



## مطالعه ترکیبات شیمیایی گال‌های تشکیل‌شده توسط زنبورهای گالزای بلوط (Hym.: Cynipidae) در استان کرمانشاه (مطالعه موردی: شهرستان جواهرود)

معصومه پایدار<sup>۱</sup>
 <https://orcid.org/0009-0007-7487-6645>
عباسعلی زمانی<sup>۲</sup>
 <https://orcid.org/0000-0001-8283-1235>

۱ و ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
 محسن سعیدی<sup>۳\*</sup>

۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

 <https://orcid.org/0000-0003-2336-1098>

**چکیده:** درختان بلوط (*Quercus infectoria*) یکی از اجزای اصلی جوامع جنگلی غرب ایران هستند و در حفظ آب و خاک این منطقه نقش حیاتی دارند. زنبورهای گالزای بلوط (Hymenoptera: Cynipidae) باعث ایجاد گال روی اندام‌های مختلف درختان بلوط می‌شوند. این پژوهش با هدف بررسی غلظت برخی متابولیت‌های گیاهی در بافت‌های مختلف درختان بلوط و برخی از گال‌های برگ‌گی تشکیل‌شده توسط زنبورهای گالزا و تغییرات آن‌ها در طول فصل رشد در منطقه جواهرود انجام شد. به این منظور، چهار نوع گال (*Neuroterus numismalis* Geoffroy, *Neuroterus quercusbaccarum* L., *Cynips divisa* Harting و *Cynips quercusfolii* L.)، برگ‌های حاوی گال و برگ‌های سالم زیر آن‌ها به عنوان واحد نمونه‌گیری از جنگل‌های بلوط واقع در شهرستان جواهرود جمع‌آوری شدند. در این بررسی غلظت برخی ترکیبات غذایی و متابولیت‌های ثانویه مانند قندهای محلول و نامحلول، فنل کل، تانن کل و تانن متراکم اندازه‌گیری شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت متابولیت‌های مختلف در طول فصل در چهار نوع گال مختلف و دو بافت مورد بررسی با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. بالاترین غلظت کربوهیدرات‌ها و نشاسته در هر چهار نوع گال و دو بافت گیاهی در مهرماه به دست آمد. در مقابل بیش‌ترین میزان نیتروژن کل و پروتئین خام در شهریورماه حاصل شد. چون بافت گال تنها منبع تغذیه برای حشره گالزا محسوب می‌شود، بنابراین، به نظر می‌رسد که کیفیت مواد غذایی آن برای حشره گالزا اهمیت زیادی دارد.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۷/۱۲

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۹/۴

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تانن، فنل، قند، نیتروژن

**Citation:** Paydar, M., Zamani, A. A. & Saeidi, M. (2024). Survey on the chemical compounds of the galls formed by oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Kermanshah province (case study: Javanroud city). *Plant Pest Research*, 14(3), 45-58. **Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2024.28603.1598>



\*Corresponding author: msaeidi@razi.ac.ir

## مقدمه

حشرات گالزای بلوط متعلق به خانواده‌های Aphididae، Cecidomidae و Cynipidae هستند. در این میان زنبورهای خانواده Cynipidae از اهمیت بیش‌تری برخوردارند و روی اندام‌های مختلف دو گونه از درختان بلوط *Quercus infectoria* Oliv. و *Q. brantii* Lindl. در جنگل‌های غرب کشور گال‌های متنوعی ایجاد می‌کنند (Sadeghi et al., 2009; Zardoeei et al., 2020). این گال‌ها، بافت‌های تغییر شکل یافته گیاهی هستند که توسط ترشحات لاروی زنبورهای گال‌زا به وجود آمده و به عنوان منبع غذایی و پناهگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zardoeei et al., 2020; Meyer-Rochow, 2022). شکل گال توسط این زنبورها دارای ماهیت سازشی است، زیرا آن‌ها را از شرایط نامساعد محیطی و حمله دشمنان طبیعی محافظت می‌نماید (Costa-Rezende et al., 2021). شکل گال‌ها در بین گونه‌های مختلف زنبورهای گال‌زا و نیز بین نسل‌های جنسی و غیر جنسی یک گونه متفاوت است (Sottile et al., 2022; Bellows et al., 2024).

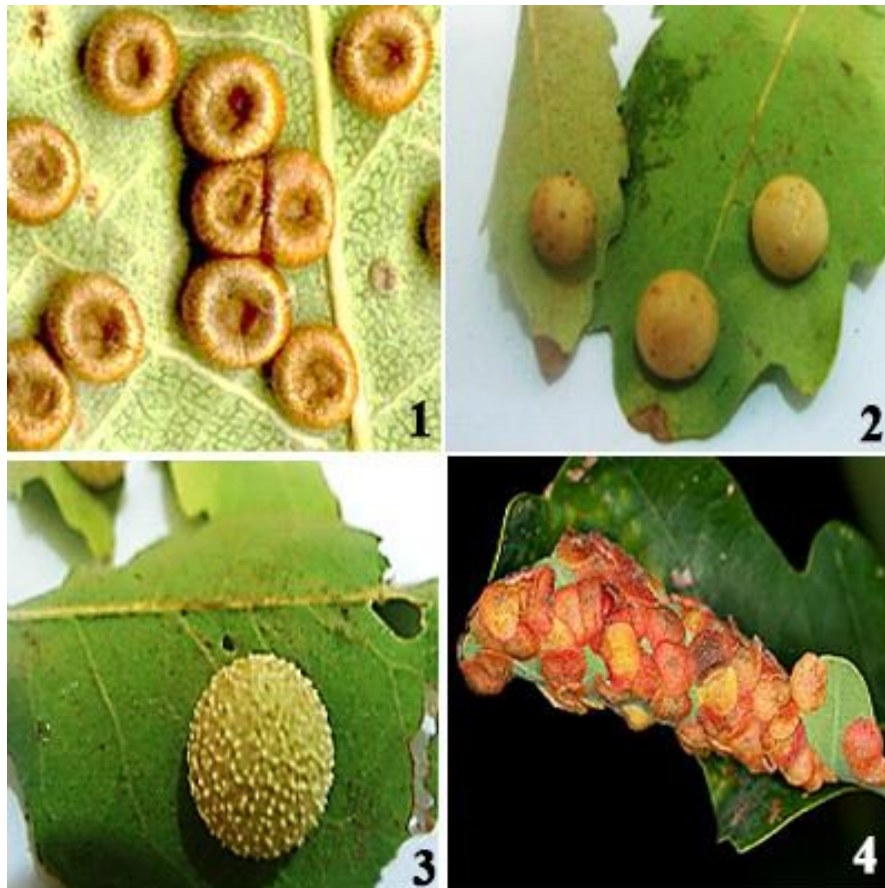
اگرچه گال نمایانگر وجود سازگاری میان حشره گال‌زا، گیاه میزبان و یا هر دوی آن‌ها است، اما به‌طور معمول گال روی قسمت‌های خاصی از گیاه باعث بروز خسارت می‌شود (Stone & Schönrogge, 2003; Miller & Raman, 2019). بر اساس تحقیق چن (Chen, 2024) مشخص شد که زنبورهای گال‌زای بلوط می‌توانند سنتز متابولیت‌های گیاهی را تغییر داده و دیواره سلولی را بازسازی کنند تا تشکیل گال‌ها را ممکن سازند. این یافته‌ها بینش جدیدی در مورد سازوکار القای گال و میزان توانایی گیاهان در برنامه‌ریزی برای تشکیل ساختارها و اندام‌های منحصر به فرد ارائه می‌دهند (Chen, 2024). همچنین در تحقیقی دیگر مشخص شد که زنبورهای Cynipidae می‌توانند به‌طور قابل توجهی محتوای ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و غلظت پروتئین‌ها در گال‌ها را افزایش دهند. این تغییرات بیوشیمیایی نشان می‌دهد که زنبورهای گال‌زای بلوط به‌طور فعال، فرآیندهای بیوشیمیایی گیاهان میزبان را به‌منظور تامین نیازهای خود دستکاری می‌کنند (Markel et al., 2024).

