مقایسه آناتومی مزوفیل ارقام سیب متحمل و حساس به خشکی

حامد اکبری[۱*]، حسن حاج نجاری[۲] و وحید عبدوسی[۳]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران ۲- استادیار بخش تحقیقات باغبانی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج ۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران

* نویسنده مسئول

چکیده

در این تحقیق ساز و کارهای آناتومیک تحمل به خشکی در ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس(شاهد) مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. به منظور ارزیابی ساختار آناتومیک بافت‌های مختلف مزوفیل، نمونه‌های برگی ارقام متحمل و حساس برای مشاهده زیر میکروسکوپ و تصویربرداری آماده شدند. ارزیابی‌های آناتومیک مزوفیل بر ۱۹ صفت بررسی شد. نتایج نشان داد برش عرضی ارقام متحمل به تنش خشکی در مقطع برش رگبرگ اصلی به شکل بسیار منظم، و باقاعده و کاملا مدور بودند. سلول‌های لایه بشره با چیدمان سلولی بسیار منظم و منسجم، سلول‌های یکنواخت و هم اندازه، بسیار متراکم، و لایه‌ای سلولی زیر بشره کوتیکول چینش بسیار مرتب وجود داشت. این وضعیت در رگبرگ اصلی ارقام حساس به تنش خشکی متفاوت و برعکس بود. قطر رگبرگ اصلی در ارقام متحمل بیش از ارقام حساس بود. وضعیت تشریحی سطح بیرونی رگبرگ اصلی در ارقام متحمل مدور، بسیار صاف و صاف و در ارقام حساس ناصاف مشاهده شد. تعداد لایه‌های اپیدرم در حاشیه برگ ارقام متحمل بیش از ارقام حساس بود. بررسی تشریحی نظم سلولی در حاشیه کناری برگ نشان داد که بیشتر ارقام متحمل بسیار منظم، ولی ارقام حساس نیمه‌منظم و یا به طور کامل نامنظم‌اند. تعداد دسته‌جات آوندی و تعداد روزنه‌ها در ارقام مقاوم کاهش نشان داد، ولی ضخامت برگ در حاشیه کناری، قسمت میانی مزوفیل و نزدیک رگبرگ اصلی در ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس بود. بافت مزوفیل ارقام حساس دارای از هم پاشیدگی بیشتری نسبت به ارقام متحمل بود. نتایج نشان داد که هر یک از ارقام‌متحمل، بسته به سطح تحمل خود، ترکیب‌های متفاوتی از ساز وکارهای دفاعی فوق را به کار برده‌اند.

واژه‌های کلیدی: سیب، تنش خشکی، ارقام متحمل، آناتومی، مزوفیل، پارانشیم نردبانی، پارانشیم اسفنجی، رگبرگ

مقدمه

سیب(*Malus domestica* Borkh.) با تنوع بالای ژنتیکی و قدرت سازگاری گسترده دارای وسیع‌ترین سطح کشت در مناطق معتدله است(رسول زادگان. ۱۳۷۵). در حال حاضر تنش خشکی، همراه با دمای بالا و تابش خورشیدی اصلی‌ترین عامل محدود کننده محیطی در تولید محصولات گیاهی بشمار می‌رود(Ennajeh *et al.*, 2010; Laajimi *et al.*, 2011) . راهکار شناسایی، انتخاب و بهره‌گیری از ارقام متحمل به خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مناسبترین رویکرد می‌باشد(Arzani & Arji, 2000). بسته به رقم، گیاهان از مکانیزم‌های دفاعی مختلفی برای سازگاری به خشکی استفاده می‌کنند. گیاهان متحمل یکی از استراتژی‌های فرار، تحمل به تنش و یا تلفیقی از آن دو را بکار می‌گیرند. تحمل به خشکی گیاه همچنین بستگی به توانایی حفظ عملکرد در شرایط پتانسیل پایین آب بافت دارد(Ennajeh *et al.*, 2010). برگ سازگارترین ارگان در پاسخ به شرایط محیطی است(Marchi *et al.*, 2008; Nevo *et al.*,*2000*). ساختار برگ اثرات تنش آب را با وضوح بیشتری نسبت به ساقه و ریشه نشان می‌دهد(Ennajeh *et al.*, 2010). در این تحقیق مکانیزم-های آناتومیک در ارقام متحمل و حساس به تنش خشکی بررسی و مقایسه شد. ابل با بررسی اثر تنش خشکی بر درختان سیب گزارش

