# مقایسه برخی از تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشمیایی سرشاخه‌های گال‌دار و سالم درختان بید مجنون (*Salix babylonica*)

**بهروز صالحی اسکندری* و محسن کاویانی**

**تهران، دانشگاه پیام نور، گروه زیست‌شناسی**

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۲

## چکیده

گال نوعی تغییر شکل بافت‌های گیاهیست که توسط برخی از حشرات القا شده که اغلب برای تغذیه و یا به‌عنوان پناهگاه از آن استفاده می‌کنند. گال درخت بید به‌علت یکسری تغییرات مورفوژنتیکی سلول‌های گیاهی در مقابل حمله کنه‌های اریوفیده می‌باشد. در این پژوهش در تابستان ۱۳۸۹، اوایل و اواخر بهار ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ از سرشاخه‌های سالم و گال‌دار درختان بید مجنون پارک ناژوان شهر اصفهان نمونه‌برداری تصادفی انجام شد. مقدار کلروفیل‌های a، b و کل، کاروتنوئیدها، قندهای احیاءکننده، قند کل، آنتوسیانین‌ها، ترکیبات‌فنلی و پروتئین در اندام هوایی این گیاهان مورد مطالعه قرار گرفت. مقدار کلروفیل‌های a، b و کل، کاروتنوئیدها، قندهای احیاءکننده، قندکل و پروتئین در سرشاخه‌های گال‌دار نسبت به سالم کاهش معنی‌داری را نشان داد. در حالی‌که مقدار آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی در سرشاخه‌های دارای گال نسبت به سالم بیشتر بود، که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار است. کاهش در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی موجب خسارت اکسیداتیو در این گیاهان است که محتوای قندی و ترکیبات هیدروکربنی را کاهش می‌دهد. از آنجایی‌که بقاء میزبان منجر به بقای انگل می‌شود، بنابراین تجمع آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی در گیاهان سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی**: گال، بید مجنون، رنگیزه‌های فتوسنتزی، ترکیبات فنلی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۱۰۱۳۶۲۰، پست الکترونیکی: behsalehi@yahoo.com

## مقدمه

در جهان حدود ۲۵۰ گونه بید وجود دارد. گیاهان این جنس همه چوبی و در مناطق سرد و معتدل انتشار دارند. اشکال گونه‌های این جنس بسیار متفاوتند (۴). میکروب‌ها، نماتودها و قارچ‌ها به بسیاری از گیاهان باغی و زراعی حمله می‌کنند. این عوامل بیماری‌زای گیاهان باعث بوجود آمدن گال شده و در عملکرد گیاهان اختلال ایجاد می‌کنند (۱۵). در بعضی موارد تغذیه کنه اختلالاتی را در الگوی رشد طبیعی گیاه میزبان به وجود می‌آورد، که این امر منجر به ایجاد یکسری تغییرات مورفوژنتیکی در سلول‌های گیاهی می‌شود. به بدشکلی موضعی گیاه در مقابل حمله کنه‌های اریوفیده (Eriophydea)، گال گفته می‌شود (۱ و ۳). تشکیل گال بوسیله عوامل گال‌زا القا می‌گردد. گیاه مریم گلی (Salvia) مورد تغذیه کنه‌های *Pontania sawflies* بوده و مواد مترشحه از حشره و لاروهای آن موجب تشکیل گال در این گیاه می‌شود. هرچند طبیعت عمل این ترکیبات و مسیرهای نموی این ترکیبات نامشخص است، ولی آنها بر مسیر سنتز فاکتورهای رشد مانند اکسین و سیتوکینین یا سنتز دیگر رشد دهنده‌ها (پلی‌آمین‌ها) تأثیر می‌گذارند (۵ و۹). بیشتر گال‌های موجود در جنس بید مربوط به کنه‌های خانواده اریوفیده است (۳). گال‌های ایجاد شده توسط عوامل گال‌زا با گیاه و یا حشره یا هر دو آنها سازگاری و مطابقت دارد.