بررسی ترکیبات شیمیایی چندین وارسته مختلف بلوط، تفاوت در محتوی ترکیبات شیمیایی آن‌ها را نشان داده است. این تفاوت‌های شیمیایی در ترکیباتی مانند فنل‌ها، تانن‌ها و نسبت کربن به نیتروژن وجود دارد (Abrahamson et al., 2003). زنبور گال‌زای ماده بر اساس این ویژگی‌های شیمیایی میزبان خود را انتخاب می‌کند. بنابراین، هر گونه زنبور گال‌زای بلوط روی یک گونه بلوط خاص فعالیت دارد. این ترکیبات شیمیایی روی رشد و نمو و زنده‌مانی نتاج نیز مؤثر است (Abrahamson et al., 2003; Perea et al., 2021; Traoré et al., 2023). هر یک از گونه‌ها و نسل‌های زنبورهای گال‌زای بلوط (جنسی و غیر جنسی) گال‌هایی با ساختمان بسیار اختصاصی تولید می‌کنند که حتی از روی نوع ساختمان و شکل گال می‌توان گونه مولد آن را شناسایی کرد (Gätjens-Boniche, 2019; Ben-Shlomo et al., 2022). حشرات گال‌زا مقدار زیادی از متابولیت‌های ثانویه را در بافت خارجی گال ذخیره کرده و باعث کاهش غلظت این مواد در بافت‌های داخلی گال می‌شوند (Qi et al., 2020). زنبورهای Cynipidae به دلیل غلبه بر مواد شیمیایی دفاعی گیاه بسیار مورد توجه هستند و از این ترکیبات به‌خصوص فنل‌ها و تانن‌ها برای حفاظت از خود در مقابل شکارگرها، پارازیتوئیدها و بیمارگرها استفاده می‌کنند (Schönrogge et al., 2000). بافت گال و بافت بدون گال از لحاظ سطح غذایی و ترکیبات شیمیایی تفاوت‌های زیادی دارند. اختلاف در میزان مواد غذایی بین بافت گال و بافت‌های مجاور، نشان‌دهنده ارزش غذایی و بیوشیمیایی متمایز این بافت‌ها برای حشره گال‌زا است. میزان نیتروژن، کربوهیدرات و ترکیبات فنلی در این بافت‌ها تفاوت آشکاری با هم دارند. غلظت این متابولیت‌ها در میان انواع گال‌های مختلف نیز متفاوت است (Pilichowski & Giertych, 2020; Markel et al., 2024). نتایج بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که غلظت ترکیبات فنلی غیر تاننی و نیتروژن کل در زنده‌مانی زنبورهای Cynipidae اثر منفی دارد و غلظت آن‌ها در بافت داخلی گال پایین‌تر از سایر بافت‌ها است (Xiang et al., 2020; Hoffmann et al., 2021).

با توجه به مطالب بیان شده، هدف از این مطالعه بررسی ارتباط شیمیایی بین بافت حاوی گال و سالم در درختان بلوط و تأثیر حشره گال‌زا بر میزان ترکیبات شیمیایی موجود در این بافت‌ها بود. به منظور بررسی این ارتباط شیمیایی، متابولیت‌هایی مثل قندهای محلول، نشاسته، نیتروژن کل، پروتئین کل، پروتئین‌های محلول، کلروفیل a و b و کارتنوئیدها و متابولیت‌های ثانویه مانند فنل کل، تانن کل و تانن متراکم در طول فصل رشد اندازه‌گیری شدند. همچنین غلظت این متابولیت‌ها در بافت گال، بافت برگ سالم و برگ حاوی گال مقایسه شد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در جنگل بلوط زاگرس واقع در استان کرمانشاه، شهرستان جوانرود (34°20'266"N و 46°07'763"E) با ارتفاع ۱۵۱۰ متر از سطح دریا انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از: ۱) گال‌های برگ‌گی چهار گونه از زنبورهای گال‌زای خانواده‌ی Cynipidae شامل گونه‌های *Neuroterus numismalis* Geoffroy و *Cynips quercusfolii* L. و *Cynips divisa* Harting, L. (۲) انواع بافت‌ها (برگ سالم، برگ حاوی گال و گال) و (۳) زمان نمونه‌گیری (تیر، مرداد، شهریور و مهر). در شکل ۱ تصویر گال‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود.



شکل ۱- چهار نوع گال مربوط به زنبورهای گال‌زای بلوط برای اندازه‌گیری غلظت متابولیت‌های مختلف: ۱- *Neuroterus numismalis*، ۲- *Cynips divisa*، ۳- *Cynips quercusfolii*، ۴- *Neuroterus quercusbaccarum*

Figure 1. Four types of gall related to oak gall-producing wasps for measuring the concentration of different metabolites: 1- *Neuroterus numismalis*, 2- *Cynips divisa*, 3- *Cynips quercusfolii*, 4- *Neuroterus quercusbaccarum*

به این ترتیب به منظور بررسی روند تغییرات محتوی متابولیت‌ها در برگ‌های سالم، حاوی گال و بافت گال چهار گونه زنبور بیان‌شده، در ماه‌های مختلف سال با مراجعه به جنگل بلوط شهرستان جوآرود نمونه‌گیری انجام شد. برای اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول و رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کارتنوئیدها) پس از جدا کردن بافت‌های مورد نظر از درختان بلوط به سرعت در نیتروژن مایع منجمد شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه، تا زمان شروع اندازه‌گیری غلظت رنگدانه‌های گیاهی و پروتئین‌های محلول این نمونه‌ها در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری محتوی رنگدانه‌های گیاهی از روش لیختنالر و ولبرن (Lichtenthaler & Wellburn, 1983) استفاده شد. به این منظور از ۵۰ میلی‌گرم بافت تر استفاده شد. پس از استخراج رنگدانه‌های گیاهی توسط اتانول ۹۶ درصد و سانتریفیوژ نمونه‌ها در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه، ۲۵۰ میکرولیتر درون چاهک پلیت الیزا ریخته شد و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه الیزا ریدر (Bio Tek Powerwave XS2) مقدار جذب نمونه‌ها خوانش شد. سپس طبق روابط زیر غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئیدها بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تر محاسبه شد.

$$\begin{aligned} \text{Chl a} &= 12.21 (A_{663}) - 2.81 (A_{646}) \\ \text{Chl b} &= 20.13 (A_{646}) - 5.1 (A_{663}) \\ \text{Car} &= \frac{(1000A_{470} - 3.27(\text{Chl a}) - 104(\text{Chl b}))}{227} \end{aligned}$$

در رابطه فوق، Ch a، Ch b، Car و A به ترتیب کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و طول موج جذبی می‌باشند. غلظت پروتئین‌های محلول کل نیز با استفاده از روش بردفورد (Bradford, 1976) انجام شد. در این روش ۵۰ میلی‌گرم نمونه تر گیاهی به منظور استخراج پروتئین‌های محلول توسط بافر استخراج Tris-HCl استفاده شد. در ادامه پس از رنگ‌آمیزی پروتئین‌های محلول در هر نمونه توسط کوماسی بریلیانت‌بلو (G250)، طول موج جذبی نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر به وسیله دستگاه الیزا ریدر (Bio Tek Powerwave XS2) اندازه‌گیری شد. به منظور کمی کردن داده‌ها، منحنی استاندارد توسط غلظت‌های مختلف سرم آلبومین گاوی رسم شد. برای اندازه‌گیری محتوی قندهای محلول و نامحلول (نشاسته)، فنل کل، تانن کل و تانن متراکم پس از نمونه‌گیری از بافت‌های سالم و حاوی گال برگ و بافت گال، این نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و در آن در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. در ادامه پس از پودر کردن نمونه‌ها، صفات بیان‌شده اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری محتوی نیتروژن به روش کلدال با استفاده از دستگاه میکروکلدال در سه مرحله شامل هضم، تقطیر و تیتراسیون انجام شد. در ادامه برای تعیین درصد نیتروژن و پروتئین دانه از روابط زیر استفاده شد.

$$N (\%) = \frac{0.014 \times 5 \times \text{Acid normality} \times \text{Acid consumed (ml)}}{\text{Sample dry weight (g)}} \times 100$$

$$\text{Protein (\%)} = N (\%) \times 5.7$$

برای اندازه‌گیری محتوی قندهای محلول با کمی تغییر از روش فنل - اسید سولفوریک استفاده شد (AOAC, 1995). در این روش از الکل ۸۰ درصد برای استخراج قندهای محلول و از اسید سولفوریک و فنل برای آماده کردن نمونه‌ها به منظور اندازه‌گیری قندهای محلول استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت قندهای محلول ابتدا در طول موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه الیزا ریدر (Bio Tek Powerwave XS2) جذب نوری نمونه‌های ثبت شد و در ادامه با استفاده از منحنی استاندارد رسم شده توسط غلظت‌های مختلف گلوکز (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر یا پی‌پی‌ام) غلظت قندهای محلول نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک کمی شد. به منظور اندازه‌گیری غلظت قند نامحلول (نشاسته) نیز از روش هیدرولیز اسیدی استفاده شد (AOAC, 1995). به این منظور پس از استخراج کامل قندهای محلول توسط الکل ۸۰ درصد و حذف آن‌ها و چهار بار شستشوی مواد جامد گیاهی باقی‌مانده توسط الکل ۸۰ درصد، از پرکلریک اسید ۵۲ درصد برای تجزیه نشاسته به گلوکز در بافت گیاهی باقی‌مانده استفاده شد. در ادامه روش کار مشابه اندازه‌گیری غلظت قندهای محلول بود و غلظت نشاسته نیز بر اساس مقدار گلوکز (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) محاسبه شد. به منظور تعیین غلظت فنل کل، تانن کل و تانن متراکم در نمونه‌های مورد بررسی از روش ماکار

(Makkar, 2003) استفاده شد. به این منظور برای استخراج ترکیبات فنلی از استون ۷۰ درصد و تعیین فنل کل از معرف فولین سیوکالتو و برای کمی کردن مقدار آن نیز از تانیک اسید به عنوان استاندارد استفاده شد. تانن کل از تفاوت بین فنل کل و ترکیبات فنلی باقیمانده و توسط پلی وینیل پلی پیرولیدون به دست آمد. در نتیجه، تانن کل از تفاوت ترکیبات فنلی قبل و بعد از افزودن پلی وینیل پلی پیرولیدون ارزیابی شد. همچنین از معرف های بوتانول- اسید کلریدریک و فریک اسید به منظور استخراج تانن متراکم استفاده شد.

