



УДК 58.056; 581.821

**АДАПТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ  
*RIBES NIGRUM* L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ  
ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ****ADAPTATIONS OF THE LEAF SURFACE OF BLACK CURRANTS DEPENDING  
ON THE CONDITIONS OF WATER SUPPLY****Т.А. Кузнецова****T.A. Kuznetsova**

Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет, Россия, 194021,  
г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, д. 50  
St.-Petersburg State University of Trade and Economics, 50, Novorossiyskaya St, St.-Petersburg, 194021, Russia

E-mail: [tano\\_lovely@mail.ru](mailto:tano_lovely@mail.ru)

*Ключевые слова:* *Ribes nigrum* L., адаптация, эпидермис, устьица, трихомы, газообмен.  
*Key words:* *Ribes nigrum* L., adaptation, the epidermis, stomata, trichomes, gas exchange.

*Аннотация.* Проведено сравнительное изучение поверхности листовых пластинок растений, произрастающих в садовых условиях г. Белгорода и Санкт-Петербурга. Для исследования использовались полностью сформированные листья, выросшие при хорошем освещении, в фазу полной спелости с учетом морфологического адреса. Определены особенности реакций основных эпидермальных клеток и устьиц на абиотические факторы окружающей среды, характеризующие особенности и потенциал газообмена и транспирации. Сделана классификация трихом, изучено распределение, плотность опушения, интенсивность синтеза эфирных масел железистыми трихомами, определен характер распределения кутикулярного слоя в разных климатических условиях.

*Resume.* We studied the leaf surface of plants growing in the gardens of Belgorod and St.-Petersburg. The research problem: adaptation of mathematical methods to the analysis of the anatomical structure of leaves of the plant. This will allow you to select more productive plants that are more resistant to environmental factors.

For the study, we used the adult leaves; they grew up in a good light. Leaves were collected during the period of full ripeness of berries. For selecting and fixing the leaves we used known methods. We separated epidermis by boiling the leaves of plants in alkaline solution. We determined the size and shape of epidermal cells and trichomes described. We calculated the coefficient of tortuosity of the side walls of the basic cells of the epidermis, the degree of openness of the stomata, the ratio of the intensity of gas exchange, intensity factor synthesis peltate trichomes. According to the study, we can say that in Belgorod main epidermal cells are larger, with more sinuous sidewalls. The size of these cells affects the growth of adjacent columnar cells of the mesophyll. In terms of gas exchange Belgorod intensity factor is greater than in St.-Petersburg. Stomata are less open in the case of Belgorod, it is a response to drought. On the sheet we found simple nonglandular and peltate trichomes. In Belgorod leaf has a greater number of trichomes, glandular trichomes synthesis intensity is higher than in St. Petersburg. In Belgorod leaf has a greater number of trichomes, glandular trichomes synthesis rate is higher compared to St.-Petersburg. Cuticle layer in Belgorod is uniform and thickens near the trichomes. In the context of St. Petersburg cuticle is not expressed. In terms of Belgorod *Ribes nigrum* leaf showing signs of xeromorphy.

## Введение

В настоящее время существуют разные математические подходы для анализа морфо-анатомических параметров, характеризующих взаимодействие генотипа и среды [Кильчевский, Хотылева, 1989]. Задача состоит в том, чтобы адаптировать их к разным этапам селекционного процесса для получения оперативной информации об морфо-анатомических ответных реакциях на факторы окружающей среды, о потенциале ассимилирующей способности, о реакциях, отражающих угнетающее влияние лимитирующих факторов.

Решение этой задачи ведет к повышению эффективности отбора сортов с заданными экологическими параметрами (с общей или специфической адаптивной способностью) для конкретных регионов.

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования стала смородина черная (*Ribes nigrum* L.) сорта Память Мичурин, который районирован во всех областях Центрально-Черноземной зоны и широко распространен в европейских регионах России, 2007-го года посадки.



В природе ареал *R. nigrum* охватывает практически всю территорию Европы, лесную зону европейской части России, Сибири (от Урала до Енисея и озера Байкал), Казахстан, Китай и север Монголии. Смородина черная интродуцирована в Северную Америку. Широко культивируется. Произрастает по береговым зарослям, во влажных лиственных, смешанных и хвойных лесах и по их окраинам, в ольшаниках, по берегам рек, озер, по окраинам болот и на влажных пойменных лугах, одиночно и небольшими зарослями. Растение предпочитает хорошо освещенные места, хотя мирится и с полутенью, но при этом реже цветет. Предпочитает легкие рыхлые, хорошо увлажненные плодородные суглинки, на почвах с повышенной кислотностью растет плохо.