داد درختان پر رشد نشانه‌های بیشتری از تنش خشکی را نسبت به درختان پاکوتاه یا اسپور تیپ نشان دادند(Ebel *et al.*, 2001). افزایش ضخامت کوتیکول و کاهش اندازه سلول‌های اپیدرم و مزوفیل برگ در برگ زیتون گزارش شد(Guerfel *et al.*, 2009). راهبرد گیاه برای جلوگیری از شدت خشکی به منظور تعدیل مصرف آب در کوتاه مدت، قرار گرفتن برگ‌ها در موقعیت Paraheliotropic یا آفتاب‌گریزی(Pastenes *et al.*, 2005)، بسته شدن روزنه‌ها و نفوذ ریشه‌ها به سطوح عمیق‌تر است. گیاهان متحمل به خشکی ساختار آناتومیک مختلفی مانند ضخامت برگ بیشتر و تراکم روزنه بالا دارند(Nemeskéri *et al.*, 2010). استفاده بهینه از ظرفیت بالقوه ژنتیکی سیب موجود در کشور با کاربرد ارقام متحمل به خشکی و نیز بررسی ساز و کارهای تحمل امری اجتناب‌ناپذیر است. متوسط بارندگی سالیانه طی دوره ۲۰ ساله در شهر کرج از سال ۱۳۶۴ هجری شمسی برابر ۲۴۳.۸ میلی‌متر بوده است و از نظر بارندگی جزء نواحی نیمه‌خشک محسوب می‌شود.

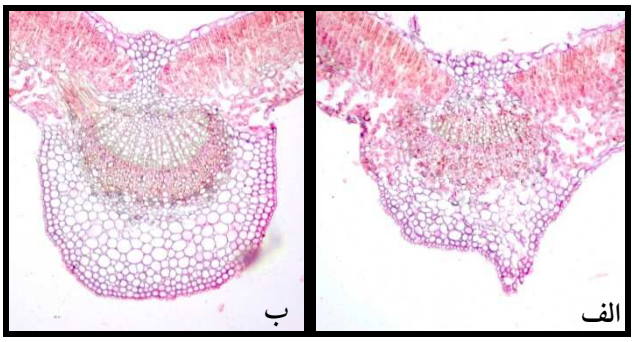
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در کلکسیون ملی ارقام تجارتی سیب واقع در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال‌شهر(کرج) وابسته به موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. ۹۲ رقم سیب تجارتی و ژنوتیپ‌های امیدبخش موجود در کلکسیون در طی فصل رشد، در تیر ماه سال ۱۳۸۵، تحت تنش شدید خشکی قرار گرفتند که این تنش خشکی شامل کسر آبیاری همراه با درجه حرارت بالای محیط بود. درختان ۲۲ ساله کنونی دارای فرم تربیت جامی و بر پایه‌های بذری پیوند شده‌اند و در زمان وقوع تنش ۱۵ ساله و همگی در مرحله بلوغ و باروری بوده‌اند. بررسی‌های انجام شده پس از وقوع تنش در کلکسیون نشان داد تنها ۱۶ رقم تحمل به خشکی نشان دادند و توانستند بخش قابل قبولی از عملکرد را تا پایان فصل رشد حفظ نمایند. ارقام گزینش شده متحمل به خشکی عبارتند از: اورلئان، استارکینگ۱، اسکارلت ویلسون، آزایش، گلشاهی، رد اسپور کوپر، کوپر اسپور، گلدن اسپور، اورگون اسپور، رد دلیشز، خورسیجان، شیشه‌ای تبریز۲، امپایر آل رد۲، جین هاردی، گانی بیوتی و آی آر آی۵ (حاج نجاری.۱۳۹۰). در این تحقیق ارقام حساس عسلی و گلدن دلیشز به عنوان شاهد انتخاب شدند. در این بررسی ساز وکارهای آناتومیک تحمل به تنش خشکی در ارقام متحمل در مقایسه با ارقام حساس ارزیابی و مقایسه شدند. به منظور بررسی و مقایسه تفاوت‌های احتمالی تشریحی بین ارقام متحمل و حساس در ساختار آناتومیک بافت‌های مختلف مزوفیل، نمونه‌های برگی ارقام متحمل و حساس در برشی از مقطع حاشیه برگ تا بعد از رگبرگ اصلی در هر رقم تهیه و طی مراحل زیر برای بررسی آماده‌سازی شدند: ۱- نمونه‌برداری از بافت ۲- ثابت کردن با فیکساتیو ۳- آبگیری با الکل‌های صعودی ۴- شفاف‌سازی با زایلن ۵- آغشته‌سازی با پارافین ۶- قالب‌گیری ۷- برش‌گیری با میکروتوم ۸- رنگ-آمیزی به روش هماتوکسیلین هاریس- ائوزین(سروری، ۱۳۸۷) ۹- تهیه اسلاید دائمی از برش میکروتوم(مونته کردن) ۱۰- مشاهده میکروسکوپی و عکسبرداری. پس از تهیه اسلایدهای بافت‌شناسی و تصویربرداری از قسمت‌های مختلف توسط میکروسکوپ دوربین-دار، صفات آناتومیک مورد مطالعه مقایسه‌ای قرار گرفتند. اندازه‌گیری ضخامت برگ، پارانشیم‌های نردبانی و اسفنجی در ۳ ناحیه شامل حاشیه برگ، قسمت میانی نمونه و مزوفیل نزدیک رگبرگ اصلی انجام شد. سپس ارزیابی‌ها با استفاده از تصویرها، در ارقام متحمل و حساس، صورت گرفت. مقایسات میانگین توسط آزمون دانکن و آنالیز واریانس توسط نرم افزار SAS انجام گرفت.

