. Степанов // Бюллетень Ботанического сада Саратовского гос. ун-та. - 2017. - Т. 15, № 4. - С. 31 - 56.

8 Полевой, В. В. Физиология целостности растительного организма / В. В. Полевой // Физиология растений. - 2001. - Т. 48, № 4. - С. 631 – 643.

9 Степанов, С. А. Роль меристем и склеренхимы в гомеостазе растений / С. А. Степанов, О. Н. Головинская // Известия Саратовского гос. ун-та. Серия Биология. Спецвыпуск. – 2001. – С. 137 – 142.

10 Зубкус, О. П. Особенности генерации электрических импульсов растениями / О. П. Зубкус // Известия Сибирского отд. АН СССР. Серия Биологические науки. - 1979. - № 5/1. - С. 120-124.

11 Фазы роста и этапы онтогенеза [Электронный ресурс] // Агротехнология [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://agrotechnology.com>

/klassicheskaya/teoriya/fazy-rosta-i-etapy-organogeneza (дата обращения:  
09.05.23). – Загл. С экрана. – Яз.рус.

12 Davidson T.L., Christian K.R., Jones D.B. Responses of wheat to  
vernalisation and photoperiod // Austral. J. Agr. Res. 1985. Vol. 36, N3. P.  
347-359.

13 Geiger D.R. Effects of Translocation and Assimilate Damage on  
Photosynthesis // Canad. J. Bot. 1976. V. 54. P. 2337-2348.