پیشنهاد شده که گیاه میزبان خطر و آسیب وارد شده از عوامل گال‌زا را به وسیله گال‌ها از قسمت‌های اصلی گیاه مجزا می‌کند. در کل عوامل‌گال‌زا برای گیاه میزبان با از بین بردن گل‌ها و دانه‌ها و از طرفی رقابت برای جذب مواد فتوسنتزی و غذایی در قسمت گال نوعی خطر و تهدید محسوب می‌شوند (۹ و۲۰). آلسون و همکارش در سال ۲۰۰۵ توزیع مواد مغذی و گال‌ها در شاه‌بلوط (*Quercus prinus* L.) بوسیله حشرات گال‌زا *Andricus petiolicolus* را از رده Cynipidae در برگ‌های پیچ‌خورده و سالم مقایسه کردند. در گال پوستی و اپیدرمی فعالیت آنزیم اینورتاز و پراکسیداز بالا بوده و غلظت تانن در آنها بیشتر از برگ‌ها و بافت‌های مغذی بود. از طرفی توقف فعالیت دفاعی در بافت‌های مغذی و تجمع ترکیبات فنلی در بافت گال که جایگاه تغذیه‌کننده احاطه کرده، این الگو را برای محققان به وجود می‌آورد که گال‌ها برای حشرات میزبان ارزش غذایی و محافظتی دارند (۶). هرتلی در سال ۱۹۹۸ ترکیبات شیمیایی بافت‌های گال‌دار و بدون گال در ۲۰ نوع گال بوجود آمده در ۱۱ گونه گیاهی را مورد بررسی و مقایسه قرار داد. بافت گال‌دار در مقایسه با بافت‌های سالم دارای ترکیبات نیتروژن‌دار پایین‌تر و ترکیبات فنلی بیشتری بودند (۱۴). مطالعات پیشین بر روی گیاه بید بیشتر حکایت از بررسی رابطه کنه گال‌زا و گال بید و ترکیبات شیمیایی گال داشته است. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر کنه گال‌زا بر فیزیولوژی درختان بید بوده است و گامی در جهت شناخت این نوع آلودگی و جلوگیری از انتشار آن بوده است. بنابراین در گام اول در تحقیق حاضر برای شناخت اثرات کنه گال‌زا به بررسی تغییرات ایجاد شده در برخی پارامترهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی درختان بید پرداخته شد.

## مواد و روشها

از سرشاخه‌های سالم و گال‌دار درختان بید مجنون (Salix *babylonica* (willow) واقع در پارک ناژوان شهر اصفهان در اوایل مرداد ۱۳۸۹، نیمه اول اردیبهشت ماه و نیمه دوم خرداد ماه ۱۳۹۰ و اوایل خرداد ماه ۱۳۹۱ نمونه‌برداری بصورت تصادفی انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و آزمایش‌های مختلف بر روی آنها انجام شد. سپس فاکتورهای زیر اندازه‌گیری گردید.

**سنجش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید**: برای سنجش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) استفاده شد. برای استخراج کلروفیل و کاروتنوئیدها، ۰/۱ گرم برگ (بدون دمبرگ) از سرشاخه‌های سالم و گال‌دار به طور جداگانه، در استن ۸۰ درصد خوب سائیده شدند. پس از صاف کردن، جذب آنها در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰، ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. برای تنظیم دستگاه استن ۸۰ درصد استفاده شد (۱۸). نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارائه گردیدند.

**سنجش مقدار قندهای احیاکننده**: مقدار ۰/۰۲ گرم از بافت تازه برگ از سرشاخه‌های سالم و گال‌دار به طور جداگانه توزین گردید و هر نمونه جداگانه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون چینی سائیده شد. مقدار قندهای احیاکننده در برگ‌ها به روش سوموگی (۱۹۵۲) اندازه‌گیری شد. شدت جذب محلولها در طول موج ۶۰۰ نانومتر خوانده شد، سپس با استفاده از منحنی استاندارد غلظت قندهای احیاءکننده برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و گزارش گردید (۲۴).