نتایج

بررسی تشریحی رگبرگ اصلی: بررسی‌های انجام شده بر برش عرضی رگبرگ اصلی در رقم حساس عسلی(شکل۱- الف) نشان داد که برش عرضی رگبرگ اصلی دارای شکل بسیار نامنظم، بی‌قاعده و ناجور شکل در دیواره بیرونی رگبرگ اصلی بود. تعداد لایه-

های سلولی از دیواره بیرونی رگبرگ اصلی تا دسته‌جات آوندی به صورت محدود ارزیابی شد. سلول‌های بافت پارانشیم رگبرگ، غیر هم‌شکل با چیدمان سلولی نامنظم در برش عرضی رگبرگ اصلی مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داد سلول‌های لایه بشره بسیار نامنظم، ناجور شکل و بی‌قاعده بودند. سلول‌ها در اندازه‌های متغییر، با تراکم سلولی کم دارای فضاهای بین سلولی مشهود در بافت پارانشیم برگ بودند. به نظر می‌رسد یکی از عوامل مهم در عدم مقاومت ارقام حساس به تنش خشکی شاخص‌های تشریحی فوق باشند. بررسی-های انجام شده بر برش عرضی رگبرگ اصلی در ارقام متحمل به تنش خشکی مانند آزایش(شکل۱- ب) نشان داد که برش عرضی رگبرگ اصلی دارای شکل بسیار منظم، باقاعده و مدور بود. چیدمان سلولی بسیار منظم در سلول‌های لایه بشره، سلول‌های هم اندازه و بسیار متراکم و منسجم و چینش بسیار مرتب لایه‌ای سلولی زیر بشره کوتیکول در این برش عرضی مشاهده شد. سلول‌های سازنده بافت پارانشیمی هم‌شکل و فضای بین سلولی بسیار محدود بود. افزایش اندازه سلول‌ها از ریز به درشت به ترتیب از دیواره بیرونی رگبرگ اصلی به طرف قسمت میانی نزدیک دسته‌جات آوندی اصلی مشاهده شد. این افزایش بسیار منظم، مرتب، سیستمیک و متشکل از لایه-های متعدد سلولی منظم بود. این نظم کماکان در دسته‌جات آوندی چوب و آبکش از نظر تراکم، چینش سلول‌ها، شکل منظم(جور شکل)، اندازه و چیدمان لایه‌ها به شدت محسوس بود. برش عرضی دسته‌جات آوندی در ارقام متحمل در مجموع بسیار منظم و قلوه‌ای شکل ارزیابی شد.

