

УДК 582.751.2:581.461

Морфолого-анатомические особенности листьев *Malus domestica* Bork. (Rosaceae Juss.)

Morphological and anatomical features of leaves *Malus domestica* Bork. (Rosaceae Juss.)

Мотылева С. М.

Motyleva S. M.

ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва, Россия.
E-mail: motyleva_svetlana@mail.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery»
(FSBSI ARHIBAN), Moscow, Russia

Реферат. Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) изучены морфолого-анатомические признаки листьев иммунных и устойчивых к парше сортов яблони селекции ФГБНУ ВСТИСП. Методом энергодисперсионного микроанализа (ЭДС) исследован химический состав включений (продуктов клеточного метаболизма) в проводящей системе растений. В качестве маркерных признаков устойчивости к парше выявлены морфолого-анатомические и биохимические показатели – развитый восковой слой, наличие множественных трихом, уменьшение количества устьиц и наличие в проводящей системе минеральных включений с высоким содержанием калия и кальция.

Summary. With the help of the scanning electron microscopy (SEM) morphological and anatomical features of the leaves of the immune and resistant to scab Apple varieties breeding of GNU VSTISP were studied. The chemical composition of inclusions (products of cellular metabolism) in the conducting system of plants was studied by energy dispersive microanalysis (EDS). Morphological, anatomical and biochemical parameters-developed wax layer, the presence of multiple trichomes, reduction of the number of stomata and the presence of mineral inclusions with a high content of potassium and calcium in the conducting system were revealed as markers of resistance to scab.

К неблагоприятным стрессовым воздействиям (климатические условия, распространение болезней) растения адаптируются, вырабатывая структурные анатомо-морфологические приспособления и синтезируя низкомолекулярные метаболиты. Лист растений более подвержен адаптации. Анализ литературы подтверждает, что быстроизменяющиеся факторы среды являются постоянными побудителями внутренних (адаптивных) реакций растений, для идентификации которых необходим комплексный подход и применение инструментальных методов исследований, которые позволяют выбраковать малоценные растения на первых этапах селекции, уменьшить объем работы и ускорить селекционный процесс (Жученко, 2001; Еремин, 2008; Дорошенко, 2012).

Вторичные метаболиты формируют естественный механизм защитного действия, поэтому в работах, касающихся вопросов устойчивости растений, рассматривается их действие (Клепикова, 2002; Упадышев, 2008).

Целью исследований было выявление маркеров устойчивости яблони к биотическим факторам по морфолого-анатомическим и биохимическим показателям листьев.

Материалом для исследований послужили листья колонновидных сортов *Malus domestica* Bork селекции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (ФГБНУ ВСТИСП): ‘Валюта’, ‘Червонец’, ‘Лукомор’, ‘Триумф’ (иммунные к парше), ‘Васюган’, ‘Останкино’, ‘Сенатор’ и ‘Президент’ (устойчивые к парше). Сравнительно-морфологическое изучение адаксиальной и абаксиальной сторон листа и микроанализ элементного состава включений проводили на аналитическом РЭМ JEOL

JSM-6090 LA в условиях низкого вакуума ($P = 40\text{--}60$ Па) на увеличениях 150–700 и 2000–4000. Исследовали участки листовой пластинки в средней трети, расположенные по центру между краем листа и центральной жилкой (слева или справа от жилки). Подготовка образцов к исследованиям проводилась по методикам, описанным в работе (Ермаков, 1987). Для определения минерального (зольного) состава в пробах листьев среднюю навеску массой 10 грамм минерализовали в муфельной печи в соответствии с ГОСТ 26929-86. Результаты рассчитаны исходя из проведения анализов в пяти повторностях ($n=5$). Среднее квадратическое отклонение не превышало 1,2–6,9 %.

Установлено, что поверхность абаксиальной стороны листьев яблони более гладкая, чем адаксиальная. Форму клеток на ней и их количество определить сложно из-за плотного слоя воска, наличия складок и тяжей. Устьица на листьях яблони имеют мощные валики, от боковых стенок устьиц отходят тяжи в количестве 3–7 штук, которые свидетельствуют о высоком уровне организации устьиц яблони.

