

## **МОРФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НИЖНЕГО ЭПИДЕРМИСА ЛИСТА СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (RIBUS NIGRUM L.) КАК ПОГРАНИЧНОЙ ЗАЩИТНОЙ ТКАНИ**

***А.Г. ЧЕРНЕЦКАЯ***

*Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь*

**Введение.** Одной из наиболее ценных ягодных культур Республики Беларусь является смородина черная. В приусадебных садах ее насаждения занимают более 1000 га. Ценится она за простоту выращивания, высокую зимостойкость и урожайность, а главное за исключительные пищевые и лечебные достоинства ягод [1].

Ягоды, листья и почки черной смородины по химическому составу являются естественным, комплексным концентратом витаминов. Плоды смородины черной – ценное сырье для пищевой и перерабатывающей промышленности. Они широко используются для приготовления варенья, джема, мармелада, повидла, сока, вина, ликеров и других изделий [2].

Одним из факторов, снижающих количество и качество урожая смородины черной, являются потери, связанные с поражением болезнями, из которых наиболее распространена и вредоносна мучнистая роса. Катастрофически быстрое распространение мучнистой росы смородины чревато большой опасностью, так как болезнь носит характер часто повторяющихся эпифитотий.

Создание устойчивых сортов и гибридов – наиболее эффективный способ борьбы со многими болезнями растений, в том числе с мучнистой росой смородины, и представляет собой конечную цель всех исследований по иммунитету.

Быструю и объективную оценку устойчивости смородины к мучнистой росе в ряде случаев дать довольно сложно (особенно при определении полевой устойчивости). Формирование фитопатосистем связано с участием в этом процессе различных механизмов: физиолого-биохимических, генетических, экологических и структурных. Последние исследованы наиболее слабо, хотя известно, что иммунитет растений к болезням может быть связан со структурными особенностями вегетативных и генеративных органов. Исследования на уровне пассивного (структурного) иммунитета помогают раскрыть защитный потенциал растений, выявить особенности структуры листа смородины, способствующие устойчивости к мучнистой росе, понять причины устойчивости, связанные с морфо-анатомическим строением листовой пластинки. Изучение морфо-анатомических признаков листа смородины, определяющих устойчивость растения к болезни, имеют значение при разработке косвенных методов оценки и отбора устойчивого материала, которые способствуют ускорению селекционной работы.

**Методика и объекты исследования.** Исследование посвящено изучению морфо-анатомических признаков листа смородины черной и выявлению корреляционных связей между данными признаками и устойчивостью к мучнистой росе. В работе изложены результаты сравнительного морфо-анатомического исследования листьев смородины растений трех возрастов (одно-, четырех-, восьмилетнего возрастов) в связи с устойчивостью к мучнистой росе.

Изучались образцы смородины черной с различной степенью устойчивости к мучнистой росе. Исследования проводились на 7 сортах белорусской селекции: Памяти Вавилова – ранее считался иммунным, в данное время относительно устойчивый к возбудителю мучнистой росы; Церера – относительно устойчивый; Купалинка, Катюша, Клуссоновская, Волшебница – среднепоражаемые. Сорт Минай Шмырев (контроль) взят как сильнопоражаемый возбудителем мучнистой росы [3, 4].

Исследования включали изучение анатомо-морфологического строения листьев смородины черной. Листья брались от верхушечной почки до 6–10 листа (именно они подвергаются заражению), срезы проводились в середине полупластинки листа в 20-кратной повторности на естественном инфекционном фоне. Всего изучено 1 680 срезов семи сортов смородины по 20 параметрам в трех возрастных группах. Для анатомических исследований использовались «Методы анатомо-

гистохимических исследований растительных тканей» [5] и «Анатомические методы исследований культурных растений: методические указания ВАСХНИЛ, ВНИИ растений им. Н.И. Вавилова» [6].

Полученный в результате полевых и лабораторных исследований материал обрабатывали с помощью методов математической статистики. Количественные взаимосвязи между болезнеустойчивостью и анатомическими признаками описывали с помощью регрессионных моделей [7]. Для построения регрессионных моделей использовали метод наименьших квадратов.