**سنجش مقدار قندهای کل**: از ۰/۱ گرم نمونه بافت تر از سرشاخه‌های سالم و گال‌دار به طور جداگانه، با استفاده از ۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۶۰ دقیقه (دو مرحله ۳۰ دقیقه‌ای) کربوهیدارتهای محلول استخراج شدند. عصاره‌ها با کاغذ صافی صاف شده و بعد الکل آنها تبخیر گردید. رسوب حاصل در ۲/۵ میلی لیتر آب مقطر حل شد. از هر نمونه ۲۰۰ میکرولیتر در یک لوله آزمایش ریخته و به آن ۵

میلی‌لیتر معرف آنترون اضافه شد. پس از مخلوط شدن مدت ۱۷ دقیقه در بن‌ماری ۹۰ درجه قرار گرفته و پس از سرد شدن، جذب آنها در ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. غلظت هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد و بر اساس درصد وزن تر نمونه محاسبه گردید (۱۲). برای تهیه منحنی استاندارد از گلوکز خالص استفاده شد. نتایج براساس میلی‌گرم به گرم وزن تر محاسبه و گزارش شد.

**سنجش مقدار آنتوسیانین‌ها**: برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌های برگ از روش واگنر (۲۶) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت برگی را در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملا سائیده و عصاره در لوله‌های آزمایش سر پیچ‌دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و جذب محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه غلظت ضریب خاموشی ε (۳۳۰۰۰۰) سانتیمتر بر مول در نظر گرفته شد (۲۶).

**اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنلی**: مقدار ۰/۱ گرم از برگ تازه از سرشاخه‌های سالم و گال‌دار به طور جداگانه، گیاه را در ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده و به مدت ۷۲-۲۴ ساعت در تاریکی نگهداری شد. سپس به ۱ میلی‌لیتر عصاره، ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه گردید و با آب مقطر دوبار تقطیر حجم محلول به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین ۵۰ درصد و ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۵ درصد به آن اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۱ ساعت در تاریکی نگهداری شده و شدت جذب هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد. برای تهیه منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده گردید و نتایج براساس میلی‌گرم به گرم وزن تر محاسبه و گزارش شد (۲۵).

**سنجش مقدار کل پروتئین‌ها**: مقدار پروتئین‌ها در برگ‌ها با استفاده از روش برادفورد (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. از آلبومین گاوی برای تهیه منحنی استاندارد استفاده گردید و نتایج بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر ارائه شد (۷).

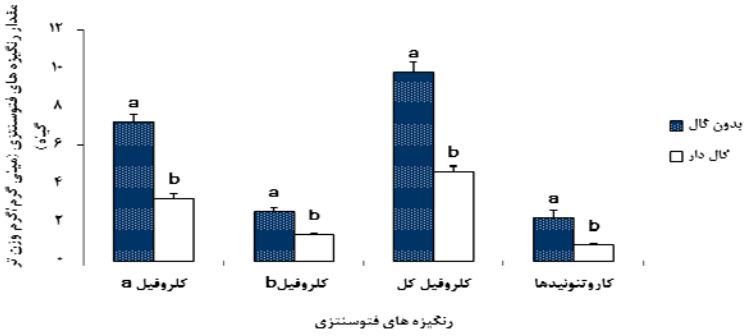
**عملیات آماری**: آزمایش بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن با ضریب اطمینان ۹۵ درصد محاسبه گردید و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2003 استفاده شد.

## نتایج

**مقدار کلروفیل و کاروتنوئید**: نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل a در برگ‌ها نشان داد که سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار نسبت به گیاهان فاقد گال کاهش معنی‌داری داشت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار کلرفیل b مشابه کلروفیل a بود. بنابراین کلروفیل کل نیز در سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار نسبت به سرشاخه‌های گیاهان فاقد گال کاهش نشان داد (نمودار۱). نتایج آنالیز واریانس حاصل از داده‌ها نشان داد که مقدار کاروتنوئیدها در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار نسبت به گیاهان فاقد گال کاهش نشان می‌دهد که این کاهش در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (نمودار۱).