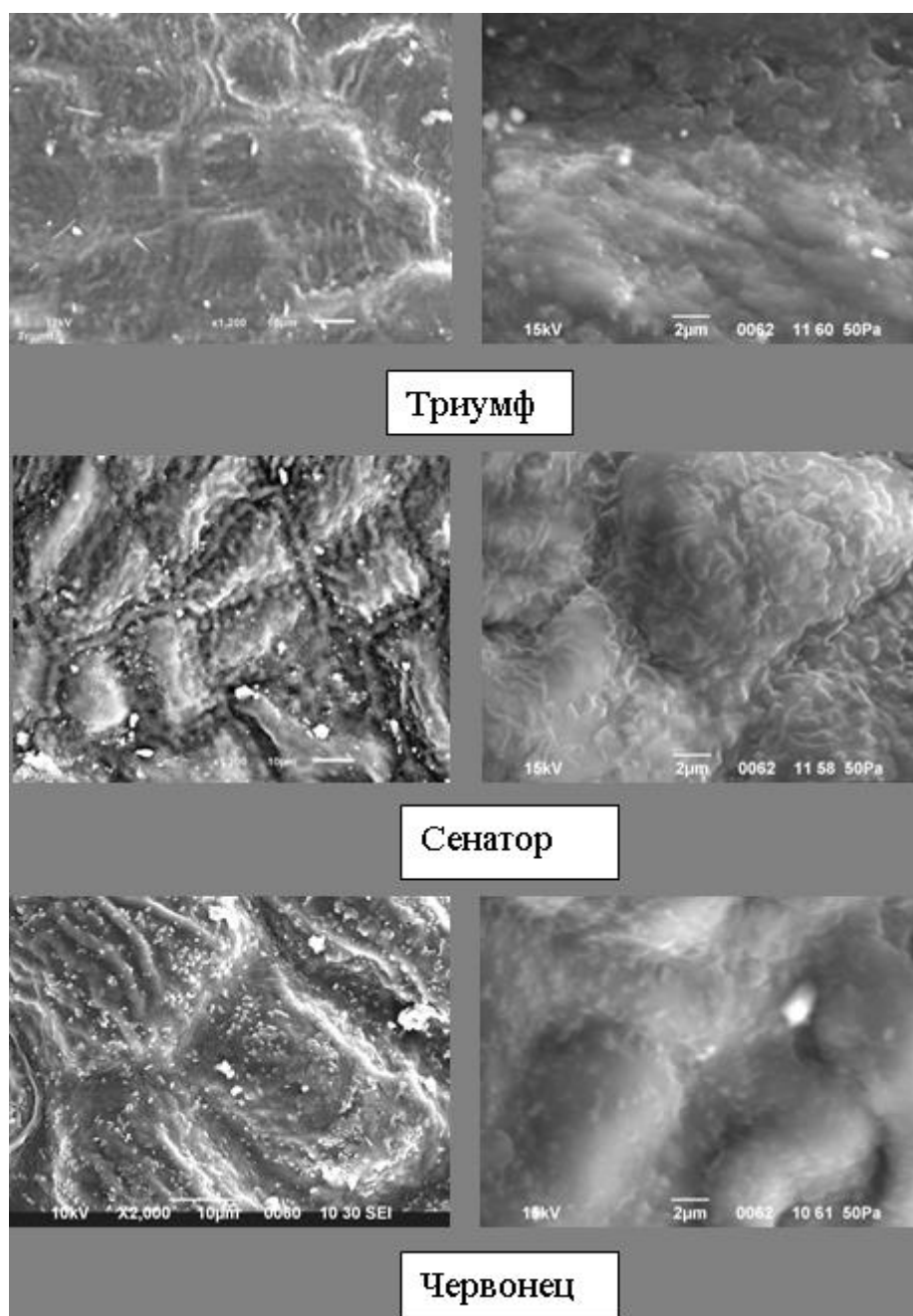