**Результаты и их обсуждение.** В исследовании больше внимания было уделено нижнему эпидермису, так как именно эта ткань листа смородины черной является основной зоной взаимодействия с мицелием возбудителя мучнистой росы [8]. В данной работе мы детально изучим толщину нижнего эпидермиса смородины черной как один из элементов структурного иммунитета на устойчивость к мучнистой росе.

Лист смородины черной с обеих сторон покрыт однослойным эпидермисом [9]. У листьев четырехлетних растений толщина нижнего эпидермиса меньше в 1,1 раза, чем у листьев восьмилетних растений. Она у однолетних растений в среднем равна  $0,79 \pm 0,04$  мкм, четырехлетних растений –  $0,73 \pm 0,05$  мкм, восьмилетних растений –  $0,82 \pm 0,03$  мкм (табл. 1).

Таблица 1 – Толщина нижнего эпидермиса листа (мкм) сортобразцов смородины черной различного возраста

Группа устойчивости	Название сорта	Возраст растения, лет			Среднее по сорту
		1	4	8	
Относительно устойчивые	Церера	$0,91 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,08$	$1,03 \pm 0,03$	$0,94 \pm 0,05$
	Памяти Вавилова	$1,05 \pm 0,03$	$0,95 \pm 0,05$	$0,89 \pm 0,00$	$0,96 \pm 0,03$
Среднепоражаемые	Катюша	$0,88 \pm 0,03$	$0,81 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,05$	$0,86 \pm 0,04$
	Клуссоновская	$0,76 \pm 0,03$	$0,69 \pm 0,05$	$0,86 \pm 0,03$	$0,77 \pm 0,04$
	Купалинка	$0,78 \pm 0,05$	$0,54 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,03$	$0,71 \pm 0,04$
	Волшебница	$0,88 \pm 0,05$	$0,81 \pm 0,03$	$0,80 \pm 0,05$	$0,83 \pm 0,04$
Сильнопоражаемый	Минай Шмырев	$0,25 \pm 0,03$	$0,44 \pm 0,05$	$0,46 \pm 0,00$	$0,38 \pm 0,04$
	Среднее по возрасту	$0,79 \pm 0,04$	$0,73 \pm 0,05$	$0,82 \pm 0,03$	

Толщина нижнего эпидермиса больше у относительно устойчивых сортов (Памяти Вавилова, Церера) (рис. 1, 2) в сравнении с сильнопоражаемым сортом Минай Шмырев (рис. 3) в 2,5 раза.

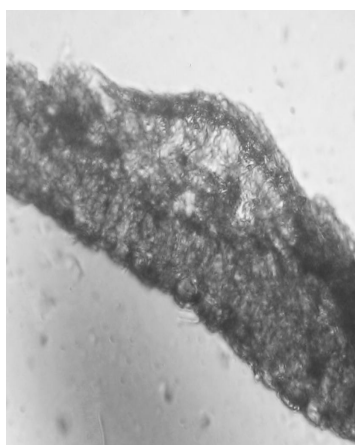


Рисунок 1 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Памяти Вавилова (автор.);  
x 200

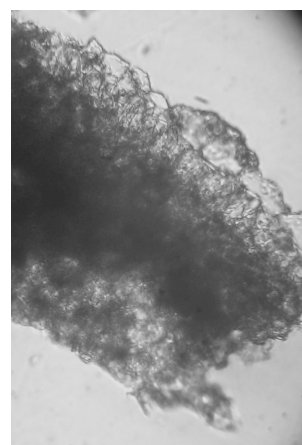
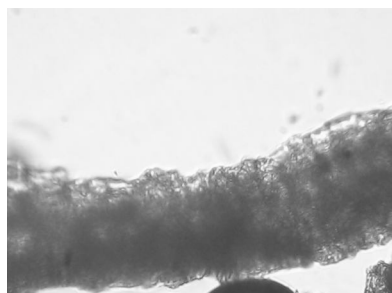


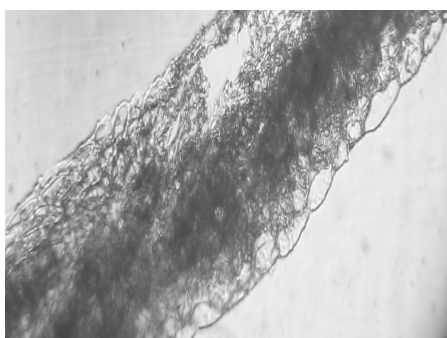
Рисунок 2 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Церера (автор.);  
x 200