Растения выращивались в г. Белгороде на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ», в г. Санкт-Петербурге (СПб) – на территории частного участка (в районе Пулковской обсерватории).

Материал отбирался с растений 4–5-тилетнего возраста. В Белгороде исследование проводили в 2009 году, в Санкт-Петербурге – в 2014 году.

Отбирались полностью сформированные листья с годичных приростов (7-й от основания прироста) с учетом их морфологического адреса, освещенности в утренние часы.

Консервация листьев проводилась общепринятым способом в смеси: спирт, вода, глицерин (1:1:1). Приготовление препаратов эпидермиса проводилось по модифицированной методике [Резанова, 2010].

Изучение эпидермиса и его структур проводилось с помощью СМ Levenhuk 320, видеокамеры Levenhuk С310 NG, окуляр-микрометр МОВ-1-15×У4.2, для изучения особенностей отложения кутикулярного слоя использовали РЭМ Quanta 200 3D. Для измерения толщины листа, толщины адаксиального и абаксиального эпидермиса делали срезы. В анатомическом исследовании учитывались признаки зрелых, полностью сформированных структур при 70–75-кратной повторности измерений. В средней части листа между жилками подсчитывали концентрацию устьиц на 1 мм<sup>2</sup> абаксиального эпидермиса. Измеряли площадь устьица устьичной щели, вычисляли степень открытости устьиц (СОУ, %) [Кузнецов, Голышкин, 2006; Резанова, Бакшуттов, 2011]. Измеряли площадь и периметр основных клеток адаксиального и абаксиального эпидермиса, вычисляли коэффициент извилистости антиклинальных стенок по формуле:

$$K_u = \frac{P_{осн.кл.}}{S_{осн.кл.}} \times 100;$$

где  $P$  – периметр основных клеток эпидермиса;  $S$  – площадь основных клеток эпидермиса.

Расчет объема клетки палисадной мезофилла, имеющей удлиненную форму, производился по формуле:

$$V = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 \times \left( (h - d) + 2 \frac{d}{3} \right);$$

где  $d$  – диаметр палисадной клетки,  $h$  – высота палисадной клетки [Меньшакова, 2006].

Для расчета коэффициента интенсивности газообмена ( $K_i$ ) перемножалось количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup> поверхности листа на площадь устьичной щели.

Для определения интенсивности синтеза эфирных масел на поверхности листа определялась концентрация пельтатных железок на единицу абаксиальной поверхности листовой пластинки, их площади и площади субкутикулярных полостей. Коэффициент интенсивности синтеза пельтатных железок определяли по формуле [Резанова и др., 2012]:

$$K_{ж} = S_{с.п.} \times N;$$

где  $S_{с.п.}$  – площадь субкутикулярной полости пельтатной железки;  $N$  – число трихом на 1 мм<sup>2</sup> площади листовой пластинки.

Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа [Доспехов, 1985; Зайцев, 1991] с использованием программного обеспечения EXCEL (Microsoft Office 2003). По результатам находили: средние статистические значения, ошибку среднего. Сравнение достоверности двух выборок производили с помощью критерия Стьюдента.

### Экспериментальная часть

В 2009 году в г. Белгороде наблюдались резкие колебания температуры, засуха; сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 3460°C, сумма осадков – 249 мм. В г. Санкт-Петербурге в 2014 году сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 2440°C, сумма осадков – 388 мм.



Принято считать, что листья, развившиеся в условиях внешней и внутренней сухости, обладают более мелкоклеточными анатомическими элементами [Васильев, 1988]. Однако возникновение мелкоклеточности строения не есть еще проявление ксероморфии.

Согласно плану описания строения листа, основные клетки абаксиального и адаксиального эпидермиса, сформированного в условиях Белгорода, можно назвать крупными. В условиях Санкт-Петербурга основные клетки адаксиального эпидермиса средних размеров, основные клетки абаксиального эпидермиса мелкоклеточные.