تجزیه آماری طرح پس از بررسی نرمال بودن روند توزیع داده ها به صورت آزمایش فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. هر کدام از آزمایش ها با چهار تکرار انجام شدند و تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت. مقایسه میانگین داده ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون LSD یا حداقل تفاوت معنی - داری انجام شد.

## نتایج

در این تحقیق تغییرات محتوی متابولیت ها شامل قندهای محلول، نشاسته، نیتروژن کل، پروتئین خام، پروتئین های محلول، کلروفیل a و b، نسبت کلروفیل a/b، کاروتنوئیدها، فنل کل، تانن کل و تانن متراکم شونده موجود در چهار نوع گال مختلف بلوط (*C. quercus-folii*, *C. divisa*, *N. numismalis* و *N. quercus-baccarum*) در سه نوع بافت متفاوت شامل بافت گال، برگ حاوی گال و برگ سالم در طول ماه های تیر، مرداد، شهریور و مهر بررسی شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات)، غلظت این متابولیت ها در بافت های مختلف چهار نوع گال برگی بلوط در طول فصل رشد تفاوت معنی داری با هم داشتند ( $P < 0.01$ ) (جدول ۱).

در هر چهار نوع گال، قندهای محلول و نشاسته در مهر دارای بیشترین غلظت و در تیرماه حاوی کمترین غلظت بودند (جدول ۲). در مقابل نیتروژن کل، پروتئین خام و محلول در شهریور بیشترین غلظت و در تیر در هر چهار نوع گال کمترین غلظت را داشتند. غلظت قندهای محلول و نشاسته در گال *C. divisa* در طول فصل مورد بررسی، نسبت به سایر گال ها بیش تر بود. میزان غلظت نیتروژن در شهریور در گال های *N. numismalis* و *N. baccarum* به بیشترین مقدار خود رسید. بیشترین محتوی پروتئین خام و محلول در میان چهار نوع گال مورد بررسی در شهریور مشاهده شد. در طول فصل رشد، غلظت قندهای محلول و نشاسته در بافت سالم بیشترین و در بافت گال کمترین میزان را داشتند (جدول ۳). غلظت نیتروژن کل و پروتئین خام نیز در طول فصل رشد به ترتیب در برگ سالم، برگ حاوی گال و بافت گال دارای بیشترین مقدار بود. بیشترین محتوی پروتئین های محلول در طول فصل رشد در بافت گال مشاهده شد. غلظت نیتروژن در بافت برگ سالم و حاوی گال نسبت به بافت گال در طول فصل بیش تر بود. با وجود این، غلظت آن در بافت گال در طول ماه های تیر، مرداد و شهریور افزایش چشمگیری داشت؛ این در حالی است که در بافت برگ سالم و حاوی گال تغییرات زیادی مشاهده نشد (جدول ۳).

غلظت کلروفیل های a و b در طول فصل در هر چهار نوع گال کاهش یافت، ولی نسبت آن ها روند افزایشی نشان داد (جدول ۲). در طول فصل رشد، محتوی کلروفیل a و b در بافت برگ حاوی گال دارای بیشترین میزان بود. در مقابل نسبت کلروفیل a/b در بافت برگ سالم دارای بیشترین میزان بود (جدول ۳). غلظت کلروفیل a در شروع گال زایی در بافت برگ سالم و برگ حاوی گال بیش تر از بافت گال بود. در بافت گال، محتوی کلروفیل a در تیر و مرداد ثابت بود، ولی در شهریور و مهر روند کاهشی داشت. غلظت کلروفیل a در بافت برگ سالم و حاوی گال در ابتدای فصل در بالاترین میزان خود قرار داشت و در بافت برگ سالم نسبت به بافت برگ حاوی گال بیش تر بود، ولی این میزان در طول فصل در هر دو نوع بافت (برگ سالم و برگ حاوی گال) روند کاهشی داشت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) محتوی برخی متابولیت‌ها در سه نوع بافت متفاوت بلوط شامل بافت گال، برگ حاوی گال، برگ سالم و گال در طول فصل رشد

Table 1. The results of the variance analysis (mean square) for the content of some metabolites in three different types of oak tissue, including gall tissue, galled leaf, healthy leaf, and gall during the growing season

Sources of variation	df	Soluble sugars	Starch	Total nitrogen	Crude protein	Soluble protein	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll a/b ratio	Carotenoids	Total phenol	Total tannin	Condense tannin
Time <sup>†</sup>	3	7360**	9149**	0.79**	3100**	27.8**	2.53**	1.10**	3.15**	0.56**	34.6**	93.4**	0.20**
Gall type <sup>‡</sup>	3	1855**	2393**	0.04**	161**	5.49**	0.37**	0.40**	1.80**	0.11**	567**	158**	12.9**
Time × gall type	9	375**	456**	0.01**	34.2**	0.39**	0.01**	0.01**	0.37**	0.004**	16.8**	15.3**	0.05**
Plant tissue	2	114657**	144016**	0.21**	82216**	95.2**	24.6**	1.49**	18.7**	0.56**	96.2**	31.4**	95.6**
Time × plant tissue	6	17791**	22398**	0.14**	543**	1.68**	0.16**	0.09**	1.32**	0.01**	8.76**	5.52**	0.47**
Gall type × plant tissue	6	3856**	4859**	0.02**	85.9**	4.65**	0.07**	0.07**	0.48**	0.01**	278**	78.5**	12.4**
Time × gall type × plant tissue	18	702**	909**	0.004**	17.3**	0.28**	0.02**	0.02**	0.43**	0.004**	1.55**	2.42**	0.03**
Error	144	2.74	5.08	0.001	3.70	2.02	0.004	0.003	0.06	0.001	0.05	0.02	0.005
Coefficient of variation (%)		1.30	1.58	2.45	2.45	1.20	2.93	7.07	9.13	7.11	2.06	2.20	3.92

‡ Gall type (*N. quercusbaccarum*, *C. quercusfolii*, *C. divisa*, and *N. numismalis*)

\*\* Significant differences among treatments ( $\alpha$ , 0.01)

† Sampling time (July, August, September, and October)

همچنین روند مشابه در مورد غلظت کلروفیل b مشاهده شد. با این تفاوت که محتوی کلروفیل b نسبت به کلروفیل a در هر سه نوع بافت مورد نظر کم تر بود و میزان آن در بافت برگ سالم خیلی کم تر از بافت برگ حاوی گال بود (جدول ۳). غلظت کارتنوئیدها در چهار نوع گال مورد بررسی، در طول فصل رشد افزایش داشت. به گونه‌ای که در تیر ماه کم ترین و در مهرماه بیش ترین مقدار را داشت (جدول ۲). غلظت کارتنوئیدها در شروع گال‌زایی در هر سه بافت مورد بررسی، در بالاترین حد خود بود و در طول فصل با روندی متفاوت در این بافت‌ها کاهش یافت (جدول ۳).

اندازه‌گیری غلظت متابولیت‌های ثانویه در طول فصل رشد در چهار نوع گال برگی بلوط نشان داد که غلظت ترکیبات فنلی کل در این گال‌ها در حال افزایش بود. محتوی ترکیبات تاننی کل و متراکم، روند معکوسی داشتند. به طوری که غلظت ترکیبات تاننی کل در طول فصل رشد روند کاهشی و ترکیبات تاننی متراکم روند افزایشی داشتند. بیش ترین غلظت فنل کل در گال *C. divisa* مشاهده شد. در حالی که غلظت تانن متراکم در *N. numismalis* در طول فصل رشد بیش تر از سایر گال‌ها بود (جدول ۲). متابولیت‌های ثانویه فنلی و تاننی که به عنوان سدهای دفاعی لارو در حال رشد و نمو را از حمله دشمنان طبیعی محافظت می‌کنند، در طول فصل در بافت گال دارای بیش ترین میزان بوده‌اند. داده‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که محتوی ترکیبات فنلی در طول فصل رشد همواره در بافت گال بیش تر از بافت برگ حاوی گال و برگ سالم بود. محتوی ترکیبات فنلی در تیر، مرداد و شهریور در بافت گال روند افزایشی داشت و در شهریور به اوج خود رسید و در ادامه روند کاهشی غلظت این ترکیبات در مهر دیده شد (همزمان با دوران پیری گال). در بافت برگ سالم و حاوی گال نیز روندی مشابه بافت گال وجود داشت، ولی میزان غلظت این ترکیبات در بافت گال بیش تر از سایر بافت‌ها بود (جدول ۳).