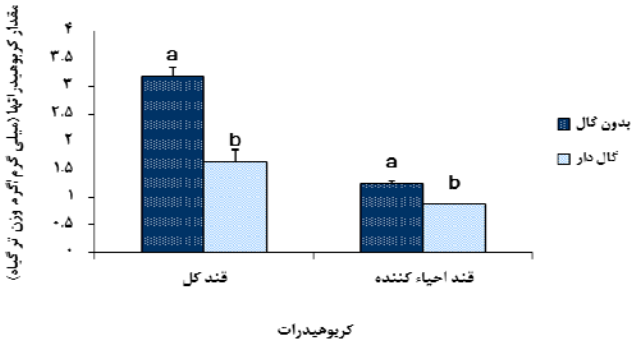
**مقدار قند**: نتایج آنالیز واریانس حاصل از داده‌ها نشان داد که ایجاد گال منجر به کاهش مقدار محتوای قندهای احیاکننده و قند کل در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار نسبت به گیاهان فاقد گال شده که این کاهش از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (نمودار ۲).

**مقدار آنتوسیانین‌ها**: نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌ها نشان داد که مقدار آنها در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار ۲/۵ برابر گیاهان فاقد گال بوده که نشان می‌دهد کنه گال‌زا منجر به افزایش معنی‌دار محتوای آنتوسیانین‌های برگ آنها شده است (نمودار ۳).



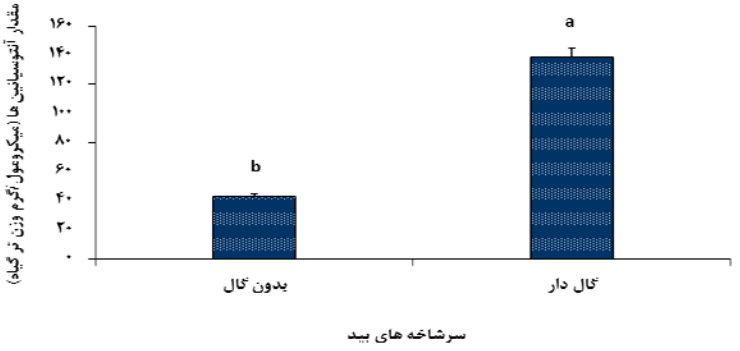

نمودار ۱- بررسی تغییرات مقدار کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار و بدون گال

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. حروف غیرمشابه معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد (α≤ ۵٪).




نمودار ۲- بررسی تغییرات مقدار قند کل و قندهای احیاء کننده در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار و بدون گال

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. حروف غیرمشابه معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد (α≤ ۵٪).

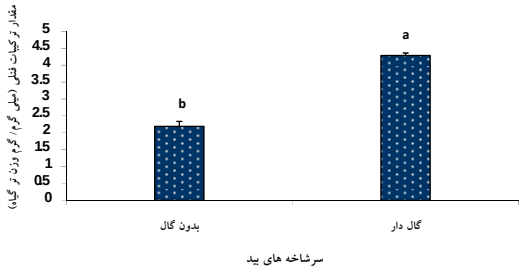



نمودار ۳- بررسی تغییرات مقدار آنتوسیانین‌ها در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار و بدون گال

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. حروف غیرمشابه معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد (α≤ ۵٪).

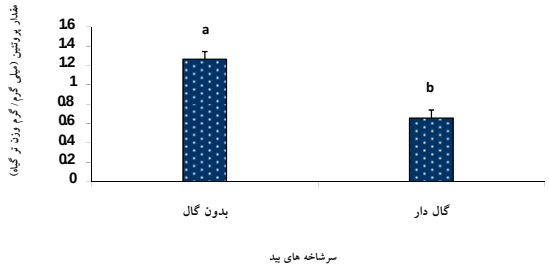
**مقدار ترکیبات فنلی:** نتایج مربوط به اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنلی (نمودار ۴) نشان داد که مقدار این ترکیبات در سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار نسبت به گیاهان فاقد گال افزایش معنی‌داری داشت ($P \geq ۵٪$).

**مقدار کل پروتئین‌ها:** نتایج مربوط به اندازه‌گیری مقدار پروتئین در نمودار ۵ آورده شده است. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار نسبت به گیاهان فاقد گال مقدار پروتئین‌ها کاهش یافت ($P \geq ۵٪$).