В нашем исследовании размеры основных клеток адаксиального эпидермиса, сформированного в условиях Санкт-Петербурга, имеют тенденцию к снижению, различия достоверны, что не подтверждает литературные данные. Для абаксиального эпидермиса характерна такая же тенденция (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

**Характеристика основных клеток адаксиального и абаксиального эпидермиса листа *R. nigrum* в разных климатических условиях**  
**Characteristics of the main cell adaxial and abaxial leaf epidermis *R. nigrum* in different climates**

Эпидермис	S основных клеток, мкм <sup>2</sup>		K <sub>и</sub> <sup>1</sup> , мкм <sup>-1</sup>	
	Белгород	СПб	Белгород	СПб
Адаксиальный	2100.50±30.50	665.02±26.90**	11.44±0.64	3.17±0.47
Абаксиальный	1141.80±27.16	334.79±14.41**	12.95±0.33	4.66±0.70

Примечание: \* – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; \*\* – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях г. Белгорода); <sup>1</sup>K<sub>и</sub> – коэффициент извилистости антиклинальных стенок.

На размер и форму основных клеток адаксиального эпидермиса влияют прилегающие к нему клетки столбчатого мезофилла. При растяжении их в диаметре увеличиваются в размерах и основные клетки эпидермиса, корреляция достоверная прямая средней силы (r=0.836).

В климатических условиях Белгорода полностью сформированные листья имеют более крупные клетки столбчатого мезофилла, имеющие больший диаметр, соответственно, и основные клетки адаксиального эпидермиса более крупные (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

**Морфо-анатомическая характеристика тканей листа *R. Nigrum* в разных климатических условиях**  
**Morphological and anatomical characteristics of leaf tissue *R. nigrum* in different climates**

Условия выращивания	d <sup>1</sup> столбчатых кл. мезофилла, мкм	V <sup>2</sup> кл. столбчатого мезофилла, мкм <sup>3</sup>	T <sup>3</sup> адаксиального эпидермиса, мкм	T <sup>3</sup> абаксиального эпидермиса, мкм
Белгород	19.52±1.33	18041.7±1968.88	26.03±0.682	30.05±5.90
СПб	12.25±0.24**	3188.85±166.33**	14.61±0.55**	11.53±0.22**

Примечание: \* – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; \*\* – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях Белгорода); <sup>1</sup>d – диаметр клеток; <sup>2</sup>V – объем клеток; <sup>3</sup>T – толщина клеток.

Достоверным является снижение коэффициента извилистости антиклинальных стенок основных клеток адаксиального эпидермиса у листьев растений сформированных в условиях Санкт-Петербурга. Такая же закономерность характерна для основных клеток абаксиального эпидермиса (см. табл. 1).

Степень извилистости стенок эпидермальных клеток зависит от условий произрастания растений. У особей, выросших при интенсивном освещении, волнистость выражена слабее по сравнению с затененными растениями [Эсау, 1969]. Согласно одной из точек зрения, появление волнистости стенок обусловлено напряжением, возникающим между эпидермальными и подстилающими клетками в процессе роста. Другие представляют себе образование волнистости следующим образом. На ранних стадиях развития стенки эпидермальных клеток прямые, но если затвердевание кутикулы происходит медленно, оболочка также долгое время продолжают разрастаться, вследствие чего образуются складки [Сытник, 1978].

У большинства растений толщина основных клеток адаксиального и абаксиального эпидермиса в условиях Санкт-Петербурга имеют тенденцию к уменьшению по сравнению с условиями Белгорода, причем для верхнего эпидермиса эти различия более существенные, различия достоверны (см. табл. 2).



Предполагаем, что интенсивный рост клеток столбчатого мезофилла вызывает растяжение основных клеток адаксиального эпидермиса в одной плоскости, что ведет к снижению их размеров в другой плоскости, таким образом, уменьшается толщина основных клеток эпидермиса.

Возможности электронного микроскопа позволяют оценить мощность кутикулярного слоя. На адаксиальной поверхности листовых пластинок смородины черной, сформированных в условиях Белгорода кутикулярный слой однородный, основные клетки имеют выпуклые проекции (рис. 1).

