

## بررسی اثر میدان الکترومغناطیسی مستقیم بر کربوهیدرات، رنگدانه‌های فتوسنتزی و پاریتین در گل‌سنگ برگی از منطقه جنگلی بابل

طلایه امیرکیان طهران<sup>1\*</sup>

تاریخ پذیرش: 90/9/8

تاریخ دریافت: 90/6/27

### چکیده

در پژوهش حاضر، اثرات ناشی از میدان الکترومغناطیسی (B=1.6, 3.2mT)، ناشی از جریان مستقیم با فرکانس 50 هرتز به مدت شش ساعت بر روی گل‌سنگ *Xanthoria parietina* در طی 3 روز متوالی مورد مطالعه قرار گرفت و برخی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در این تنش بررسی گردید و میزان تغییرات آنها نسبت به شاهد نشان داده شد. میانگین کلروفیل کل در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 1.6mT "0.01±0.00" (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر) در مقایسه با شاهد "0.01±0.00" به طور معنی‌داری کاهش یافت. میانگین کاروتنوئید در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم "0.42±0.068" 1.6mT (بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر) در مقایسه با شاهد "0.61±0.59" به طور معنی‌داری کاهش یافت. میانگین کلروفیل a در هر دو تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 1.6mT "0.00±0.00" (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر) و 3.2mT "0.01±0.00" در مقایسه با شاهد "0.01±0.00" به طور معنی‌داری کاهش یافت. میانگین کربوهیدرات در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 1.6mT "12.30±2.874" (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک) در مقایسه با شاهد "7.72±0.774" و میانگین پاریتین در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 3.2mT "0.46±0.055" (بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه) در مقایسه با شاهد "0.30±0.026" به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج بدست آمده به صورت (میانگین 4 تکرار ± انحراف معیار) است و نشان داد که دوره‌های متفاوت از فرکانس 50 Hz موجب اختلافات معنی‌داری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در این گل‌سنگ شد.

کلمات کلیدی: میدان الکترومغناطیسی مستقیم، قندهای محلول، رنگدانه‌های فتوسنتزی، پاریتین، *Xanthoria parietina* L.

## مقدمه

تقریباً 8% اکوسیستم‌های خاکی را گل‌سنگ‌ها به خود اختصاص می‌دهند که به پراکندگی گونه‌ای و فراوانی کمی مربوط می‌شود (1). شریک‌های زندگی گل‌سنگی با یکدیگر یک تالوس درهم آمیخته را که همزیست‌های جلبکی یا سیانوباکتریایی (فتوبیونت) به طور خارج سلولی در هیف قارچی (مایکوبیونت) مستقر شده است را شکل می‌دهند (2). کربن از قارچ مشتق می‌شود و یا در بعضی موارد تغذیه نیتروژن از جلبک یا سیانوباکتری‌ها می‌باشد (3). علیرغم نوع ریختی، سلول‌های فتوبیونت همیشه توسط هیف احاطه شده‌اند و نزدیک به سطح پایینی پوست قارچی لایه بالا مستقر شده است. بنابراین به همین علت یک سازماندهی داخلی دارند که با جذب نور مانند برگ‌های گیاهان عالی عمل می‌کنند (4). به علت اینکه قارچ می‌تواند صادر کردن کربوهیدرات را از فتوبیونت القا کند و تقسیم سلولی فتوبیونت را متوقف کند (5)، به نظر می‌رسد که فتوبیونت توسط قارچ میزبان تنظیم می‌شود (6). بعضی از گل‌سنگ‌ها دارای فعالیت سلول‌لاری می‌باشند بنابراین می‌توانند کربوهیدرات‌های خارجی را کاهش دهند (7). روش تغذیه ای 13500 قارچ گل‌سنگ شده شناخته شده است (8)، 1/5 قارچ‌ها گل‌سنگ شده می‌باشند و تقریباً 98% از مایکوبیونت‌های گل‌سنگ آسکومیستها می‌باشند (9). سلول‌های آسکومیست و بازیدومیست دارای دیواره سلولی حاوی کیتین، کربوهیدرات‌های نیتروژنه می‌باشند که از پیش سازهای گلوکز و گلوتامین ساخته شده است (10). در گل‌سنگ‌ها، بدست آوردن کربوهیدرات به طور مستقیم مربوط به فتوسنتز فتوبیونت می‌باشد، و مواد معدنی از رسوب خشک یا مرطوب بر روی تالوس تهیه می‌شوند. در گیاهان، قسمت مهم همگون سازی نوری کربوهیدرات سوبسترای اصلی در تنفس می‌باشد و بیشتر از 50 درصد کربوهیدرات فتوسنتزی ممکن است در تنفس گل‌سنگ مصرف شود (10). پاریتین یک رنگدانه آنتراکوئینون به رنگ نارنجی است که به صورت کریستال‌های خارجی