جدول ۲ - مقایسه میانگین‌های (± SE) of metabolite concentration measured in the gall of four different species of gall-making bees on oak during the four months of the year

Wasp species	Sampling time	Soluble sugars (mg/g DW)	Starch (mg/g DW)	Total nitrogen (%DW)	Crude protein (g/kg DW)	Soluble proteins (mg/g FW)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Chlorophyll a/b ratio	Carotenoid (mg/g FW)	Total phenol (g/100g DW)	Total tannin (g/100g DW)	Condense tannin (g/100g DW)
<i>N. numismalis</i>	July	110.9±10.6 <sup>a</sup>	125.1±12.0 <sup>a</sup>	1.20±0.17 <sup>ab</sup>	74.9±10.4 <sup>d</sup>	10.6±0.2 <sup>1</sup>	2.4±0.2 <sup>2</sup>	1.05±0.05 <sup>3</sup>	2.33±0.13 <sup>4</sup>	0.68±0.03 <sup>5</sup>	8.00±0.16 <sup>6</sup>	7.22±0.12 <sup>7</sup>	2.47±0.60 <sup>8</sup>
	August	116.0±10.3 <sup>a</sup>	130.8±11.6 <sup>a</sup>	1.22±0.16 <sup>ab</sup>	76.3±10.1 <sup>de</sup>	11.8±0.2 <sup>2</sup>	2.4±0.1 <sup>2</sup>	0.93±0.05 <sup>3c</sup>	2.56±0.15 <sup>4c</sup>	0.65±0.02 <sup>5</sup>	8.19±0.17 <sup>6</sup>	5.63±0.13 <sup>7</sup>	2.50±0.62 <sup>8</sup>
	September	128.2±14.7 <sup>b</sup>	145.0±16.6 <sup>b</sup>	1.41±0.15 <sup>b</sup>	87.9±9.4 <sup>e</sup>	12.7±0.2 <sup>2</sup>	11.8±0.2 <sup>2</sup>	2.1±0.1 <sup>2</sup>	0.82±0.04 <sup>3</sup>	0.53±0.02 <sup>5</sup>	8.22±0.25 <sup>6</sup>	4.84±0.16 <sup>7</sup>	2.48±0.62 <sup>8</sup>
	October	134.9±14.7 <sup>bc</sup>	150.9±16.6 <sup>bc</sup>	1.14±0.11 <sup>f</sup>	71.3±7.1 <sup>f</sup>	10.9±0.4 <sup>2</sup>	1.2±0.1 <sup>2</sup>	1.2±0.1 <sup>2</sup>	0.75±0.05 <sup>3</sup>	0.43±0.03 <sup>5</sup>	8.71±0.10 <sup>6</sup>	2.51±0.65 <sup>8</sup>	2.51±0.65 <sup>8</sup>
<i>C. divisa</i>	July	115.0±10.7 <sup>b</sup>	130.3±12.1 <sup>b</sup>	1.17±0.16 <sup>c</sup>	73.4±9.9 <sup>f</sup>	11.2±0.3 <sup>2</sup>	2.3±0.2 <sup>2</sup>	0.91±0.07 <sup>3</sup>	2.57±0.17 <sup>4</sup>	0.59±0.03 <sup>5</sup>	13.3±1.83 <sup>6</sup>	10.2±0.88 <sup>7</sup>	1.35±0.17 <sup>8</sup>
	August	137.1±13.6 <sup>c</sup>	155.0±4.0 <sup>c</sup>	1.25±0.15 <sup>c</sup>	77.9±9.4 <sup>f</sup>	12.2±0.4 <sup>2</sup>	2.3±0.2 <sup>2</sup>	0.87±0.06 <sup>3</sup>	2.59±0.17 <sup>4</sup>	0.55±0.03 <sup>5</sup>	14.1±1.84 <sup>6</sup>	9.55±1.11 <sup>7</sup>	1.48±0.24 <sup>8</sup>
	September	140.9±16.1 <sup>c</sup>	157.7±18.1 <sup>c</sup>	1.49±0.13 <sup>d</sup>	92.8±8.3 <sup>g</sup>	13.0±0.3 <sup>2</sup>	2.0±0.2 <sup>2</sup>	0.70±0.03 <sup>3</sup>	2.93±0.16 <sup>4</sup>	0.44±0.03 <sup>5</sup>	15.4±1.96 <sup>6</sup>	7.92±1.03 <sup>7</sup>	1.53±0.25 <sup>8</sup>
	October	149.2±17.0 <sup>c</sup>	168.1±19.2 <sup>c</sup>	1.23±0.11 <sup>e</sup>	76.9±7.0 <sup>g</sup>	11.7±0.4 <sup>2</sup>	1.8±0.2 <sup>2</sup>	0.58±0.03 <sup>3</sup>	3.11±0.16 <sup>4</sup>	0.38±0.02 <sup>5</sup>	19.1±1.25 <sup>6</sup>	9.00±0.74 <sup>7</sup>	1.57±0.26 <sup>8</sup>
<i>C. quercusfolia</i>	July	109.8±10.2 <sup>b</sup>	123.9±11.4 <sup>b</sup>	1.18±0.16 <sup>c</sup>	73.9±10.1 <sup>f</sup>	11.4±0.3 <sup>2</sup>	2.3±0.2 <sup>2</sup>	0.87±0.05 <sup>3</sup>	2.62±0.18 <sup>4</sup>	0.60±0.04 <sup>5</sup>	10.9±0.15 <sup>6</sup>	10.3±0.05 <sup>7</sup>	1.20±0.14 <sup>8</sup>
	August	133.0±3.9 <sup>c</sup>	151.0±4.5 <sup>c</sup>	1.22±0.15 <sup>cd</sup>	76.5±9.3 <sup>g</sup>	12.4±0.4 <sup>2</sup>	2.2±0.2 <sup>2</sup>	0.80±0.04 <sup>3</sup>	2.69±0.17 <sup>4</sup>	0.55±0.03 <sup>5</sup>	11.9±0.13 <sup>6</sup>	6.42±0.25 <sup>7</sup>	1.36±0.19 <sup>8</sup>
	September	131.7±16.2 <sup>c</sup>	148.8±18.2 <sup>c</sup>	1.50±0.13 <sup>d</sup>	93.5±8.4 <sup>g</sup>	13.2±0.4 <sup>2</sup>	2.0±0.1 <sup>2</sup>	0.64±0.04 <sup>3</sup>	3.19±0.15 <sup>4</sup>	0.41±0.03 <sup>5</sup>	11.2±0.47 <sup>6</sup>	4.80±0.13 <sup>7</sup>	1.49±0.24 <sup>8</sup>
	October	136.1±17.1 <sup>c</sup>	152.8±19.2 <sup>c</sup>	1.22±0.10 <sup>de</sup>	76.2±6.3 <sup>g</sup>	11.8±0.5 <sup>2</sup>	1.7±0.1 <sup>2</sup>	0.52±0.02 <sup>3</sup>	3.33±0.13 <sup>4</sup>	0.38±0.02 <sup>5</sup>	11.6±0.14 <sup>6</sup>	4.59±0.17 <sup>7</sup>	1.49±0.26 <sup>8</sup>
<i>N. quercusbaccarum</i>	July	107.9±11.3 <sup>b</sup>	122.2±12.7 <sup>b</sup>	1.13±0.16 <sup>c</sup>	70.7±10.2 <sup>f</sup>	11.1±0.2 <sup>2</sup>	2.4±0.2 <sup>2</sup>	1.09±0.04 <sup>3</sup>	2.22±0.17 <sup>4</sup>	0.66±0.02 <sup>5</sup>	8.12±0.75 <sup>6</sup>	6.85±0.84 <sup>7</sup>	2.06±0.13 <sup>8</sup>
	August	115.2±10.9 <sup>b</sup>	128.9±12.3 <sup>b</sup>	1.18±0.15 <sup>c</sup>	73.9±9.4 <sup>f</sup>	11.8±0.3 <sup>2</sup>	2.3±0.1 <sup>2</sup>	0.96±0.05 <sup>3</sup>	2.45±0.15 <sup>4</sup>	0.66±0.02 <sup>5</sup>	8.23±0.76 <sup>6</sup>	4.18±0.14 <sup>7</sup>	2.03±0.15 <sup>8</sup>
	September	121.9±19.7 <sup>c</sup>	137.0±22.1 <sup>c</sup>	1.41±0.15 <sup>d</sup>	87.9±9.0 <sup>g</sup>	12.2±0.3 <sup>2</sup>	2.1±0.1 <sup>2</sup>	0.75±0.06 <sup>3</sup>	3.10±0.14 <sup>4</sup>	0.53±0.03 <sup>5</sup>	7.40±0.53 <sup>6</sup>	3.80±0.22 <sup>7</sup>	2.08±0.17 <sup>8</sup>
	October	144.0±13.5 <sup>d</sup>	160.7±14.7 <sup>d</sup>	1.18±0.12 <sup>e</sup>	73.7±7.4 <sup>f</sup>	11.0±0.3 <sup>2</sup>	1.9±0.1 <sup>2</sup>	0.80±0.04 <sup>3</sup>	2.58±0.11 <sup>4</sup>	0.42±0.02 <sup>5</sup>	8.80±0.88 <sup>6</sup>	4.31±0.15 <sup>7</sup>	2.07±0.18 <sup>8</sup>