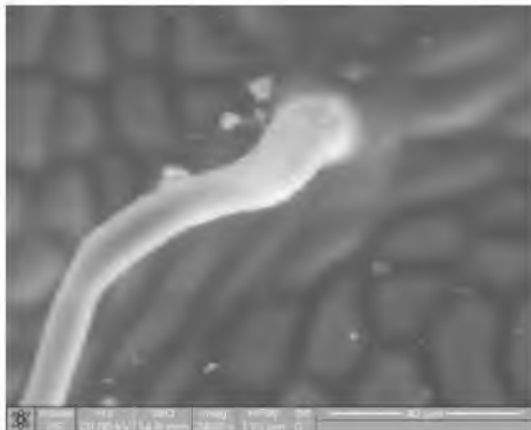


Рис. 1. Адаксиальная поверхность листовой пластинки *R. nigrum*, сформированная в условиях г. Белгорода (ЭМ, ×2000)

Fig. 1. Adaxial leaf surface *R. nigrum*, Belgorod (EM, ×2000)

Абаксиальная поверхность листа смородины черной в условиях Белгорода не имеет мощного кутикулярного слоя, основные клетки эпидермиса имеют выпуклую поверхность (рис. 2). В условиях Санкт-Петербурга основные клетки эпидермиса также имеют выпуклую поверхность, кутикулярный слой не выражен.

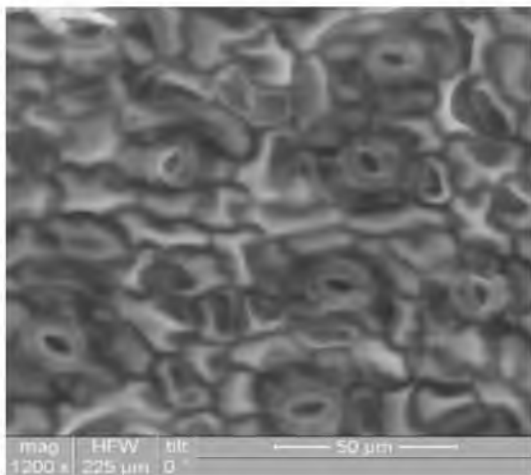


Рис. 2. Абаксиальная поверхность листовой пластинки *R. nigrum*, сформированного в условиях Белгорода (ЭМ, ×1200)

Fig. 2. Abaxial leaf surface *R. nigrum*, Belgorod (EM, ×1200)

**Устьичный аппарат.** Состояние устьичного аппарата зависит от многих факторов, связанных с поступлением веществ в растение через корневую систему. Все вещества изменяют тургор замыкающих клеток устьиц и окружающих клеток эпидермиса.

Можно предположить, что в открывании и закрывании устьиц участвуют несколько механизмов. Это внутренние факторы, связанные с потреблением растениями различных веществ, меняющих тургор и взаимоотношение замыкающих клеток устьиц и окружающих их клеток эпидермиса. Другой механизм или группа механизмов связана с воздействием разных факторов среды на надземную часть растений. Она же будет изменяться в ходе приспособлений растений к определенным условиям окружающей среды.

**Лист гипосамитический:** устьица находятся только на абаксальной стороне листа, они располагаются без определенного порядка, тип устьичного аппарата аномоцитный. У смородины черной и в условиях Белгорода, и в условиях Санкт-Петербурга устьица несколько выступают над соседними клетками (см. рис. 2).

Число устьиц на 1 мм<sup>2</sup> поверхности листа изучаемых видов в условиях Белгорода по стандартным обозначениям среднее, а в условиях Санкт-Петербурга – малое [Васильев, 1988]. На абаксиальной поверхности в условиях Белгорода формируется значительно меньше устьиц,

чем в условиях Санкт-Петербурга. Площадь устьиц в условиях Белгорода достоверно больше, чем в условиях Санкт-Петербурга (табл. 3).

Таблица 3  
Table 3

**Характеристика устьиц листьев *R. nigrum*, сформированных в разных климатических условиях**  
**Characteristics of leaf stomata *R. nigrum*, formed in different climatic conditions**

Условия формирования	S устьица, мкм <sup>2</sup>	S устьичной щели, мкм <sup>2</sup>	Число устьиц на 1 мм <sup>2</sup>	<sup>1</sup> СОУ, %	<sup>2</sup> К <sub>г</sub> , мкм <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup>
Белгород	851.49±55.60	75.70±10.03	97.59±6.10	7.22±1.17	7387.56±60.10
СПб	322.05±9.27**	24.54±1.53**	203.20±4.78**	7.75±0.44	4986.53±7.31

Примечание: \* – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; \*\* – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях Белгорода), <sup>1</sup>СОУ – степень открытости устьиц, <sup>2</sup>К<sub>г</sub> – коэффициент интенсивности газообмена устьиц.