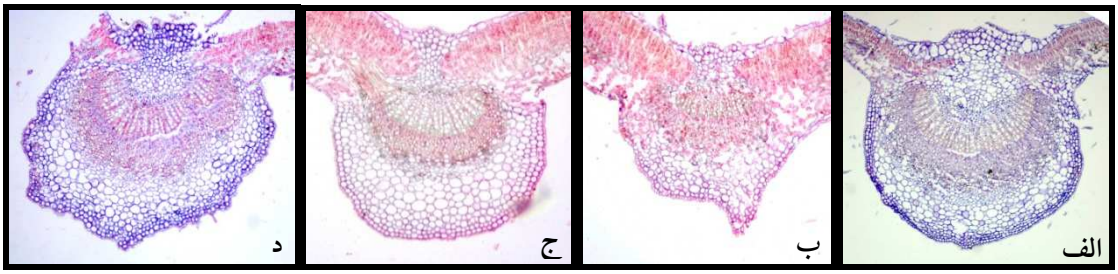


شکل۱- مقایسه تشریحی مقطع عرضی رگبرگ اصلی در ارقام متحمل و حساس به خشکی. الف- رقم حساس عسلی ب- رقم متحمل آزایش

اندازه قطر رگبرگ اصلی: بررسی میانگین اندازه قطر رگبرگ اصلی از بالا به پایین و از چپ به راست در ارقام متحمل به تنش خشکی نسبت به ارقام حساس نشان داد که ارقام حساس نسبت به ارقام متحمل دارای اندازه قطر رگبرگ اصلی کم‌تری بودند.

نظم شکلی در مقطع عرضی رگبرگ اصلی: بررسی مقطع عرضی رگبرگ اصلی در ارقام متحمل و ارقام حساس به تنش خشکی نشان داد که ۱۳ رقم متحمل شکل مقطع عرضی رگبرگ بسیار گرد با حاشیه مدور و ۳ رقم متحمل شکل رگبرگ اصلی نیمه گرد داشتند. نکته بسیار مهم تشریحی در ارقام حساس(گلدن دلیشز و عسلی) وجود مقطع عرضی رگبرگ اصلی نامنظم و ناجور شکل بود. تصاویر مقطع عرضی رقم متحمل رد دلیشز و رقم حساس عسلی به خوبی این تفاوت را نشان می‌دهند(شکل‌های۲- الف‌وب).

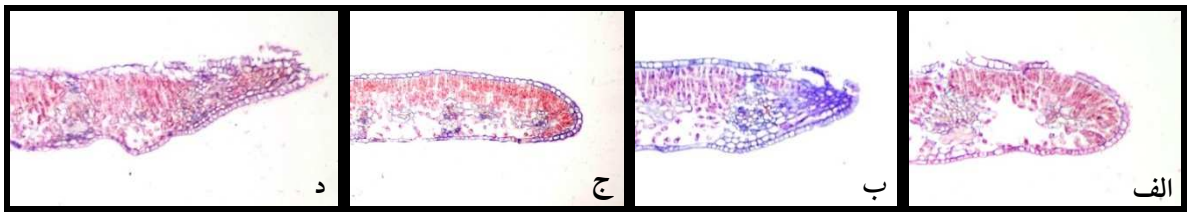
وضعیت تشریحی سطح بیرونی رگبرگ اصلی: بررسی وضعیت تشریحی سطح بیرونی رگبرگ اصلی نشان داد که اکثریت غالب ارقام متحمل سطح بیرونی رگبرگ بسیار صاف و صاف داشتند. نکته جالب توجه این که سطح بیرونی رگبرگ اصلی در ۲ رقم حساس به تنش خشکی(گلدن دلیشز و عسلی) ناصاف بود. رقم آزایش دارای سطح بسیار صاف و رقم حساس گلدن دلیشز دارای سطح ناصاف بودند(شکل‌های۲- ج و د).



شکل‌های۲- نظم شکلی و وضعیت تشریحی سطح بیرونی رگبرگ اصلی در ارقام متحمل و حساس به خشکی. الف- شکل منظم و بسیار گرد(رقم متحمل رد دلیشز) ب- شکل نامنظم و ناجور(رقم حساس عسلی) ج- سطح بسیار صاف(رقم متحمل آزایش) د- سطح ناصاف(رقم حساس گلدن دلیشز)

تعداد لایه‌های اپیدرم در حاشیه برگ: بررسی‌ها نشان داد ارقام متحمل به تنش خشکی دارای تعداد لایه‌های اپیدرم بیشتری در حاشیه برگ در مقایسه با ارقام حساس بودند. ارقام شیشه‌ای تبریز۲ و امپایر آل رد۲ با ۱ لایه کم‌ترین و رقم رد دلیشز با ۴ لایه بیشترین میانگین تعداد لایه‌های اپیدرم در حاشیه برگ را در بین ارقام دارا بودند(شکل‌های۳- الف‌وب).