Means within a column followed by the same letter are not significantly different (LSD test, P &lt; 0.05)

جدول ۳ - مقایسه میانگین‌های (± SE) of metabolite content in three types of oak plant tissue during different months of the year

Plant tissue	Sampling time	Soluble sugars (mg/g DW)	Starch (mg/g DW)	Total nitrogen (%DW)	Crude protein (g/kg DW)	Soluble proteins (mg/g FW)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Chlorophyll a/b ratio	Carotenoid (mg/g FW)	Total phenol (g/100g DW)	Total tannin (g/100g DW)	Condense tannin (g/100g DW)
Gall tissue	July	62.01±0.86 <sup>a</sup>	69.73±0.97 <sup>a</sup>	0.44±0.01 <sup>a</sup>	27.41±0.44 <sup>a</sup>	11.81±0.22 <sup>a</sup>	1.58±0.03 <sup>b</sup>	0.77±0.03 <sup>d</sup>	2.09±0.04 <sup>e</sup>	0.54±0.02 <sup>a</sup>	11.21±1.70 <sup>f</sup>	8.56±1.09 <sup>b</sup>	2.98±0.35 <sup>c</sup>
	August	93.52±6.87 <sup>b</sup>	106.22±8.04 <sup>b</sup>	0.53±0.01 <sup>b</sup>	32.82±0.61 <sup>b</sup>	13.21±0.22 <sup>b</sup>	1.54±0.04 <sup>b</sup>	0.71±0.03 <sup>d</sup>	2.20±0.03 <sup>e</sup>	0.53±0.02 <sup>a</sup>	11.82±1.78 <sup>d</sup>	7.76±1.09 <sup>c</sup>	3.20±0.33 <sup>b</sup>
	September	10.07±6.56 <sup>c</sup>	123.31±6.94 <sup>b</sup>	0.80±0.02 <sup>b</sup>	50.04±1.31 <sup>b</sup>	13.82±0.21 <sup>a</sup>	1.39±0.02 <sup>1</sup>	0.67±0.03 <sup>f</sup>	2.12±0.07 <sup>e</sup>	0.43±0.02 <sup>b</sup>	13.12±1.86 <sup>a</sup>	6.58±0.94 <sup>a</sup>	3.34±0.30 <sup>a</sup>
	October	130.12±7.06 <sup>c</sup>	146.33±8.25 <sup>c</sup>	0.68±0.02 <sup>b</sup>	42.43±0.97 <sup>b</sup>	12.43±0.25 <sup>c</sup>	1.23±0.03 <sup>2</sup>	0.51±0.02 <sup>2</sup>	2.43±0.07 <sup>f</sup>	0.36±0.01 <sup>1</sup>	12.60±1.97 <sup>b</sup>	6.91±0.85 <sup>d</sup>	3.38±0.31 <sup>a</sup>
Galled leaf	July	127.01±1.24 <sup>d</sup>	143.25±1.40 <sup>d</sup>	1.37±0.02 <sup>c</sup>	85.74±1.29 <sup>c</sup>	10.12±0.04 <sup>1</sup>	2.78±0.04 <sup>1</sup>	1.12±0.04 <sup>1</sup>	2.53±0.09 <sup>af</sup>	0.74±0.01 <sup>a</sup>	9.80±0.26 <sup>bc</sup>	8.73±0.27 <sup>a</sup>	1.04±0.10 <sup>b</sup>
	August	133.15±0.79 <sup>d</sup>	150.04±0.90 <sup>d</sup>	1.42±0.02 <sup>c</sup>	88.51±1.07 <sup>c</sup>	10.61±0.05 <sup>2</sup>	2.73±0.04 <sup>2</sup>	1.08±0.04 <sup>2</sup>	2.55±0.08 <sup>af</sup>	0.71±0.01 <sup>b</sup>	10.22±0.27 <sup>b</sup>	6.20±0.26 <sup>f</sup>	0.90±0.10 <sup>1</sup>
	September	78.84±3.50 <sup>e</sup>	88.73±3.94 <sup>e</sup>	1.68±0.01 <sup>c</sup>	105.44±0.62 <sup>c</sup>	11.43±0.11 <sup>f</sup>	2.50±0.02 <sup>2</sup>	0.89±0.03 <sup>2</sup>	2.83±0.06 <sup>cd</sup>	0.60±0.01 <sup>c</sup>	9.95±0.29 <sup>a</sup>	5.05±0.23 <sup>1</sup>	0.84±0.10 <sup>1</sup>
	October	87.82±5.36 <sup>e</sup>	98.84±6.04 <sup>e</sup>	1.37±0.01 <sup>c</sup>	85.83±0.65 <sup>c</sup>	9.60±0.06 <sup>1</sup>	2.08±0.04 <sup>3</sup>	0.078±0.04 <sup>d</sup>	2.74±0.10 <sup>1</sup>	0.49±0.02 <sup>c</sup>	12.01±0.65 <sup>c</sup>	6.27±0.47 <sup>f</sup>	0.72±0.10 <sup>1</sup>
Health leaf	July	144.16±0.52 <sup>e</sup>	162.33±0.59 <sup>e</sup>	1.71±0.01 <sup>ab</sup>	107.25±0.70 <sup>d</sup>	11.24±0.04 <sup>4</sup>	2.75±0.01 <sup>4</sup>	1.05±0.04 <sup>4</sup>	2.69±0.14 <sup>d</sup>	0.61±0.02 <sup>c</sup>	9.20±0.22 <sup>b</sup>	8.62±0.28 <sup>b</sup>	1.29±0.08 <sup>5</sup>
	August	150.22±0.65 <sup>e</sup>	169.04±0.73 <sup>e</sup>	1.71±0.01 <sup>ab</sup>	107.41±0.58 <sup>d</sup>	12.33±0.04 <sup>4</sup>	2.61±0.01 <sup>4</sup>	0.89±0.01 <sup>4</sup>	2.96±0.05 <sup>c</sup>	0.57±0.02 <sup>d</sup>	9.71±0.30 <sup>a</sup>	5.38±0.20 <sup>b</sup>	1.43±0.07 <sup>5</sup>
	September	204.14±2.11 <sup>f</sup>	230.45±1.82 <sup>f</sup>	1.87±0.01 <sup>a</sup>	117.43±0.71 <sup>e</sup>	13.11±0.06 <sup>4</sup>	2.34±0.02 <sup>4</sup>	0.61±0.03 <sup>4</sup>	3.92±0.16 <sup>c</sup>	0.40±0.02 <sup>d</sup>	8.67±0.35 <sup>a</sup>	4.39±0.05 <sup>1</sup>	1.52±0.05 <sup>5</sup>
	October	205.44±0.98 <sup>f</sup>	229.44±1.23 <sup>f</sup>	1.52±0.01 <sup>d</sup>	95.23±0.89 <sup>d</sup>	12.14±0.08 <sup>d</sup>	2.28±0.04 <sup>4</sup>	0.66±0.03 <sup>4</sup>	3.57±0.17 <sup>c</sup>	0.36±0.01 <sup>1</sup>	11.5±0.73 <sup>a</sup>	5.89±0.42 <sup>5</sup>	1.63±0.07 <sup>5</sup>

Means within a column followed by the same letter are not significantly different (LSD test, P &lt; 0.05)

## بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی ارتباط شیمیایی بین بافت حاوی گال و سالم در درختان بلوط و تأثیر حشره گال‌زا بر میزان ترکیبات شیمیایی موجود در این بافت‌ها بود. با بررسی بافت برگ سالم و حاوی چهار نوع گال درختان بلوط مشخص شد که بین این بافت‌ها از نظر محتوی نیتروژن، کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول و ترکیبات فنلی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین میزان غلظت این متابولیت‌ها در انواع گال‌های مورد بررسی متفاوت بود. در برخی موارد محتوی نیتروژن در بافت گال و در موارد دیگر در برگ سالم بیش تر بود. طبق یافته‌های پیرس (Pierce, 2019) و هرن و همکاران (Hearn *et al.*, 2019)، گال زنبورهای Cynipidae حاوی کربوهیدرات‌های بیش‌تری نسبت به برگ‌های بدون گال هستند که با نتایج حاصل از یافته‌های پژوهش حاضر در مورد محتوی کربوهیدرات‌ها مغایرت دارد. این تفاوت می‌تواند با گونه‌های بلوط مرتبط باشد. غلظت قندهای محلول و نامحلول (نشاسته) به تدریج در طول فصل رشد در بافت گال نسبت به برگ سالم و برگ حاوی گال افزایش یافتند. به نظر می‌رسد که این روند مطابق با نیاز غذایی لارو در حال رشد درون گال است (Huang *et al.*, 2015; Martini *et al.*, 2020). بنابراین، احتمال می‌رود که حشره گال‌زا، جریان مواد غذایی در بافت گال را نسبت به برگ سالم تغییر داده و از آن به سود خود استفاده می‌کند (Chen *et al.*, 2020). پروتئین‌های محلول که نمایانگر سرعت فتوسنتز بافت‌های سبز گیاه به‌ویژه برگ‌ها هستند، با توجه به داده‌های موجود در جدول ۳ در بافت گال بیش‌تر از سایر بافت‌ها بودند و در ابتدای فصل گال‌زایی میزان آن روند افزایشی داشت که این روند تا زمان بلوغ گال ادامه یافت و سپس در زمان پیری گال شروع به کاهش نمود. محتوی پروتئین‌های محلول در هر چهار ماه آزمایش (تیر، مرداد، شهریور و مهر) در بافت گال بیش‌تر از برگ سالم و در بافت برگ سالم بیش‌تر از بافت برگ حاوی گال بود. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های فتوسنتزی در بافت گال بیش‌تر بوده و در واقع زنبور گال‌زا برای تأمین نیازهای غذایی خود، گیاه را وادار به افزایش فعالیت بیش‌تر و تولید مواد فتوسنتزی می‌نماید (Murakami *et al.*, 2021). در بافت گال محتوی پایینی از نیتروژن نسبت به بافت برگ سالم وجود داشت. اگرچه نیتروژن به‌عنوان یک ماده حیاتی غذایی برای رشد حشره محسوب می‌شود، ولی زنبور گال‌زا ترجیح می‌دهد که محتوی این ماده را در بافت گال خود در سطح پایینی نگه دارد. طبق فرضیه غذایی، گال تنها منبع غذایی برای حشره گال‌زا بوده و بافت گال حاوی مواد غذایی بیش‌تری نسبت به سایر بافت‌ها است (Takeda *et al.*, 2021). در برخی از ترکیبات اندازه‌گیری‌شده مثل نیتروژن، پیچیدگی‌هایی وجود دارد که اندازه‌گیری‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. مقداری از این ترکیبات در بافت گال توسط لارو در حال رشد و نمو مصرف شده و از بافت خارج می‌شود. بنابراین، در اندازه‌گیری‌ها لحاظ نمی‌شود. با توجه به داده‌های حاصل از این بررسی، میزان ترکیبات شیمیایی در بافت‌های مختلف با توجه به مرفولوژی گال‌ها هم می‌تواند متفاوت و ویژه باشد. میزان مواد غذایی برگ می‌تواند بالاتر یا پایین‌تر از بافت گال باشد و این میزان مواد غذایی ارتباط بسیار نزدیکی با گونه حشره گال‌زا داشته و اینکه حشره گال‌زا چه بافتی از گیاه را به عنوان مکان گال‌زایی انتخاب کرده است. نحوه زندگی حشره گال‌زا سودمندی‌هایی را برایش به دنبال دارد که باعث می‌شود بافت میزبان را کنترل کند و براساس نیازهایش میزان مواد غذایی و نیز متابولیت‌های ثانویه را کاهش یا افزایش دهد (Gätjens-Boniche, 2019; Takeda *et al.*, 2021). تفاوت‌های مشاهده‌شده در سطح بیوشیمیایی بین بافت گال و بافت بدون گال حاکی از تفاوت‌های غذایی بین این بافت‌ها است (Allison & Schultz, 2005; Qi *et al.*, 2020). در این بررسی، محتوی نیتروژن اندازه‌گیری‌شده در بافت گال (جدول ۳) پایین‌تر از برگ سالم بود. نیتروژن ماده غذایی حیاتی است که در ابتدای تابستان که برگ‌ها به اندازه نهایی خود رسیده‌اند، دارای بیش‌ترین میزان بود، ولی با گذشت زمان از میزان آن در برگ‌ها کاسته شد. کاهش محتوی نیتروژن در بافت گال ممکن است به دلیل افزایش پروتئین‌سازی القاء شده توسط حشره گال‌زا باشد (Castro *et al.*, 2012). در زمان بلوغ گال، ترکیبات فنلی که به عنوان محافظت‌کننده گال عمل می‌کنند، به بیش‌ترین میزان خود رسیده و محتوی نیتروژن کاهش می‌یابد. بررسی‌های صورت گرفته ثابت کرده است که بافت گال حاوی ترکیبات فنلی کم‌تری نسبت به برگ سالم است (Kanjana *et al.*, 2024; Pandey & Kate, ).



2024). شرایط آب و هوایی و مراحل مختلف سنی گال می‌تواند عامل وجود چنین تفاوت‌هایی بین نتایج پژوهش حاضر و سایرین باشد. نسبت کلروفیل a/b نشان داد که این میزان در هر سه بافت مورد بررسی در طول فصل تفاوت معنی‌داری داشت؛ به طوری که بافت سالم حاوی بیش‌ترین و بافت گال حاوی کم‌ترین نسبت کلروفیل a/b بود. غلظت کلروفیل برگ نشان‌دهنده توان فتوسنتزی بافت گیاه است (Li et al., 2018). با توجه به نتایج موجود در جدول ۳، غلظت کلروفیل a و b در بافت برگ سالم و حاوی گال در طول فصل، روند کاهشی داشت، ولی همان‌طور که دیده می‌شود در بافت برگ حاوی گال غلظت کلروفیل a و b بیش‌تر از برگ سالم بود. غلظت کلروفیل a و b نشان‌دهنده سرعت فتوسنتز در گیاه میزبان است. ایجاد گال در بافت برگ سبب افزایش فتوسنتز شده و این نشان می‌دهد که حشره گال‌زا بافت برگ را وادار به فتوسنتز بیش‌تری می‌کند تا از این راه مواد غذایی مورد نیاز خود را تأمین کند (Murakami et al., 2021). این یافته با بالاتر بودن غلظت پروتئین‌های محلول بافت گال نیز هماهنگ است. گال‌ها از طریق مصرف شدید مواد فتوسنتزی، ضعیف شدن و خشک شدن و شکستن ساقه‌های جوان و نیز کاهش طول عمر درخت باعث ایجاد خسارت می‌شوند. گال‌ها علاوه بر خسارت مستقیم، با بافت‌های سالم گیاه برای جذب مواد غذایی به رقابت می‌پردازند (Chen et al., 2020; Qi et al., 2020). محتوی ترکیبات فنلی و تانن کل در گال‌های *C. quercusfolii* و *C. divisa* در طول فصل رشد بیش‌تر از *N. numismalis* و *N. quercus-baccarum* بود. در ابتدای فصل رشد گال‌زایی، چون لارو حشره گال‌زا باید از حمله دشمنان طبیعی محفوظ بماند، میزان متابولیت‌های ثانویه بیش‌تری را در بافت خود ذخیره کرده و این میزان تا زمان بلوغ گال در سطح بالایی باقی می‌ماند (Gätjens-Boniche, 2019). میزان غلظت تانن متراکم در بافت گال‌های پولک‌مانند حاصل از زنبورهای *N. numismalis* و *N. quercus-baccarum* بیش‌تر از گال‌های حجیم حاصل از زنبورهای *C. divisa* و *C. quercusfolii* روی برگ بود و این روند در طول فصل هم ادامه داشت. بررسی‌های قبلی نشان داده‌اند که محتوی ترکیبات فنلی کل در برگ سالم بلوط در طول فصل افزایش یافته و تانن کل نیز در ابتدای فصل دارای میزان بالایی بود و به تدریج کاهش یافت و سپس در اواخر فصل دوباره به میزان بالایی رسید (Leach, 1986; Motta et al., 2020). یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر نیز دارای روندی مشابه بود. ترکیبات تاننی در ابتدای فصل در بافت گال در بیش‌ترین میزان قرار داشت و در مرداد و شهریور روند کاهشی به خود گرفت، به طوری که در شهریور به کم‌ترین میزان خود رسید و در انتهای فصل میزان آن‌ها دوباره اندکی افزایش یافت. این روند در بافت برگ سالم و حاوی گال هم مشاهده شد. تانن متراکم هم در بافت گال در ابتدای فصل کم بود و روند افزایشی آن در طول فصل مشاهده شد، ولی در انتهای فصل که هم‌زمان با بلوغ و پیری گال است، این روند ثابت شد. محتوی تانن متراکم در بافت برگ سالم هم روندی افزایشی و مشابه بافت گال داشت، ولی در بافت حاوی گال روند عکس مشاهده شد. در واقع در شروع گال‌زایی، بیش‌ترین محتوی تانن متراکم در بافت برگ حاوی گال مشاهده شد و در طول فصل میزان آن کاهش یافت و در مهر به کم‌ترین مقدار خود رسید. روند کاهشی ترکیبات تاننی در طول فصل در بافت برگ حاوی گال، فرضیه غذایی این بافت را برای حشره گال‌زا ثابت می‌کند. طبق این فرضیه چون بافت گال تنها منبع غذایی لارو در حال رشد و نمو است، باید از لحاظ کیفیت غذایی در حد بالایی باشد. بنابراین، حشره با مصرف این مواد مانع از افزایش میزان این ترکیبات در بافت گال می‌شود (Takeda et al., 2021). از طرفی تانن متراکم که در بافت گال به عنوان یک سد دفاعی از حشره محافظت می‌کند (Lombardero et al., 2022)، غلظت آن در بافت گال در طول فصل روندی افزایشی داشت. به نظر می‌رسد که حشره گال‌زا طی فرایند تکامل قدرت سمیت‌زدایی و تحمل این ترکیبات ضد تغذیه‌ای را به‌دست آورده باشد و از آن‌ها به نفع خود سود می‌برد. بالا رفتن محتوی ترکیبات ثانویه در بافت گال باعث ایجاد بلوغ و سختی در بافت گال می‌شود. این سخت شدن بافت در اثر تجمع ترکیبات ثانویه مانع از تخم‌ریزی پارازیتوئیدها شده و به عنوان یک سد دفاعی لارو را از خطرات مصون می‌دارد (Allison & Schultz, 2005; Tlak Gajger & Dar, 2021; Divekar et al., 2022). نتایج حاصل از این پژوهش با نظریات فوق تا حدود زیادی همپوشانی داشت و سیر صعودی غلظت ترکیبات فنلی در تابستان همراه با کاهش محتوی نیتروژن مشاهده شد. در مراحل