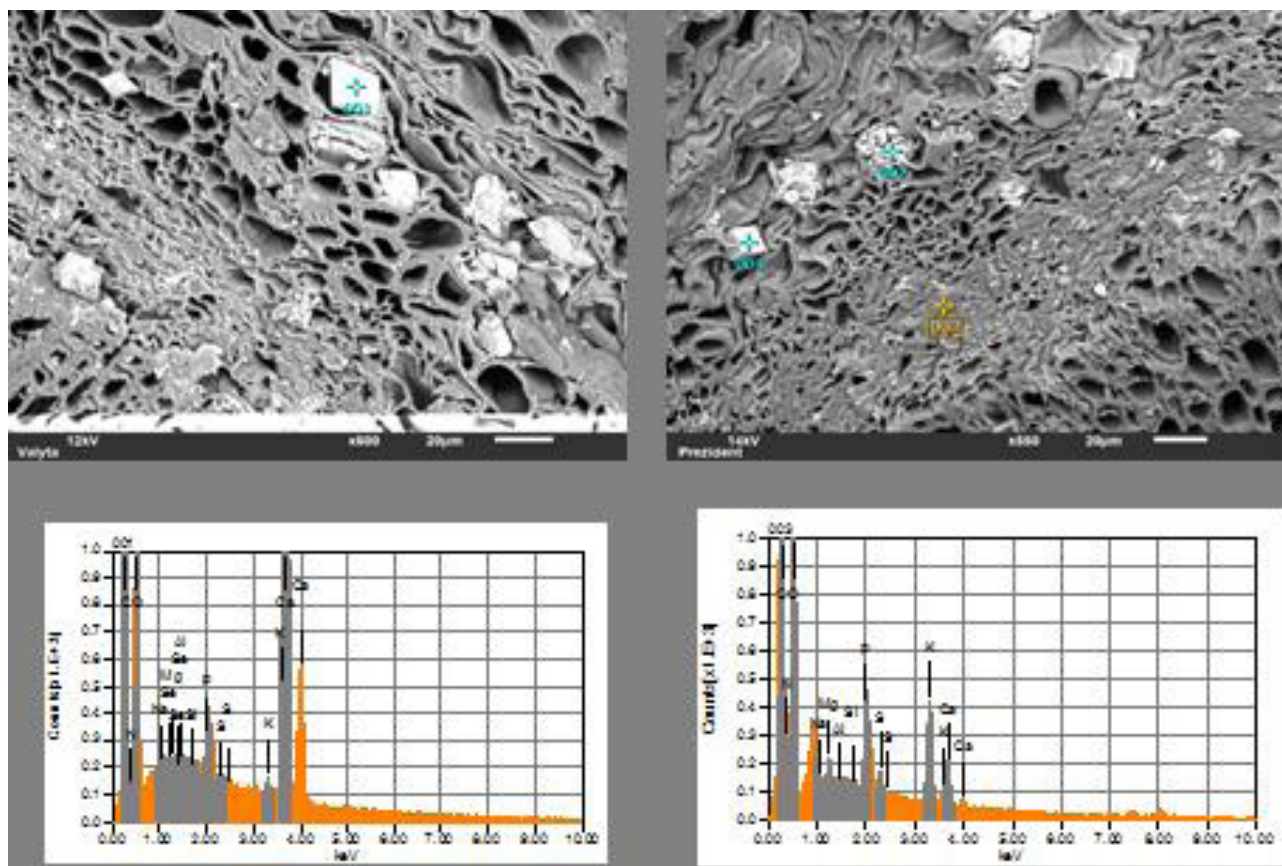