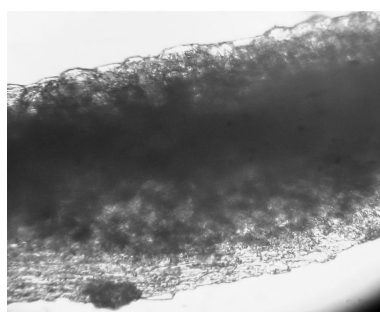
**Рисунок 3 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Минай Шмырев (автор.); x 200**

У среднепоражаемой группы сортов (Катюша, Клуссоновская, Купалинка, Волшебница) (рис. 4, 5, 6, 7) нижний эпидермис в среднем равен 0,79 мкм, что в 2,1 раза больше, чем у сорта Минай Шмырев и в 1,2 раза меньше, чем в среднем у относительно устойчивых сортов Церера и Памяти Вавилова. Наблюдается четкое увеличение толщины нижнего эпидермиса от сильнопоражаемых до относительно устойчивых сортов (табл. 1).

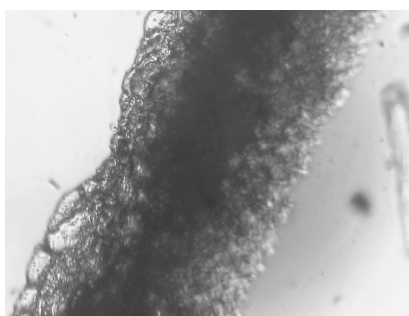
Лист смородины черной является пластичной структурой, которая в ходе развития растений смородины от возраста одного года до восьми лет претерпевает изменения. Эти изменения могут быть связаны и оказывать влияние на устойчивость к мучнистой росе. Динамика некоторых изученных признаков листа растений смородины черной разного возраста имеет определенные закономерности независимо от внешних условий.



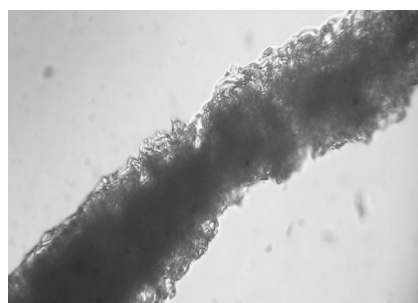
**Рисунок 4 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Катюша (автор.); x 200**



**Рисунок 5 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Клуссоновская (автор.); x 200**

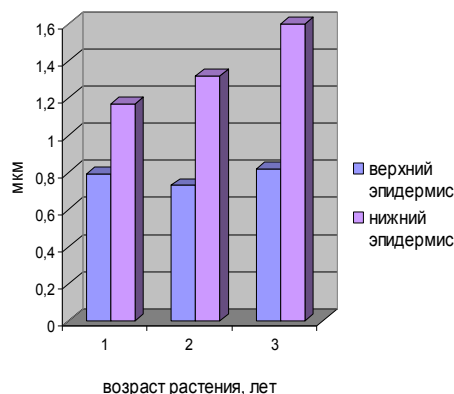


**Рисунок 6 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Купалинка (автор.); x 200**



**Рисунок 7 – Поперечный срез листа черной смородины сорта Волшебница (автор.); x 200**

Увеличение толщины нижнего эпидермиса отмечается у всех образцов, кроме сортов Клуссоновская и Минай Шмырев (табл. 1). Однако необходимо отметить, что у образцов растений четырех лет толщина нижнего эпидермиса меньше, чем у образцов растений восьми лет (рис. 8).



**Рисунок 8 – Толщина эпидермиса листа смородины черной у растений разного возраста**

Толщина верхнего и нижнего эпидермиса листа смородины черной, на наш взгляд, играет немаловажную роль в устойчивости к мучнистой росе. Увеличение толщины эпидермиса (особенно нижнего) препятствует легкому проникновению патогена в ткань листа. Толщина эпидермиса не увеличивается у растений восьми лет у сорта, который в условиях Беларуси является сильнопоражаемым.