Увеличение площади устьиц на поверхности листа в условиях Белгорода свидетельствует о больших возможностях газообмена одного устьица, который необходим для фотосинтеза, дыхания, транспирации. Увеличение числа устьиц на единицу поверхности листьев, сформированных в условиях Санкт-Петербурга может рассматриваться как приспособление к увеличению интенсивности транспирации в условиях большей влажности.

СОУ характеризует интенсивность газообмена одного устьица [Шведова, 1992]. При воздействии неблагоприятных факторов (засуха), СОУ снижается. Этот защитный механизм, который предотвращает высыхание листа, однако и снижает интенсивность фотосинтеза. В условиях Белгорода СОУ имеет тенденцию к снижению, что мы расцениваем, как реакцию на жаркие и сухие периоды, характерные для белгородского лета.

Если учесть общее число устьиц, пересчитать пропускную поверхность устьиц на единицу поверхности листа, окажется, что интенсивность газообмена выше у листьев, сформированных в условиях Белгорода (см. табл. 3).

Рассчитанный коэффициент интенсивности газообмена более объективно характеризует этот процесс, так как включает в себя несколько параметров. Таким образом, по косвенным признакам можно предположить о большей интенсивности фотосинтеза у растений в условиях Белгорода, с большей солнечной радиацией.

Трихомы. Смородина черная имеет два вида трихом: нежелезистые простые, железистые многоклеточные (пелътатные).

Трихомы находятся только на абаксиальной поверхности. Простые трихомы концентрируются на жилках, пелътатные железки есть на жилках и вне их (рис. 3А). У смородины, сформированной в условиях Санкт-Петербурга, отмечены единичные короткие одноклеточные кроющие трихомы на жилках, а также единичные пелътатные трихомы (рис. 3Б). В условиях Белгорода кроющие трихомы более длинные.

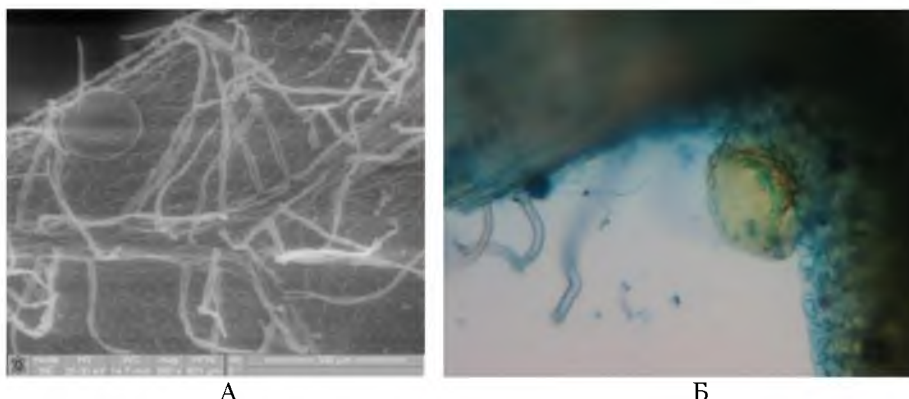


Рис. 3. Абаксиальная поверхность листа смородины черной: А – в условиях Белгорода (ЭМ, ×300); Б – в условиях Санкт-Петербурга (световой микроскоп (СМ), ×250)  
Fig. 3. Abaxial surface of the sheet of *R. nigrum*: А – Belgorod (EM, ×300); В – St. Petersburg (light Microscope, × 250)

Простые кроющие трихомы в условиях Белгорода имеют чешуйчатую поверхность основные клетки у основания трихомы имеют кутикулярный налет в виде валика (рис. 4А). На поверхности пелътатных железок кутикула формирует однородный слой (рис. 4Б).