ابتدایی رشد، گال‌ها کوچک و نرم بوده و بافت‌های آن‌ها حاوی میزان کمی ترکیبات دفاعی ثانویه است، به همین خاطر در طول این دوران، خطرات بیش‌تری حشره گال‌زا را تهدید می‌کند (Ushima *et al.*, 2024). در یک تحقیق با بررسی محتوی تانن (ترکیب فنلی) موجود در بافت برگ بدون گال و حاوی گال مشخص شد که میزان تانن در بافت‌های برگ‌های حاوی گال پایین‌تر از بافت‌های برگ‌های سالم بود (Ikai & Hijii, 2007). نتایج بررسی‌ها نشان داد که غلظت ترکیبات فنلی غیرتاننی و نیتروژن کل هر دو روی زنده‌مانی زنبورهای گال‌زا بلوط اثر منفی داشته و غلظت آن‌ها در بافت گال، پایین‌تر از سایر بافت‌ها است (Nyman & Julkunen-Tiitto, 2000; Pandey & Kate, 2024). یافته‌های پژوهش حاضر از لحاظ محتوی نیتروژن کل منطبق بر این پژوهش‌ها بود، ولی از نظر میزان ترکیبات فنلی مغایرت داشت. این تضاد ممکن است به دلیل تفاوت در زمان نمونه‌برداری، گونه‌های متفاوت زنبورهای گال‌زا، شرایط آب و هوایی و شرایط مختلف جغرافیایی باشد. در چنین شرایطی حتی برداشتن نمونه از جهتی از گیاه که در سایه یا آفتاب قرار داشته باشد نیز ممکن است در میزان ترکیبات محاسبه‌شده مؤثر باشد. براساس نتایج یک تحقیق غلظت تانن در گال‌ها از بافت منشاء به طور معنی‌داری بیش‌تر بود. پژوهشگران در این تحقیق نتیجه‌گیری نمودند که گال منبعی برای ذخیره متابولیت‌های ثانویه بود. این شرایط به نفع حشره گال‌زا است (Takeda *et al.*, 2021). نرخ بالای پارازیتسم به طور معمول در اوایل رشد و نمو گال اتفاق می‌افتد که گال به اندازه کافی رشد نکرده و نمی‌تواند نقش محافظتی خود را انجام دهد. در این مرحله، پارازیتوئیدهای اختصاصی ویژه که چرخه زندگی آن‌ها به زنبورهای گال‌زا وابسته است، بیش‌ترین میزان فعالیت را داشته و پارازیتسم آن‌ها به اوج خود می‌رسد (Harris & Pitzschke, 2021). تمام تغییراتی که در انواع گال‌های مختلف صورت می‌گیرد (مانند تغییرات مرفولوژیکی و شیمیایی)، در افزایش زمان جستجو و کاهش نرخ حمله پارازیتوئیدها مؤثر بود و از این نظر در گال‌های مختلف تنوع زیادی مشاهده می‌شود (Gätjens-Boniche, 2019; Harris & Pitzschke, 2020). محتوی بالای متابولیت‌های ثانویه در بافت گال زنبورهای گال‌زا بلوط، این حشرات را از خطر پارازیتوئیدها و نفوذ قارچ‌های بیماری‌زا محفوظ می‌دارد (Elhamouly *et al.*, 2022).

## سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه رازی به دلیل حمایت مالی و تجهیزاتی برای انجام این تحقیق صمیمانه تشکر می‌شود.

## References

- Abrahamson, W. G., Hunter, M. D., Melika, G., & Price, P. W. (2003). Cynipid gall-wasp communities correlate with oak chemistry. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 209-223. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1021993017237>
- Allison, S. D., & Schultz, J. C. (2005). Biochemical responses of chestnut oak to a galling cynipid. *Journal of Chemical Ecology*, 31, 151-166. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-005-0981-5>
- AOAC. (1995). Official methods of analysis 16<sup>th</sup> Ed. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA.
- Bellows, E., Heatley, M., Shah, N., Archer, N., Giles, T., & Fray, R. (2024). Comparative transcriptome reprogramming in oak galls containing asexual or sexual generations of gall wasps. *Plant Biology*, 26(5), 798-810. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.13670>
- Ben-Shlomo, R., Talal, S., & Inbar, M. (2022). The dynamics and the timeline of speciation in the gall-forming aphid *Geoica spp.* within and among pistacia host tree species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 174, 107549. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2022.107549>
- Castro, A., Oliveira, D., Moreira, A., Lemos-Filho, J., & Isaias, R. (2012). Source-sink relationship and photosynthesis in the horn-shaped gall and its host plant *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae). *South African Journal of Botany*, 83, 121-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2012.08.007>
- Chen, J. (2024). It's gall relative: metabolic profiling of two morphologically distinct oak leaf galls induced by cynipid wasps. *Plant Physiology*, 195(1), 248-250. DOI: <https://doi.org/10.1093/plphys/kiae032>

- Chen, X., Yang, Z., Chen, H., Qi, Q., Liu, J., Wang, C., Shao, S., Lu, Q., Li, Y., Wu, H., King-Jones, K., & Chen, S. (2020). A complex nutrient exchange between a gall-forming aphid and its plant host. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 811. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00811>
- Chen, X., Yang, Z., Chen, H., Qi, Q., Liu, J., Wang, C., Shao, S., Lu, Q., Li, Y., Wu, H., & Chen, M. S. (2020). A complex nutrient exchange between a gall-forming aphid and its plant host. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 811. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00811>
- Costa-Rezende, U., Fernandes-Cardoso, J. C., Hanson, P., & Oliveira, D. C. (2021). Gall traits and galling insect survival in a multi-enemy context. *Revista de Biología Tropical*, *69*(1), 291-301. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42826>
- Divekar, P. A., Narayana, S., Divekar, B. A., Kumar, R., Gadratagi, B. G., Ray, A., Singh, A. K., Rani, V., Singh, V., Singh, A. K., & Behera, T. K. (2022). Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(5), 2690. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23052690>
- Elhamouly, N. A., Hewedy, O. A., Zaitoon, A., Miraples, A., Elshorbagy, O. T., Hussien, S., El-Tahan, A., & Peng, D. (2022). The hidden power of secondary metabolites in plant-fungi interactions and sustainable phytoremediation. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1044896. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1044896>
- Gätjens-Boniche, O. (2019). The mechanism of plant gall induction by insects: revealing clues, facts, and consequences in a cross-kingdom complex interaction. *Revista de Biología Tropical*, *67*(6), 1359-1382. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i6.33984>
- Harris, M. O., & Pitzschke, A. (2020). Plants make galls to accommodate foreigners: some are friends, most are foes. *New Phytologist*, *225*(5), 1852-1872. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16340>
- Hearn, J., Blaxter, M., Schönrogge, K., Nieves-Aldrey, J. L., Pujade-Villar, J., Huguet, E., Drezen, J. M., Shorthouse, J. D., & Stone, G. N. (2019). Genomic dissection of an extended phenotype: Oak galling by a cynipid gall wasp. *PLoS Genetics*, *15*(11), e1008398. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008398>
- Hoffmann, F., Allers, K., Rombey, T., Helbach, J., Hoffmann, A., Mathes, T., & Pieper, D. (2021). Nearly 80 systematic reviews were published each day: observational study on trends in epidemiology and reporting over the years 2000-2019. *Journal of Clinical Epidemiology*, *138*, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.05.022>
- Huang, M. Y., Huang, W. D., Chou, H. M., Chen, C. C., Chen, P. J., Chang, Y. T., & Yang, C. M. (2015). Structural, biochemical, and physiological characterization of photosynthesis in leaf-derived cup-shaped galls on *Litsea acuminata*. *BMC Plant Biology*, *15*, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0446-0>
- Ikai, N., & Hijii, N. (2007). Manipulation of tannins in oaks by galling cynipids. *Journal of Forest Research*, *12*, 316-319. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10310-007-0016-x>
- Kanjana, N., Li, Y., Shen, Z., Mao, J., & Zhang, L. (2024). Effect of phenolics on soil microbe distribution, plant growth, and gall formation. *Science of the Total Environment*, *924*, 171329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171329>
- Leach, C. K. (1986). The phenolic contents of some British cynipid galls. *Cecidology*, *1*, 10-2. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0273-7>
- Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang, Q., Zhang, X., & Wu, X. (2018). Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *6*, 324791. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00064>
- Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. In: Portland Press Ltd.
- Lombardero, M. J., & Ayres, M. P. (2022). Defensive patterns of chestnut genotypes (*Castanea* spp.) against the gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*. *Frontiers in Forests and Global Change*, *5*, 1046606. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1046606>
- Makkar, H. P. (2003). Quantification of tannins in tree and shrub foliage: A laboratory manual. Springer Science & Business Media. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0273-7>
- Markel, K., Novak, V., Bowen, B. P., Tian, Y., Chen, Y. C., Sirirungruang, S., Zhou, A., Louie, K. B., Northen, T. R., Eudes, A., & Shih, P. M. (2024). Cynipid wasps systematically reprogram host