نمودار ۴- بررسی تغییرات مقدار ترکیبات فنلی در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار و بدون گال

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. حروف غیرمشابه معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد ($\alpha \leq ۵٪$).




نمودار ۵- بررسی تغییرات مقدار پروتئین‌ها در برگ سرشاخه‌های گیاهان گال‌دار و بدون گال

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. حروف غیرمشابه معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد ($\alpha \leq ۵٪$).

## بحث

گال‌ها مواد غذایی بیشتری را برای تغذیه مهیا می‌کنند. عوامل گال‌زا از بافت‌های گیاهی و یا مایعات آنها استفاده می‌کنند. در بسیاری از گال‌ها بافت تغذیه تمایز یافته‌ای وجود دارد که مواد غذایی بیشتر و ترکیبات دفاعی کمتری نسبت به بافت بدون گال در یک گیاه سالم مهیا می‌کند. مواد غذایی ایجاد شده در گال با نوع حشره گال‌زا و لاروهایش که از بافت داخلی آن تغذیه می‌کنند سازگار است (۲۰ و ۲). گال‌های ایجاد شده توسط عوامل گال‌زا ابزاری را فراهم می‌کنند که بوسیله آنها گیاه میزبان خطر و آسیب وارد شده از عوامل گال‌زا را از قسمت‌های اصلی گیاه مجزا می‌کند. در کل عوامل گال‌زا برای گیاه میزبان با از بین بردن گل‌ها و دانه‌ها و از طرفی رقابت برای جذب مواد فتوسنتزی و غذایی در قسمت گال نوعی خطر و تهدید محسوب می‌شوند (۲۰ و ۹).

در این پژوهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در سرشاخه‌های گیاه گال‌دار نسبت به سرشاخه‌های فاقد گال کاهش معنی‌داری را نشان داد. این نتایج مشابه آزمایش‌های Samsone و همکاران در سال ۲۰۱۱ می‌باشد که گزارش کردند مقدار فتوسنتز کاهش و مهار فتوسنتزی در بافت‌های دارای گال افزایش یافته است (۲۲). در بافت‌های دارای گال، تولید رادیکال‌های آزاد تحریک شده است (۱۹). رادیکال‌های آزاد تولید شده، کلروفیل‌ها را در کلروپلاست تجزیه می‌کنند و ساختارهای تیلاکوئیدی ناپدید می‌شوند (۱۷ و ۲). بنابراین مقدار کلروفیل در گیاهان گال‌دار کاهش یافته است.

در این پژوهش نیز گال منجر به کاهش مقدار کربوهیدرات‌ها شده است. احتمالاً کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی باعث کاهش محصولات فتوسنتزی شده است. از طرف دیگر تشکیل گال بیشتر به نفع حشره گال‌زاست، چون اختصاص یافتن مواد فتوسنتزی در گال نسبت به بقیه گیاه افزایش می‌یابد. مواد مغذی و متابولیت‌ها در بافت گال به وسیله افزایش فتوسنتز در قسمت‌های سالم و حرکت آنها به سمت گال افزایش خواهد یافت (۲۶ و ۱۳). بدلیل این که بخشی از کربوهیدرات موجود در بخش دارای گال از بخش‌های سالم به بخش دارای گال منتقل شده، احتمالاً مقدار کربوهیدرات‌ها باید کاهش بیشتری نشان می‌داد.

فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌های موجود در برگ به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند (۲۳ و ۸). در این پژوهش مقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در سرشاخه‌های گیاه گال‌دار نسبت به سرشاخه‌های فاقد گال افزایش معنی‌داری را نشان داد. در مسیر بیوسنتزی اتیلن تولید ACC مرحله محدود کننده تولید اتیلن بوده و تنش‌های محیطی مثل خشکی، UV، ازون و زخم و همچنین پاتوژن‌ها این مرحله را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این مرحله توسط اعضاء خانواده مولتی ژن کد می‌شود (۱۱). همچنین Craker و Standley (۱۹۷۳) گزارش کرده‌اند که اتیلن سنتز آنتوسیانین‌ها را در نور القاء می‌کند. احتمالاً اتیلن تولید شده در بافت‌های دارای گال با اثر بر روی آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها ازجمله فنیل آلانین آمونیالیاز، باعث تجمع آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان شده و از این طریق از گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو حمایت می‌کنند (۲۱و۱۰).