سلولی در لایه بالایی بخش‌های قارچی گل‌سنگ شده که به راسته *Teloschistales* جایی که گل‌سنگ برگ مانند *X. parietina* به آن تعلق دارد مستقر شده است. سنتز قارچی پاریتین توسط UV-B القا (11) و توسط فتوسنتز تحریک می‌شود (12). پاریتین به طور موثری اشعه خورشیدی را در 400-500 nm در دامنه UV-B جذب می‌کند اما از فتوبیونت در مقابل اشعه خورشیدی حفاظت می‌کند از این رو هیچ تأثیر آکولوژیکی از دوزهای مرتبط با UV-B مشاهده نشده است (13). به خوبی مشخص شده است که میدان‌های الکترومغناطیسی تغییرات بیوشیمیایی، فیزیکی و فیزیولوژیکی در ساختارهای سلولی ایجاد می‌کنند (14). میدان الکترومغناطیسی و تشعشعات الکترومغناطیسی بخشی از طیف الکترومغناطیس می‌باشند که اشعه غیر یونیزه کننده نامیده می‌شود به علت اینکه تخریب فیزیکی ایجاد نمی‌کند اما ممکن است در بعضی از موقعیت‌ها موجب بروز بعضی از انواع اثرات بیولوژیکی شود انرژی که در میدان الکترومغناطیسی با فرکانس کم وجود دارد (میدان متغیر 50Hz) برای شکستن باندهای مولکولی و شیمیایی بسیار ضعیف است (14). میدان‌های مغناطیسی گاهی منجر به تغییرات متابولیسمی در قارچ‌ها، مثلاً افزایش تخمیر در آنها می‌گردند (15). همچنین در مورد اثرات میدان الکترومغناطیسی با فرکانس 50Hz و جریان مغناطیسی 0.025، 0.1mT بر روی رشد مسیلیوم تحقیق کردند و متوجه شدند که محتوای آرگوسترول در میکوریزای قارچ افزایش یافته است (16). اثر شدت جریان میدان مغناطیسی مستقیم 200mT و شدت جریان میدان مغناطیسی ضربه ایی یا متناوب 29mT بر گونه‌های متفاوت قارچ طبق آزمایشات انجام شده، تغییرات مورفولوژیکی بر روی کنیدی *Aspergillus puniceus* و *Alternaria alternate* قابل مشاهده است، همچنین رنگدانه‌های کلونی *Aspergillus niger* در محیط کشت تغییر کرده و به صورت سفید باقی می‌ماند (17). همچنین در مطالعاتی در میدان مغناطیسی 0.025، 0.1mT با فرکانس 50Hz موجب افزایش رشد مسیلیوم و میزان ارگوسترول میکوریزای قارچی شده است. همچنین

ناپایداری این اثرات را مشخص کنیم. در تمام مدت آزمایش تهویه و دمای 24 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (شکل 1). شدت میدان مغناطیسی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

$$\mu_0 = \text{ضریب نفوذپذیری در خلا که برابر } 4\pi \times 10^{-7}$$

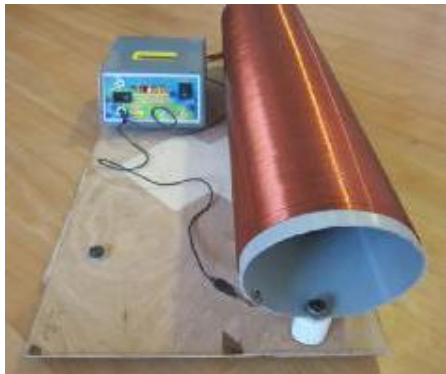
N = تعداد دور سیم پیچ

I = شدت جریانی که از سیم پیچ می‌گذرد 1.4 و 2.8

برحسب آمپر

L = طول سیم پیچ برحسب متر

B = شدت میدان مغناطیسی برحسب تسلا



شکل 1. دستگاه الکترومغناطیس با جریان مستقیم



شکل 2. تصویر گلستنگ *Xanthoria parietina* L.