بررسی تشریحی نظم سلولی در حاشیه کناری برگ: بررسی تشریحی نظم سلولی در حاشیه کناری برگ نشان داد که اکثریت غالب ارقام متحمل در نظم سلول‌ها در حاشیه نمونه بسیار منظم و ارقام حساس نیمه‌منظم و نامنظم بودند(شکل‌های۳- ج و د).

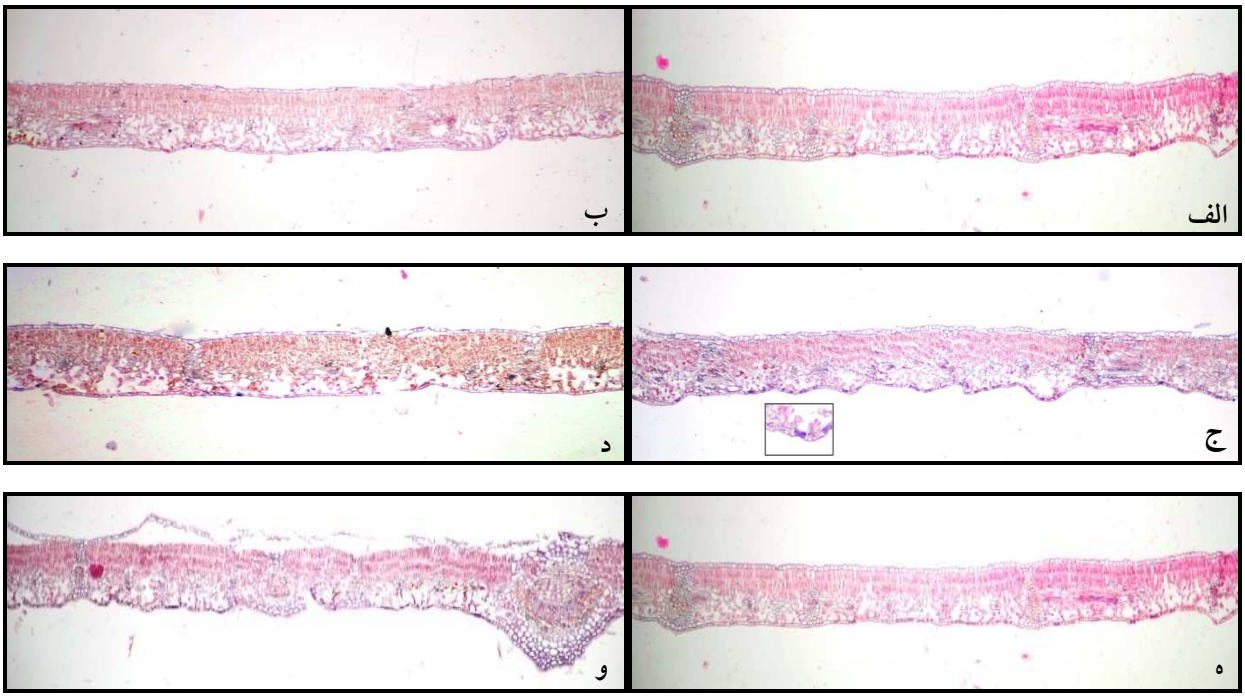


شکل‌های۳- بررسی تشریحی تعداد لایه‌های اپیدرم و نظم سلولی در حاشیه کناری برگ در ارقام متحمل و حساس به تنش خشکی. الف و ب – کمترین و بیشترین لایه اپیدرم در حاشیه کناری برگ (ارقام متحمل شیشه‌ای تبریز۲ و رد دلیشز) ، ج و د- سلول های حاشیه کناری برگ بسیار منظم (رقم متحمل گلدن اسپور) و با نظم سلولی کم (رقم حساس گلدن دلیشز)

مطالعه تشریحی تعداد دسته‌جات آوندی در مقطع برش عرضی مزوفیل برگ: بررسی میانگین تعداد دسته‌جات آوندی مزوفیل در طول نمونه با انجام برش مقطع میانی برگ نشان داد که ارقام حساس با میانگین ۷۲ عدد نسبت به ارقام متحمل با میانگین ۵۸.۰۸ عدد دارای تعداد دسته‌جات آوندی بیشتری بودند. ارقام گلشاهی و گلدن اسپور بیشترین میانگین تعداد دسته‌جات آوندی را با ۷۲.۵ عدد و رقم خورسیجان کم‌ترین میانگین تعداد دسته‌جات آوندی را با ۴۰.۵ عدد در بین ارقام دارا بودند(شکل‌های۴- الف‌وب).