Коэффициенты корреляции позволили выявить силу корреляционных связей между развитием болезни и толщиной нижнего эпидермиса листа смородины черной (табл. 2).

**Таблица 2 – Корреляционные связи между развитием болезни и толщиной нижнего эпидермиса листа смородины черной у растений разных возрастных групп**

Возраст	Коэффициент корреляции	Направление связи	Корреляция
Однолетние растения	-0,94*	обратная	сильная
Четырехлетние растения	-0,97*	обратная	сильная
Восьмилетние растения	-0,98*	обратная	сильная

Примечание – \*Отмечены коэффициенты корреляции, значимые на уровне  $p=0,05$  (5 %)

Толщина нижнего эпидермиса, начиная с растений однолетнего возраста до растений восьми лет, коррелирует с устойчивостью к мучнистой росе. Связь между толщиной нижнего эпидермиса, с одной стороны, и развитием болезни, с другой, носит отрицательный характер (обратную корреляцию). В ходе корреляционного анализа выявлена линейная отрицательная зависимость между развитием болезни и толщиной клеток нижнего эпидермиса.

Для изучения характера обнаруженных взаимосвязей, а также для прогноза развития болезни по особенностям морфо-анатомической структуры листа смородины черной мы использовали регрессионный анализ.

Для описания взаимосвязей между средним развитием болезни и толщиной нижнего эпидермиса была построена линейная модель зависимости (рис. 9).

Связь болезнеустойчивости и толщины нижнего эпидермиса может быть представлена уравнением 1:

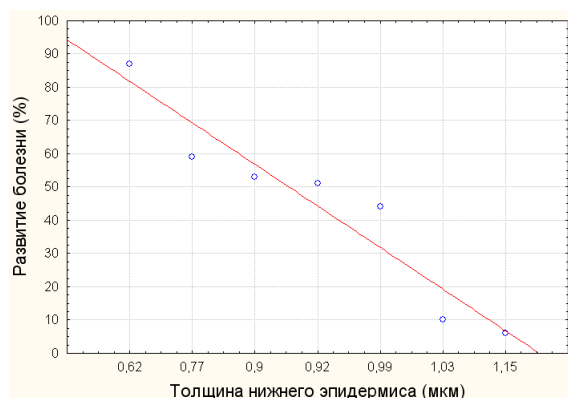
Коэффициент при независимой переменной	Свободный член	Коэффициент детерминации, $R^2$
-0,950	0,943	0,911

$$y = 0,943 - 0,95 \cdot x, \quad (1)$$

где

y – среднее развитие болезни;

x – толщина нижнего эпидермиса (мкм)



**Рисунок 9 – Линейная модель зависимости развития мучнистой росы от толщины нижнего эпидермиса**

На основе составленной модели и уравнения можно предложить методику диагностики сортов смородины черной на устойчивость к мучнистой росе.

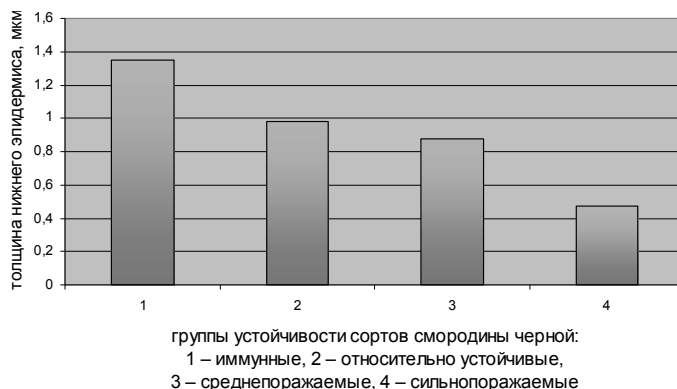
Так, сортообразцы смородины черной с толщиной нижнего эпидермиса более 0,89 мкм будут обладать высокой устойчивостью к мучнистой росе (развитие болезни менее 10 %).

Для образцов смородины черной с толщиной нижнего эпидермиса в пределах 1,40 мкм будет характерна средняя устойчивость (развитие болезни менее 50%).

Низкая устойчивость (развитие болезни более 50 %) будет у образцов с толщиной нижнего эпидермиса менее 0,47 мкм.