- توزین 0/1 گرم وزن تر تال گلستنگ
- سائیدن تال در هاون با 10 ml استون 80%
- صاف کردن محلول با کاغذ صافی واتمن 2
- شستشوی هاون، قیف و باقیمانده تال روی کاغذ صافی با 10 ml استون 80%

مشخص شده است که میدان مغناطیسی با جریان مغناطیسی کم (2-20 برابر بیشتر از جریان ژئومغناطیسی) به طور موثری بر شکل‌گیری کنیدیا از پاتوزون قارچی گیاه تأثیر می‌گذارد (17). هدف اصلی این تحقیق، سنجش اثر میدان الکترومغناطیسی مستقیم بر پاسخ فیزیولوژیکی گلستنگ *X. parietina* و تحقیق در مورد بعضی از جنبه‌های فیزیولوژی گلستنگ به صورت جزئی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

گلستنگ *X. parietina* را از منطقه شمالی ایران در نواحی ساحلی دریای خزر با عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 43' N$  و طول جغرافیایی  $52^{\circ} 39' E$  و ارتفاع 21- متر از سطح دریا از درختان چنار به طور تصادفی با 4 تکرار در فصل زمستان 1389 جمع‌آوری شد. شناسایی جنس و گونه توسط موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع انجام شد.

باتوجه به اندازه گلستنگ‌ها از استوانه ایی از جنس PVC به قطر 11cm و به طول 50cm استفاده شد. لازم به ذکر است که هر چه قطر سیم پیچ کمتر و طول آن بیشتر باشد میدان یکنواخت تری بدست می‌آید. به همین منظور برروی این استوانه 1000 دور سیم لاکسی به قطر یک میلی‌متر در یک ردیف به طور منظم پیچیده شده است. برای تأمین برق مستقیم DC با ولتاژ کم (6v-12v) از یک دیمر با توان خروجی 192 وات بهره گرفته شد (18).

گلستنگ‌ها را به طور تصادفی در شدت میدان‌های الکترومغناطیسی 1.6mT و 3.2mT با فرکانس 50 Hz و شدت جریان 2.8A، 1.4 به مدت 6 ساعت در طی سه روز متوالی در بارش میدان مغناطیسی قرار داده شد. از طرفی می‌دانیم که گلستنگ‌ها در میدان مغناطیسی کره زمین که شدت آن برابر 0/5 گاوس است به طور طبیعی رشد می‌کنند. به همین علت توسط این دستگاه میدان مغناطیسی قوی تری از میدان‌های کره زمین تولید نمودیم تا بتوانیم تحمل و تأثیر پذیری بر واکنش‌های فیزیولوژی را پیدا کرده و همچنین رابطه بین میدان مغناطیسی و ارگانسیم زنده را بررسی و چگونگی مفید یا مضر بودن و پایداری و

در این سنجش 0.1g تالی خشک شده در هوا را 6 بار، هر بار برای 20 دقیقه با 5ml استون آبیگری می کنیم. سپس تغییرات جذب در 434nm با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. تعیین محتوای پاریتین بر حسب  $OD \cdot min^{-1} \cdot g^{-1} DW$  محاسبه گردید (21).

آنالیز داده‌ها با استفاده از واریانس ANOVA و نرم افزار SPSS (version 15) و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام پذیرفت و نمودار با نرم افزار Excel (2007) رسم گردید.