مطالعه تشریحی تعداد روزنه‌ها در برش مقطع عرضی مزوفیل برگ: بررسی میانگین تعداد روزنه‌ها نشان داد که ارقام حساس با میانگین ۷۸.۱۵ عدد نسبت به ارقام متحمل با میانگین ۵۴.۵۳ عدد دارای تعداد روزنه‌های بیشتری در مقطع برش عرضی مزوفیل برگ بودند. رقم حساس گلدن دلیشز بیشترین میانگین تعداد روزنه‌ها را با ۹۷.۳ عدد و رقم متحمل اورلئان کم‌ترین میانگین تعداد روزنه‌ها را با ۳۱ عدد در بین ارقام دارا بودند(شکل‌های۴- ج و د).

بررسی تشریحی از هم پاشیدگی بافت مزوفیل: بررسی‌ها نشان داد که از هم پاشیدگی بافت در ارقام حساس نسبت به ارقام متحمل به تنش خشکی بیشتر بود. مقایسه از هم پاشیدگی بافت در رقم متحمل گلشاهی و رقم حساس گلدن دلیشز به خوبی قابل مشاهده است(شکل‌های۴- ه و و).



شکل‌های۴- کمترین و بیشترین تعداد دسته‌جات آوندی، روزنه‌ها و میزان از هم پاشیدگی بافت در طول برش مقطع عرضی مزوفیل برگ در میان ارقام متحمل و حساس به خشکی. الف- بیشترین تعداد دسته‌جات(رقم متحمل گلشاهی)، ب- کم‌ترین تعداد دسته‌جات(رقم متحمل خورسیجان)، ج- بیشترین تعداد روزنه(رقم حساس گلدن دلیشز)، د- کم‌ترین تعداد روزنه(رقم متحمل اورلئان)، ه- بدون از هم پاشیدگی(رقم متحمل گلشاهی)، و- از هم پاشیدگی زیاد(رقم حساس گلدن دلیشز)

ضخامت پهنک برگ: بررسی میانگین ضخامت پهنک در حاشیه کناری برگ، در قسمت میانی مزوفیل و نزدیک رگبرگ اصلی نشان داد که ارقام متحمل به تنش خشکی دارای ضخامت پهنک بیشتری در این نواحی در مقایسه با ارقام حساس بودند.

اندازه‌گیری ضخامت پارانشیم نردبانی: بررسی‌های انجام شده نشان داد که ضخامت پارانشیم نردبانی در ناحیه حاشیه مزوفیل، قسمت میانی مزوفیل و نزدیک رگبرگ اصلی در ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس به تنش خشکی بیشتر بود.

اندازه‌گیری ضخامت پارانشیم اسفنجی: بررسی‌های انجام شده بر صفت ضخامت پارانشیم اسفنجی پهنک برگ نشان داد که ارقام حساس در ناحیه حاشیه مزوفیل ضخامت کم‌تر اما در قسمت میانی مزوفیل و نیز نزدیک رگبرگ اصلی ضخامت پارانشیم اسفنجی بیشتری نسبت به ارقام متحمل دارا بودند.

بحث

ارقام سیب متحمل به تنش خشکی نسبت به ارقام حساس مکانیزم‌های درونی خاصی را با توجه به ژنتیک خود به کار برده‌اند که توانسته‌اند در شرایط تنش خشکی اولا بقای خود را و ثانیا عملکرد خود را حفظ کنند. برگ‌ها به عنوان اندام‌های اصلی تلفات آب