در این پژوهش محتوای پروتئین برگ در سرشاخه‌های گیاه گال‌دار نسبت به سرشاخه‌های فاقد گال به طور معنی‌داری کاهش یافت. در شرایط نامساعد محیطی گونه‌های فعال اکسیژن تولید و تجمع می‌یابد. در پی آن افزایش $H_2O_2$، منجر به افزایش اکسیداسیون پروتئین‌ها می‌گردد (۱۶). رادیکال‌های اکسیژن فعال با تغییر موقعیت اسیدهای آمینه در رشته‌های پروتئین باعث تسهیل تأثیر آنزیم‌های تجزیه کننده بر پروتئین‌ها شده، بنابراین یکی از دلایل کاهش محتوای پروتئین در گیاهان گال‌دار، احتمالاً تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد (۲۳).

بنابراین نتایج حاصل نشان می‌دهد که ایجاد گال با کاهش پروتئین‌ها و قندها در گیاه همراه بوده، به‌طوری‌که باعث کاهش فتوسنتز و محصولات فتوسنتزی شده و از آنجایی که بقا میزبان منجر به بقای انگل می‌شود، با فعال سازی واکنش‌های مقاومتی (مانند ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها)، گیاه را در شرایط تنش پایدار نگاه داشته است. احتمالاً درختان بید آلوده شده با حشره گال‌زا با تغییر در مسیرهای متابولیسمی و تولید فراورده‌های ضروری منجر به ادامه زیست خود شده‌اند. احتمالاً این تغییرات مربوط به فعالیت و مقدار آنزیم‌ها می‌باشد. در نتیجه پیشنهاد می‌شود اثرات کنه گال‌زا بر آنزیم‌های (فنیل آلانین آمونیالیاز، کاتالاز، پراکسیداز و ...) و متابولیت‌های مانند آسکوربیک اسید و گلوتاتیون بررسی شده و به مقاوم‌سازی این درختان نسبت به کنه گال‌زا پرداخته شود.

## منابع


۱- بوتیمار، م. صادقی نامقی، ح. (۱۳۹۰). اولین گزارش کنه اریوفید Shevtchenkella recki (Acari: Erophidae) (Bagd.) از روی پسته ایران. مجله زیست شناسی ایران. شماره ۳، جلد۲۴. صفحات ۴۴۵-۴۴۲.

۲- خانجانی، م. میراب بالو، م. (۱۳۸۵). مطالعه کنه های اریوفید گردو و دشمنان طبیعی انها در غرب ایران. مجله زیست شناسی ایران. شماره ۴ جلد ۱۹.صفحات ۴۷۵- ۲۶۴.

۳- خانجانی، م. و حداد ایرانی نژاد، ک. (۱۳۸۵). کنه های زیان آور محصولات کشاورزی ایران. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان.

۴- مظفریان، و. (۱۳۷۳). رده بندی گیاهی (کتاب دوم دولپه ای‌ها). انتشارات نشر دانش امروز.

5- Abrahamson, W.G. and Weis A.E. 1997. Evolutionary ecology across three trophic levels: goldenrods, gall makers and natural enemies. 450-456.

6- Allison S.D. and Schulta J.C. 2005. Biochemical responses of chestnut oak to a galling cynipid. Journal of chemical ecology. 31(1): 151-161.

7- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

8- Choudhury S. and Panda S.K. 2004. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in Oryza sativa L. roots. Plant Physiology. 30 (3-4): 95-110.

9- Cornell H.V. 1983. The secondary chemistry and complex morphology of galls formed by the Cynipinae. Why and how? American Midland Naturalist Journal. 110, 225–234.

10- Craker L.E, Standley L.A and Starbuck M.J. 1971.Ethylene control of anthocyanin synthesis in Sorghum. Plant Physiology. 48: 349-352.