Рис. 1. Скульптура и восковой слой на адаксиальной стороне листа *Malus domestica* Borkh.

Иммунные сорта характеризуются большим количеством устьиц – в среднем 408,3 шт/мм² по сравнению с устойчивыми – 385,5шт/мм². Средняя длина устьиц у иммунных сортов 18,1; у устойчивых – 18,4 мкм соответственно, существенных различий в длине устьиц не выявлено.

На адаксиальной стороне листьев *Malus domestica* Borkh клетки неправильно-четырёхугольной формы (реже встречаются клетки овальной, или многоугольной удлиненной формы); индекс формы клеток 1,8 (характеризует степень их вытянутости); средний периметр 154,7 мкм. Характер строения кутикулы, орнаментация клеток эпидермы и скульптура воскового слоя зависят от сорта. На увеличении 500 можно наблюдать очертания клеток и их орнаментацию – гладкая, кожистая, складчатая, на увеличении 2000 хорошо видна скульптура воскового слоя (рис. 1). У листьев сорта сенатор слой кутины равномерный, гладкий, для сорта червонец характерен мелко-бугорчатый восковой слой, а у остальных исследованных сортов слой кутины бугорчатый или сосочковый. Усиление воскообразования на первичных покровных тканях листа иммунных сортов яблони свидетельствует о высоком уровне адаптивности к биотическим факторам среды (парше). Листья иммунных сортов имеют большее количество волосков, чем устойчивые к парше сорта. Трихомы (волоски) также являются признаком адаптивности.

На поперечном срезе центральной жилки выявлены включения (продукты клеточного метаболизма), которые накапливаются, главным образом, в форме гранул и кристаллов. Локальный химический анализ (ЭДС-анализ) показал, что включения содержат 5,9–8,3 масс % кальция; 0,34–0,38 масс % калия и 0,03–0,07 масс % серы, фосфора, магния и натрия. Включения ромбической формы содержат кальция в 3 раза больше, а калия в 2 раза меньше, чем округло-звездчатые (рис. 2). В листьях иммунных сортов содержится в 3 раза больше Са и в 2 раза К, чем в листьях устойчивых сортов. Са содержится в



А

В

Рис. 2. Включения на поперечном срезе центральной жилки листа. Условные обозначения: А – иммунный сорт; В – устойчивый сорт; + отмечены места проведения микроанализа.

клеточных стенках в виде пектата кальция, влияющего, на эластичность клеточных стенок. Mg входит в молекулу хлорофилла и участвует в работе ряда ферментных систем. P содержится в фосфолипидах и нуклеопротеидах, макроэнергетические связи между фосфатными группами служат основным посредником в переносе энергии в растениях. Калий играет роль осмотического агента в открывании и закрывании устьиц, в растениях калий очень мобилен. Сера является компонентом цистина, цистеина, других аминокислот, биотина, тиамина, кофермента, по сравнению с фосфором и калием сера менее мобильна. Отмечена роль этих элементов в адаптивных процессах растений.

В качестве маркерных признаков устойчивости к парше выявлены морфолого-анатомические показатели (развитый восковой слой, наличие множественных трихом, уменьшение количества устьиц), наличие в проводящей системе минеральных включений с высоким содержанием калия и кальция.

Благодарности. Автор выражает благодарность Морозовой Надежде Геннадьевне, ведущему научному сотруднику отдела генетики и селекции плодовых и ягодных культур, кандидату сельскохозяйственных наук за оказание помощи в подборе сортов для проведения исследований.

ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ 26929-86 «Сырье и пищевые продукты. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов»

Дорошенко Т. Н. Особенности реализации потенциала продуктивности плодовых растений в годы с погодными аномалиями // Научный журнал КубГАУ, 2012. – № 82 (08). – С. 1–19.

Еремин Г. В. Физиологические особенности формирования адаптивности, продуктивности и качества плодов у косточковых культур в предгорной зоне Северо-Западного Кавказа. – Майкоп: Адыг. респ. кн. изд-во, 2008. – 210 с.

Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат. Ленинг. отд-ние, 1987. – 430 с.

Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, ООО «Изд. Агрорус», 2001. – Т.1. – 780 с.

Клепикова Е. А., Безель В. С., Таршис Г. И. Реакция эпидермального комплекса *Betula verrucosa* и *Plantago maior* на токсическое загрязнение среды // Сибирский экологический журнал, 2002. – № 1. – С. 67–70.

Упадышев М. Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. – Москва: Изд. Дом МСП, 2008. – 320 с.