گیاه(Bosabalidis and kofidis, 2002; Ennajeh *et al.*, 2010) نقش مهمی در تحمل یا عدم تحمل به خشکی ایفا می‌کنند. به نظر می‌رسد ارقام با برگ‌های کوچکتر بهتر به خشکی سازگار شده‌اند(Ennajeh *et al.*, 2010). به طور کلی، آن برگ‌هایی که تحت شرایط خشکی توسعه یافتند، سطح برگ کمتری نسبت به آن‌هایی که تحت شرایط آبیاری مطلوب توسعه یافته‌اند دارند(Bacelar *et al.*, 2006). احتمالا سطح برگ کمتر نتیجه افزایش تراکم و ضخامت بافت برگ است و معمولا در طی دوره‌های طولانی خشکی اتفاق می‌افتد(Ennajeh *et al.*, 2010). نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که ضخامت برگ در سه نقطه حاشیه، قسمت میانی و نزدیک رگبرگ اصلی در ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس بود. وجود پارانشیم نردبانی ضخیم در ارقام متحمل دلالت بر روند تکاملی آنان جهت کاهش شدت تابش و دورکردن لایه اسفنجی محتوای رطوبت بالا از سطح بیرونی برگ است. بنظر می‌رسد این افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی به عنوان سپر دفاعی، تهویه و گرفتن ضربه تابش نقش موثر دارد. مطالعات سایر محققین نیز حاکی از افزایش ضخامت کل پهنک و لایه مزوفیل در شرایط کمبود آب است(Laajimi *et al.*, 2011; Ennajeh *et al.*, 2010). به نظر می‌رسد ارقام متحمل با ضخامت برگ بیشتر با روش‌هایی چون کاهش تلفات آبی برگ از طریق تعرق(Ennajeh *et al.*, 2010)، مقابله با اثرات منفی تابش‌ها و درجه حرارت بالای محیط و نیز بالا بردن ثبات بافت برگ در برابر تنش خشکی مقاومت می‌کنند. بررسی‌ها مشخص کرد که در ارقام متحمل ضخامت پارانشیم نردبانی در مقایسه با ارقام حساس بیشتر بود. سایر محققین بیان کردند که خشکی باعث افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی شد که این افزایش ضخامت پارانشیم نردبانی احتمالا تعداد سایت‌های جذب CO_2 در هر واحد سطح برگ را در جهت کمک به حفظ نرخ جذب فتوسنتز بالا با وجود مقادیر هدایت روزنه‌ای کم ناشی از خشکی افزایش می‌دهد(Ennajeh *et al.*, 2010). در مقابل، ضخامت پارانشیم اسفنجی به استثناء حاشیه برگ، در بخش میانی نمونه و نزدیک رگبرگ اصلی در ارقام حساس بیشتر از ارقام متحمل بود اما این اختلاف معنی‌دار نبود. تحقیقات دیگر نشان داد که یک ارتباط مثبت قوی بین تراکم روزنه و ضخامت پارانشیم اسفنجی در زیتون رقم Chemlali تحت شرایط خشکی وجود دارد(Ennajeh *et al.*, 2010).

افزایش قطر رگبرگ اصلی در ارقام متحمل به تنش خشکی احتمالا برای تسهیل در انتقال و جابه‌جایی مواد و جریان ورودی و خروجی شیره خام و پرورده از شاخه به برگ و داخل پهنک می‌باشد. افزایش ضخامت لایه‌های اپیدرم حاشیه برگ در ارقام متحمل نسبت به حساس می‌تواند در جلوگیری از تبخیر و تعرق نقش مثبت داشته باشد. حاشیه برگ نسبت به سایر قسمت‌های برگ ظریف‌تر و حساس-تر است بنابراین در زمان وقوع تنش خشکی صدمه بیشتری می‌بیند. اکثر ارقام متحمل به تنش خشکی از نظر بررسی تشریحی نظم سلولی در حاشیه کناری برگ در سطح بسیار منظم قرار داشتند. یقینا نظم سلول‌ها و چیدمان آن‌ها در مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش دارند. نظم و تراکم سلول‌ها همراه با کاهش فضاهای بین سلولی قطعا در کاهش اتلاف آب برگ تاثیر بسزایی دارند. وجود از هم پاشیدگی زیاد بافت در ارقام حساس آن را تایید بیشتری می‌کند. احتمالا به دلیل همین عدم انسجام بافت و حساسیت ساختاری است که در زمان برش‌گیری با میکروتوم بافت ارقام حساس ثابت نبوده و از هم پاشیده نمایان شده‌اند. ثبات سلول‌ها در برابر تنش خشکی می‌تواند یکی از مکانیزم‌های احتمالی مقاومت در ارقام متحمل به خشکی باشد. از نظر تشریحی ساختار دسته‌جات آوندی در ارقام متحمل با کاهش تعداد دسته‌جات آوندی با کاهش نیاز آبی در زمان تنش خشکی سازگاری یافته‌اند.