11- Davis P.J. 2005. Plant hormones biosynthesis, signal transduction, action! Springer. Chapter F2.

12- Fales F.W. 1951. The assimilation and degradation of carbohydrate by yeast cells. Journal of Biological Chemistry. 193:113-124.

13- Fay P.A., Hartnett D.C. and Knapp A.K. 1993. Increased photosynthesis and water potentials in Silphium integrifolium galled by cynipid wasps. Oecologia. 93: 114–120.

14- Hartley, S.E. 1998. The chemical composition of plant galls: are levels of nutrients and secondary compounds controlled by the gall-former. Oecologia. 113: 492–501.

15- Huang M.Y., Chen C.C., Chen P.J., Yang M.M., Chang Y.T. and Yang C.M. 2011. The ecophysiological characteristics of galls induced by Daphnephila Midges. Symposium. 2001-2010.

16- Inze D. and Montagu M.V. 2000. Oxidative stress in plants. TJ International Ltd, Padstow, Cornawall. Great Britain. 321 pages.

17- Krizek D.T., Britz S.J. and Mirecki R.M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. Physiologia Plantarum. 103: 1-7.

16- Larcher W. 2001. Physiological plant ecology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Germany. 505 pages.

17- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. - Methods in Enzymology. 148: 350-382.

18- Nyman T. and Julkunen-Tiitto R. 2000. Manipulation of the phenolic chemistry of willows by gall-inducing sawflies. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA. 97: 13184-13187.

19- Price P.W., Femandes G.W. and Waring G.L. 1987. Adaptive nature of insect galls. Environmental Entomology. 16: 15-24.

20- Sakaki T., kondo N. and Sugahara K. 1983. Breakdown of photosynthetic pigments and lipid in spinach leaves with ozone fumigation: role of active oxygen. Physiologia Plantarum. 59: 28-34.

21- Samsone I., Andersone U. and Ievinsh G. 2011. Gall midge Rhabdophaga rosaria-induced rosette galls on Salix: morphology, photochemistry of photosynthesis and defense enzyme activity. Environmental and Experimental Biology. 9: 29–36.

22- Schaller G. and Kieber J. 2002. Ethylene. American Society of Plant Biologists. 1-17.

23- Somogy M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry; 195: 19-29

24- Sonald S.F. and Laima S.K. 1999. Phenolics and cold tolerance of Brassica napus. Plant Agriculture. 1: 1-5.

25- Stone G.N., Schonrogge K., Atkinson R.J., Bellido D. and Pujade-Villar J. 2002. The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae). Annual Review of Entomology. 47: 633–668.

26- Wagner G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology. 64: 88-93.

# Comparison of physiological and biochemical changes in healthy trees and willow branches gall (Salix babylonica)

**Salehi Eskandari B. and Kaviani M.**

**Biology Dept., Payame Noor University, Tehran, I.R. of Iran**

## Abstract

Gall is a kind of heteromorphy in plant tissues that is induced by various parasitic organisms, mainly insects, which generally use it as nutrition and protection from both abiotic factors and natural enemies. Gall in willow trees (*Salix babylonica* L.) is the effect of a series of morphogenetic changes in plant cells in response to Eriophydae mites attack. In this study in summer 1389, early and late spring 1390 and spring 1391, random sampling from healthy and infected offshoots of willow trees of Najvan Park, Isfahan city was done. Changes in chlorophyll a, b and total, carotenoid, reduced and total Sugar content, anthocyanin, phenolic compounds and proteins were studied. The amount of chlorophyll a, b and total, carotenoid, reducing and total sugar and protein content had statistically significant decrease in infected branches compared to healthy ones. But the amount of anthocyanins and phenolic compounds in infected twigs were more than the healthy. The increases were statistically significant. Reduction in the amounts of photosynthetic pigments and proteins were the cause of oxidative damage in the gall-infected branches. Since the host survival allows the parasite to remain, therefore accumulation of anthocyanin and phenolic compounds in infected branches raises plant resistance against oxidative stresses.

**Key words**: Gall, willow, photosynthetic pigments, phenolic compounds.