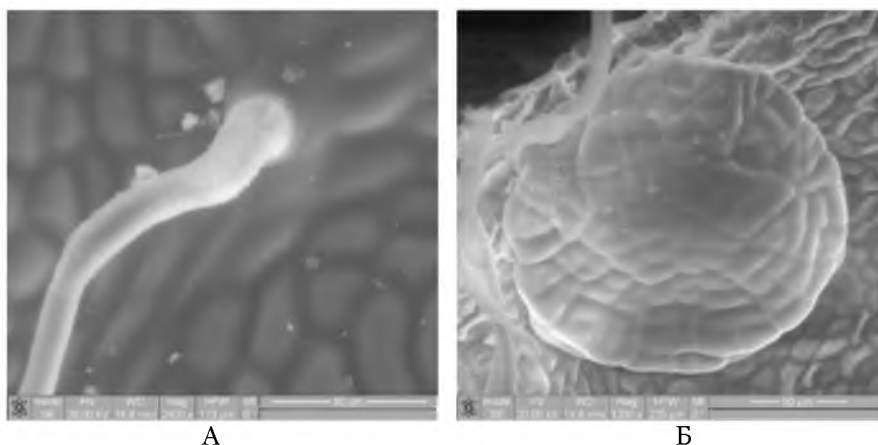


Рис. 4. Классификация трихом смородины черной: А – кроющие трихомы (ЭМ, ×2000),  
Б – пельтатные трихомы (ЭМ, ×1000)

Fig. 4. Classification of trichomes of *R. nigrum*: А – the simple nonglandular trichome (EM, ×2000),  
В – peltate trichomes (EM, ×1000)

Площадь железок и их субкутикулярных полостей значительно больше в условиях Санкт-Петербурга (в условиях Белгорода с низкой влажностью они высыхают), однако число их на единицу поверхности достоверно меньше (табл. 4).

Таблица 4  
Table 4

**Характеристика пельтатных трихом *R. nigrum* в разных климатических условиях**  
**Characteristics of peltate trichomes *R. nigrum* in different climates**

Условия формирования	S пельтатн. желез, мкм <sup>2</sup>	S субкутикулярной полости, мкм <sup>2</sup>	<sup>1</sup> N, шт/мм <sup>2</sup>	<sup>2</sup> K <sub>ж</sub> , мкм <sup>3</sup> /мм
СПб	1411.94±47.88**	227.28±19.31**	0.353±0.038**	80.23±4.01**
Белгород	76.62±3.81	14.29±1.78	13.63±2.25	194.77±9.74

Примечание: \* – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; \*\* – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях Белгорода); <sup>1</sup>N – число пельтатных трихом на 1 мм<sup>2</sup> поверхности листа; <sup>2</sup>K<sub>ж</sub> – коэффициент интенсивности синтеза эфирных масел пельтатными трихомами на 1 мм<sup>2</sup> поверхности листа.

На полностью сформированных листьях, испытывавших все особенности климатических условий Белгорода, встречаются пельтатные трихомы сморщенные, с поврежденной кутикулой, уплощенные (рис. 5).

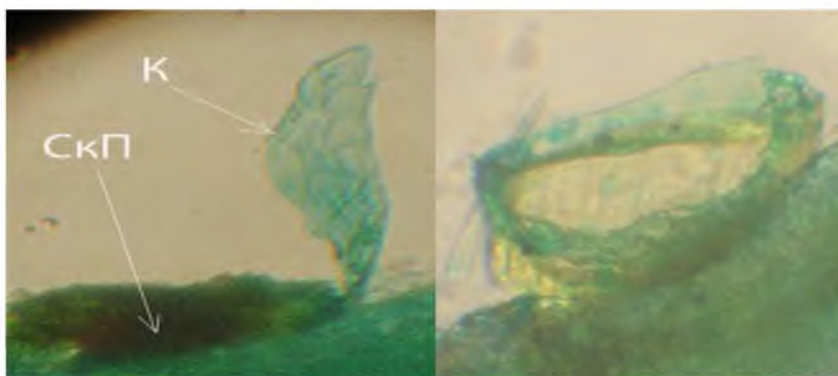
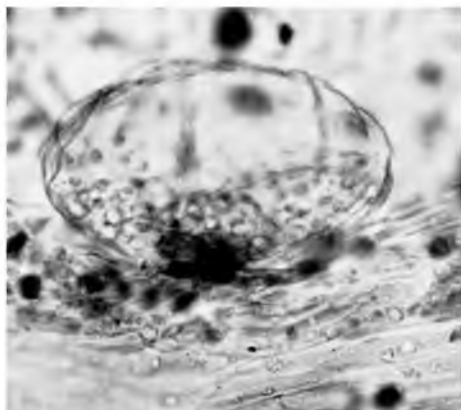


Рис. 5. Пельтатные трихомы смородины черной в условиях Белгорода (СМ, ×1500):  
К – кутикула; СкП – субкутикулярная полость

Fig. 5. Peltate trichomes of *R. nigrum* in Belgorod (light Microscope, ×1500):  
К – cuticle; СкП – subcuticular cavity



В условиях Санкт-Петербурга пельтатные трихомы более выпуклые, округлые (рис. 6).