References

1. Bacelar, E.A., Santos, D.L., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C., Ferreira, H.F., Correia, C.M. (2006) Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. Plant Science 170, 596-605.

2. Bosabalidis A.M., Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. Plant Science. 163, 375-379.

3. Ebel, R. C., E. L. Proebsting, and R. G. Evans. (2001). Apple tree and fruit responses to early termination of irrigation in a semi-arid environment. HortSience. 36(7): 1197-1201.

4. Ennajeh, M., Vadel, A.M., Cochard, H., And Khemira, H.(2010). Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 85 (4) 289–294.

5. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W. And Zarrouk, M. (2009). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae, 119, 257–263.

6. Laajimi, N.O., Boussadia, O., Skhiri, F.H., Silva, J.A.T., Rezgui, S., Hellali, R.(2011). Anatomical adaptations in vegetative structures of apricot tree (*Prunus armeniaca* L.) cv. *'Amor El Euch'* grown under water stress. Fruit, vegetable and cereal science and biotechnology 5 (Special Issue 2), 46-51.

7. Marchi, S., Tognetti, R., Minnocci, A., Borghi, M. And Sebastiani, L. (2008). Variation in mesophyll anatomy and photosynthetic capacity during leaf development in a deciduous mesophyte fruit tree (*Prunus persica*) and an evergreen sclerophyllous Mediterranean shrub (*Olea europaea* L.). Trees, 22, 559–571.

8. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Szabó, T. and Nyéki, J. (2010). Ecological drought resistance and adaptability of apple varieties. International Journal of Horticultural Science 2010, 16 (1): 113–122.

9. Nevo, E., Bolshakova, M.A., Martyn, G.I., Musatenko, L.I., Sytnik, K., Pavlíèek,T. And Beharav, A. (2000). Drought and light anatomical adaptive leaf strategies in three woody species caused by microclimatic selection at “Evolution Canyon” Israel. Israel Journal of Plant Sciences, 48, 33–46.

10. Pastenes, C., Pimentel, P. and Lillo, J. (2005). Leaf movements and photoinhibition in relation to water stress in field-grown beans. J. Exp. Bot., 56 (411): 425–433.

Comparative Anatomy of Mesophilic in Drought Tolerant and Susceptible Apple Cultivars

H. Akbari[1*], H. Hajnajari[2] and V. Abdossi[3]

1 and 3- Graduated student and Assistant prof. of Horticulture, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran- Iran. 2- Research Assistant Professor, Dept. of Horticulture, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj-Iran.

*corresponding author

Abstract

In this study, anatomical mechanisms of drought tolerance were evaluated and compared in resistant and susceptible cultivars (control). To evaluate the anatomical structure of the mesophyll tissues, leaf samples prepared by microtome were studied under microscopy and imaging. Mesophyll evaluations on nineteen different anatomic traits were achieved. The results showed that the cross-section of tolerant cultivars to drought stress in the main vein was arranged regular form, very ordered and perfect circular section, There was epidermis layer cells with cell layout is very organized and coherent, Cells uniformly and isometric and compact cells. The cell layer under epidermis cuticles had a very tidy arrangement. The situation was completely different in the susceptible cultivars to drought. The main vein in the tolerant cultivars had a larger diameter than susceptible cultivars. Anatomical structure of the external surface of the main vein in tolerant cultivars was found round, very smooth or smooth, but it resulted uneven in susceptible cultivars. There was observed a higher number of epidermal layers in the leaf tissue at marginal sides in tolerant cultivars related to susceptible ones. Anatomical study of the cells constituting the tissues at leaf margins showed to be highly disciplined in tolerant cultivars while, but susceptible less-regular, or completely irregular in the controls. The number of vascular bundles and stomata was decreased in resistant cultivars, Also the cuticle thickness around the mesophyll at the sides and middle part near the main vein was more in the tolerant cultivars . Disintegration of the mesophyll tissues in susceptible cultivars was very evident. Results showed that each cultivar, depending on its specific level of tolerance to drought, had adopted different combinations of defense mechanisms.

Keywords: apple, drought stress, tolerant cultivars, anatomy, mesophyll, palisade parenchyma, spongy parenchyma, nervure