- metabolism and restructure cell walls in developing galls. *Plant Physiology*, 195(1), 698-712. DOI: <https://doi.org/10.1093/plphys/kiae001>
- Martini, V., Moreira, A. S. F. P., Kuster, V. C., & Oliveira, D. C. (2020). Photochemical performance and source-sink relationships in galls induced by *Pseudophacopteron longicaudatum* (Hemiptera) on leaves of *Aspidosperma tomentosum* (Apocynaceae). *Photosynthetica*, 58(3), 827-835. DOI: <https://doi.org/10.32615/ps.2020.033>
- Meyer-Rochow, V. B. (2022). Can molecularly engineered plant galls help to ease the problem of world food shortage (and our dependence on pollinating insects)?. *Foods*, 11(24), 4014. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11244014>
- Miller III, D. G., & Raman, A. (2019). Host-plant relations of gall-inducing insects. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(1), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/say034>
- Motta, S., Guaita, M., Cassino, C., & Bosso, A. (2020). Relationship between polyphenolic content, antioxidant properties and oxygen consumption rate of different tannins in a model wine solution. *Food Chemistry*, 313, 126045. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126045>
- Murakami, R., Ushima, R., Sugimoto, R., Tamaoki, D., Karahara, I., Hanba, Y., Wakasugi, T., & Tsuchida, T. (2021). A new galling insect model enhances photosynthetic activity in an obligate holoparasitic plant. *Scientific Reports*, 11(1), 13013. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92417-3>
- Nyman, T., & Julkunen-Tiitto, R. (2000). Manipulation of the phenolic chemistry of willows by gall-inducing sawflies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(24), 13184-13187. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.230294097>
- Pandey, K., & Kate, A. S. (2024). Comparative analysis of foliar galls and ungalled leaves of *Alstonia scholaris* with a focus on tissue ultrastructure and phytochemistry. *Biochemical Systematics and Ecology*, 115, 104851. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2024.104851>
- Perea, R., Dirzo, R., Bieler, S., & Wilson Fernandes, G. (2021). Incidence of galls on sympatric California oaks: ecological and physiological perspectives. *Diversity*, 13(1), 20. DOI: <https://doi.org/10.3390/d13010020>
- Pierce, M. P. (2019). The ecological and evolutionary importance of nectar-secreting galls. *Ecosphere*, 10(4), e02670. DOI: <https://doi.org/10.3390/d13010020>
- Pilichowski, S., & Giertych, M. J. (2020). Two galling insects (*Hartigiola annulipes* and *Mikiola fagi*), one host plant (*Fagus sylvatica*)—differences between leaf and gall chemical composition. *Baltic Forestry*, 26(2), 474. DOI: <https://doi.org/10.46490/BF474>
- Qi, Y., Duan, C., Ren, L., & Wu, H. (2020). Growth dynamics of galls and chemical defense response of *Pinus thunbergii* Parl. to the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida & Inouye (Diptera: Cecidomyiidae). *Scientific Reports*, 10(1), 12289. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69231-4>
- Sadeghi, S. E., Assareh, H. H., & Tavakoli, M. (2009). Oak gall wasps of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands Press. 286 pp. (In Farsi) DOI: <https://doi.org/10.22092/irn.2024.364786.1567>
- Schönrogge, K., Harper, L. J., & Lichtenstein, C. P. (2000). The protein content of tissues in cynipid galls (Hymenoptera: Cynipidae): similarities between cynipid galls and seeds. *Plant, Cell & Environment*, 23(2), 215-222. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00543.x>
- Sottile, S., Cerasa, G., Massa, B., & Lo Verde, G. (2022). *Andricus cydoniae* giraud, 1859 junior synonym of *Cynips conifica* hartig, 1843, as experimentally demonstrated (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Insects*, 13(2), 200. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13020200>
- Stone, G. N., & Schönrogge, K. (2003). The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(10), 512-522. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00247-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00247-7)
- Takeda, S., Hirano, T., Ohshima, I., & Sato, M. H. (2021). Recent progress regarding the molecular aspects of insect gall formation. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(17), 9424. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22179424>
- Tlak Gajger, I., & Dar, S. A. (2021). Plant allelochemicals as sources of insecticides. *Insects*, 12(3), 189. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12030189>
- Traoré, M., Kaal, J., & Cortizas, A. M. (2023). Variation of wood color and chemical composition in the stem cross-section of oak (*Quercus spp.*) trees, with special attention to the sapwood-heartwood



- transition zone. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 285, 121893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2022.121893>
- Ushima, R., Sugimoto, R., Sano, Y., Ogi, H., Ino, R., Hayakawa, H., Shimada, K. & Tsuchida, T. (2024). New gall-forming insect model, *Smicronyx madaranus*: critical stages for gall formation, phylogeny, and effectiveness of gene functional analysis. *Insects*, 15(1), 63. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15010063>
- Xiang, Y., Guo, W., Shen, S., Gao, X., & Li, X. (2020). Galling impacts of the gall wasp *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) on eucalyptus trees vary with plant genotype. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40, 267-275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00076-9>
- Zardooui, M., Zamani, A. A., Talebi, A. A., & Salari, H. (2020). The species diversity of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Kermanshah province. *Taxonomy and Biosystematics*, 12(43), 52-66. (In Farsi) DOI: <https://doi.org/10.22108/tbj.2021.125399.1128>

## Survey on the chemical compounds of the galls formed by oak gall wasps (Hym.: Cynipidae) in Kermanshah province (case study: Javanroud city)

M. Paydar<sup>1</sup>, A. A. Zamani<sup>2</sup> and M. Saeidi<sup>3\*</sup>

1 & 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran,  
3. Department of Plant Production and Genetic Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

✉ [masume.paydar@gmail.com](mailto:masume.paydar@gmail.com)  
✉ [azamani@razi.ac.ir](mailto:azamani@razi.ac.ir)  
✉ [msaeidi@razi.ac.ir](mailto:msaeidi@razi.ac.ir)

 <https://orcid.org/0009-0007-7487-6645>  
 <https://orcid.org/0000-0001-8283-1235>  
 <https://orcid.org/0000-0003-2336-1098>

Received: 3 October 2024 | Accepted: 24 November 2024 |

### Abstract

Oak trees (*Quercus infectoria*) are one of the main components of forest communities in western Iran and play a vital role in preserving water and soil in this region. Oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) cause gall on different parts of oak trees. This research was conducted to investigate the concentration of some plant metabolites in different tissues of oak trees and some leaf galls formed by gall wasps and their changes during the growing season in the Javanroud region. For this purpose, four types of galls (*Neuroterus numismalis* Geoffroy, *Neuroterus quercusbaccarum* L., *Cynips divisa* Harting, and *Cynips quercusfolii* L.), leaves containing gall, and healthy leaves were collected as a sampling unit from oak forests in Javanroud city. This study measured the concentration of some food compounds and secondary metabolites, such as soluble and insoluble sugars, total phenol, total tannin, and condensed tannin. The results of the variance analysis of the data showed that the concentration of different metabolites during the season in four different types of gall and the two investigated tissues were significantly different. The results showed that the peak concentration of carbohydrates and starch in all four types of galls and two types of plant tissue occurs in October, while the highest amount of total nitrogen and crude protein is found in September. Because gall tissue is considered the only food source for the gall-producing wasps, the quality of its food seems very important to them.

**Key words:** Nitrogen, Phenol, Protein, Sugar, Tannin

**Citation:** : Paydar, M., Zamani, A. A. & Saeidi, M. (2024). Survey on the chemical compounds of the galls formed by oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Kermanshah province (case study: Javanroud city). *Plant Pest Research*, 14(3), 45-58.  
**Doi:** <https://doi.org/10.22124/iprj.2024.28603.1598>



\*Corresponding author: [msaeidi@razi.ac.ir](mailto:msaeidi@razi.ac.ir)