Рис. 6. Пельтатные трихомы смородины черной в условиях Санкт-Петербурга (СМ,  $\times 1200$ )  
 Fig. 6. Peltate trichomes of *R. nigrum*, St.-Petersburg (light Microscope,  $\times 1200$ )

Коэффициент интенсивности синтеза эфирных масел пельтатными трихомами на единицу поверхности листа, сформированного в условиях Белгорода, имеет достоверно большие значения, по сравнению с листьями, сформированными в условиях Санкт-Петербурга.

### Заклучение

Лист обладает высокой изменчивостью, он чувствителен к изменению абиотических факторов среды. Изменчивость тканей отражает приспособительные механизмы к лимитирующим факторам среды. Наиболее чувствительной к факторам среды является поверхность листовой пластинки.

В условиях г. Белгорода основные клетки абаксиального и адаксиального эпидермиса имеют большую площадь и меньшую толщину, чем в условиях г. Санкт-Петербурга. На размер основных клеток адаксиального эпидермиса влияют прилегающие к нему основные клетки столбчатого мезофилла. В условиях Белгорода они также крупнее (корреляция сильная,  $r=0.836$ ). В условиях Белгорода основные клетки имеют более извилистые антиклинальные стенки, этот признак можно охарактеризовать, как ксероморфный.

В условиях Белгорода СОУ имеет тенденцию к снижению, их число достоверно ниже на  $1 \text{ мм}^2$  поверхности листа, что расценивается, как защитные механизмы в ответ на жаркие и сухие периоды белгородского лета.

Коэффициент интенсивности газообмена учитывает число устьиц и СОУ более объективно характеризует газообмен листовой пластинки. Он значительно больше в условиях Белгорода, что характеризует больший потенциал газообмена, связанный с большей интенсивностью фотосинтеза, транспирацией и дыханием.

На абаксиальной поверхности листа смородины черной имеются простые кроющие трихомы и железистые пельтатные. В условиях Белгорода опушенность достоверно выше, чем в условиях Санкт-Петербурга, что мы расцениваем, как проявление ксероморфного строения.

В условиях Санкт-Петербурга формируются листья, имеющие одиночные трихомы, концентрирующиеся на жилках. Пельтатные трихомы достоверно более крупные, выпуклые.

В условиях Белгорода большой процент трихом высохших с поврежденной кутикулой, сморщенных, что отражает влияние засухи на лист. Коэффициент интенсивности синтеза пельтатных трихом отражает интенсивность синтеза эфирных масел на  $1 \text{ мм}^2$  листа, он значительно выше в условиях Белгорода, что характеризует защитные функции пельтатных трихом на действие засухи.

Кутикулярный слой на поверхности абаксиальной и адаксиальной поверхности в условиях Белгорода однородный, утолщается только у основания трихом и на поверхности пельтатных трихом, в условиях Санкт-Петербурга он не выражен.

### Список литературы References

1. Васильев Б.Р. 1988. Строение листа древесных растений различных климатических зон. Л., Изд-во Ленинградского университета, 208.  
 Vasil'ev B.R. 1988. Stroenie lista drevesnyh rastenij razlichnyh klimaticheskikh zon [Sheet structure of woody plants of different climatic zones]. Leningrad, Izd-vo Leningradskogo universiteta, 208. (in Russian)
2. Доспехов Б.А. 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). М., Агропромиздат, 351.  
 Dosp'ehov B.A. 1985. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki) [The technique of field experience (with the basics of statistical processing)]. Moscow, Agropromizdat, 351. (in Russian)
3. Зайцев Г.Н. 1991. Математический анализ биологических данных. М., Наука, 184.