Таким образом, зависимость развития мучнистой росы от толщины нижнего эпидермиса листа смородины черной в разном возрасте описывается линейным уравнением.

Группу устойчивости сорта можно определить, зная размеры нижнего эпидермиса, по составленным шкалам устойчивости (рис. 10) и таблице (табл. 3).



**Рисунок 10 – Шкала параметров толщины нижнего эпидермиса листа смородины черной как диагностического признака устойчивости к мучнистой росе**

**Таблица 3 – Толщина нижнего эпидермиса листа смородины черной как диагностический признак устойчивости к мучнистой росе**

Толщина нижнего эпидермиса листа, мкм	Группа устойчивости
0,99 – 1,35	Иммунные (предположительно)
0,89 – 0,98	Относительно устойчивые
0,48 – 0,88	Среднепоражаемые
0,23 – 0,47	Сильнопоражаемые

### **Выводы.**

1. В ходе исследований вегетативного роста смородины черной установлено, что у растений разного возраста происходят количественные изменения параметров листа. С возрастом растения, от одного года до восьми лет, толщина нижнего эпидермиса увеличивается до 6%.

2. В ходе изучения анатомических параметров листа семи сортов смородины черной белорусской селекции разных групп устойчивости наблюдается увеличение значений толщины нижнего эпидермиса от сильнопоражаемых до относительно устойчивых сортов.

3. Выявлена линейная отрицательная зависимость между развитием болезни и толщиной клеток нижнего эпидермиса.

4. К группе относительно устойчивых к мучнистой росе (развитие болезни до 10%) относятся сорта смородины черной с толщиной нижнего эпидермиса более 0,89 мкм.

К среднепоражаемой группе устойчивости (развитие болезни до 50%) относятся сорта смородины черной с толщиной нижнего эпидермиса в пределах от 0,48 до 0,88 мкм.

К сильнопоражаемой группе устойчивости (развитие болезни более 50%) относятся сорта смородины черной с толщиной нижнего эпидермиса менее 0,47 мкм.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зазулина, Н.А. Черная смородина: какой сорт лучше? / Н.А. Зазулина // Хозяин. –1996. –№2 – С.
2. Радюк, А.Ф. Приусадебное плодовоовощеводство / А.Ф. Радюк, А.В. Кругляков, В.Н. Балобин. – Минск: Ураджай, 1986. – 304 с.
3. Определитель сортов смородины: справочник / Т.П. Огольцова [и др.]. – Орел: изд-во ВЕИИСПК, 2000. – 292 с.
4. Сорта плодовых, ягодных культур и винограда селекции Белорусского научно-исследовательского института пловодства: справ. изд. / под ред. И.А. Шмыглевской. – Самохваловичи: РУП «Белполиграф», 2000. – 63 с.
5. Фурст, Г.Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей / Г.Г. Фурст. – Москва: Наука, 1979. – 155 с.
6. Анатомические методы исследования культурных растений: метод. указания / под. Общ. Ред. Г.И. Москалевой. – Ленинград: Всесоюз. Науч.-исслед. Ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1989. – 75 с.
7. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Высшая школа, 1978. – 178 с.
8. Джунипер, Б. Морфология поверхности растений / Б. Джунипер, К. Джеффри; пер. с англ. Н.П. Матвеевой; под ред. И с предисл. И.П. Ермакова, Ю.В. Кочетова. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 160 с.
9. Мирославов, Е.А. Структура и функция эпидермиса листа покрытосеменных растений / Е.А. Мирославов. – Ленинград: Наука, Ленингр. отдел., 1974. – 184 с.

## **MORPHO-ANATOMICAL STRUCTURE LOW EPIDERMIS OF BLACKCURRANT (RIBUS NIGRUM L.) LEAF AS PROTECTIVE BOUNDARY FABRIC**

***A.G. TCHERNETSKAIA***

### ***Summary***

The aim of work is to determine interrelation between characteristics of blackcurrant leaf (low epidermis thickness) and its resistance to american powdery mildew and for reasons given to propose new methods of diagnostics for resistance of blackcurrant to american powdery mildew.

© Чернецкая А.Г.

*Поступила в редакцию 1 октября 2010г.*