Zajcev G.N. 1991. Matematicheskij analiz biologicheskikh dannyh [Mathematical analysis of biological data]. Moscow, Nauka, 184. (in Russian)

4. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. 1989. Генотип и среда в селекции растений. Минск, Наука и техника, 191.

Kil'chevskij A.V., Hotyleva L.V. 1989. Genotip i sreda v selekcii rastenij [Genotype and Environment in plant breeding]. Minsk., Nauka i tehnika, 191. (in Russian)

5. Кузнецов, М.Н., Гольшкин Л.В. 2006. Адаптивный ответ устьичного аппарата листа черной смородины на загрязнение тяжелыми металлами. В кн.: Состояние и перспективы развития ягодоводства в России. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (г. Орел, 19–22 июня 2006 г.). Орел, Изд-во ВНИИСПК: 344.

Kuznesov, M.N., Golyshkin L.V. 2006. Adaptive response of stomatal apparatus blackberry leaf on heavy metal pollution. In: Sostojanie i perspektivy razvitiya jagodovodstva v Rossii. Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoi konferencii (g. Orel, 19–22 ijunja 2006 g.) [Status and prospects of berry-culture in Russia. Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoi konferencii (Orel, 19–22 June 2006)]. Orel, Izd-vo VNIISPК: 344. (in Russian)

6. Меньшакова М.Ю. 2006. Онтогенез и изменчивость анатомической структуры листьев видов семейства Ericaceae Juss. в разных экосистемах бореальной зоны и субарктики. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 21.

Men'shakova M.Ju. 2006. Ontogenez i izmenchivost' anatomicheskoi struktury list'ev vidov semejstva Ericaceae Juss. v raznyh jekosistemah boreal'noj zony i subarktki [Ontogenesis and variability of the anatomical structure of leaves species of Ericaceae Juss. in different ecosystems of boreal and subarctic]. Abstract. diss. ... cand. boil. sciences. Petrozavodsk, 21. (in Russian)

7. Резанова Т.А. 2010. Морфо-анатомические и экологические особенности *Ribes americanum* Mill. при интродукции на юге Среднерусской возвышенности. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 20 с.

Rezanova T.A. 2010. Morfo-anatomicheskie i jekologicheskie osobennosti Ribes americanum Mill. pri introdukcii na juge Srednerusskoj vozvshennosti [Morpho-anatomical and ecological features of Ribes americanum Mill. when introduced in the south of Upland]. Abstract. diss. ... cand. boil. sciences. Saratov, 20. (in Russian)

8. Резанова Т.А., Бакшуттов С.А. 2011. Адаптивные особенности поверхности листа у видов рода *Crataegus* L. (Rosaceae Juss.). Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 15 (9-2): 21–28.

Rezanova T.A., Bakshutov S.A. 2011. Adaptive features of the leaf surface in species of the genus *Crataegus* L. (Rosaceae Juss.). Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 15 (9-2): 21–28. (in Russian)

9. Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Чеканов Н.А., Бурменко Ю.Н. 2012. Способ оценки функциональной активности пельтатных железок. Патент РФ №2455818. Бюл. 20.

Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Chekanov N.A., Burmenko Ju.N. 2012. A method for evaluating the functional activity peltatnyh glands. Patent RF №2455818. Bull. 20. (in Russian)

10. Сытник, К.М., Мусатенко, Л.И., Богданова Т.Л. 1978. Физиология листа. Киев, Наукова думка, 392.

Sytnik, K.M., Musatenko, L.I., Bogdanova T.L. 1978. Fiziologija lista [Physiology of plant leaves]. Kiev, Naukova dumka, 392. (in Russian)

11. Шведова О.Е., Шмат'ко И.Г. 1992. Структурно-функциональное состояние устьиц при водном и температурном стрессах. Физиология и биохимия культурных растений, 24 (2): 107–116.

Shvedova O.E., Shmat'ko I.G. 1992. Structural and functional state of stomata under water and temperature stress. Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij [Physiology and biochemistry of cultivated plants], 24 (2): 107–116. (in Russian)

12. Эсау К. 1969. Анатомия растений. Пер. с англ. М., «Мир», 572. (Esay K. 1969. Plant anatomy. Wiley; 2nd edition, 567).

Esay K. 1969. Anatomija rastenij [Plant anatomy]. Moscow, Mir, 572. (Esay K. 1969. Plant anatomy. Wiley; 2nd edition, 567).