### نتایج

نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین کلروفیل کل  $0.01 \pm 0.00$  (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل  $a$   $0.00 \pm 0.00$  (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر) در مقایسه با میانگین شاهد  $0.01 \pm 0.00$  در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم  $1.6mT$  کاهش یافت، این کاهش در سطح  $0.05$  معنی دار است. این کاهش در میانگین کلروفیل  $a$  در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم  $3.2mT$   $0.01 \pm 0.00$  در سطح  $0.05$  در مقایسه با شاهد معنی دار است (شکل 3 و 4). میانگین کلروفیل  $b$  در هر دو تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم  $1.6mT$ ،  $3.2mT$   $0.00 \pm 0.001$  (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر) در مقایسه با شاهد  $0.00 \pm 0.000$  افزایش معنی دار نیست (شکل 5). میانگین کاروتنوئید در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم  $0.42 \pm 0.068$   $1.6mT$  (بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر) در مقایسه با شاهد  $0.61 \pm 0.59$  به طور معنی داری کاهش یافت. اما در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم  $3.2mT$   $0.63 \pm 0.090$  افزایش غیر معنی داری را در سطح  $0.05$  در مقایسه با شاهد نشان داد (شکل 6). میانگین کربوهیدرات در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم  $1.6mT$   $12.30 \pm 2.874$  (بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک) در مقایسه با شاهد  $7.72 \pm 0.774$  افزایش یافت که این افزایش در سطح  $0.05$  در مقایسه با شاهد معنی دار بود اما این افزایش در

- خواندن جذب محلول در طول موجهای 645 و 663 با استفاده از شاهد استون 80% در دستگاه اسپکتروفتومتر

- تعیین محتوای کلروفیلی با استفاده از روابط زیر بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر

- محتوای کاروتنوئید با استفاده از فرمول Kirk and Allen (1965) بر حسب  $mg \cdot g^{-1} FW$  محاسبه شد (19).

$$\text{Total chlorophyll (mg/ml)} = (0.0202) \times \square (A.645) + (0.00802) \times \square (A.663)$$

$$\text{Chlorophyll 'a' (mg/ml)} = (0.0127) \times \square (A.663) - (0.00269) \times \square (A.645)$$

$$\text{Chlorophyll 'b' (mg/ml)} = (0.0229) \times \square (A.645) - (0.00468) \times \square (A.663)$$

$$\text{Carotenoid} = A.480 + (0.114 \times A.663 - 0.638 \times A.645).$$

- خشک کردن نمونه تال در درجه حرارت 110 سانتیگراد به مدت 48 ساعت داخل آون

- توزین نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال (0/1 گرم)

- افزودن 10 میلی لیتر الکل اتانول 70% به نمونه‌ها و قرار دادن آنها در یخچال به مدت یک هفته

- برداشتن 1 میلی لیتر محلول بالایی و رساندن حجم آن به 2 میلی لیتر با آب مقطر

- افزودن 1 میلی لیتر فنل 5% (رساندن 5 گرم فنل به حجم 100 میلی لیتر به کمک آب مقطر) به محلول فوق

- اضافه کردن 5 میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ (محلول زرد و سپس تغییر رنگ می دهد)

- قرار دادن محلول به مدت نیم ساعت در دمای آزمایشگاه جهت خنک شدن

- خواندن جذب در طول موج 485 nm در مقابل شاهد مناسب (1 میلی لیتر اتانول 70%+ 1 میلی لیتر آب مقطر

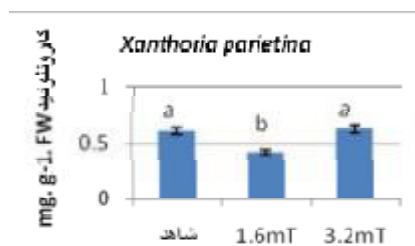
+ 1 میلی لیتر فنل 5%+ 5 میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ)

برای یافتن غلظت قندهای محلول (c) توسط منحنی استاندارد، از گلوکز با غلظت‌های مختلف استفاده گردیده

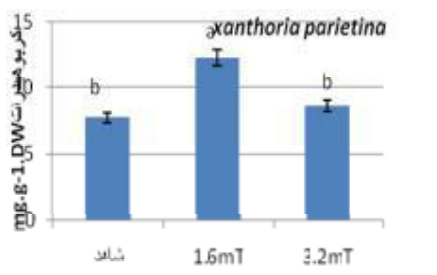
پس از ترسیم منحنی، معادله  $C=(b.ABS)+a$  مشخص گردید. سپس جذبهای خوانده شده در اسپکتروفتومتر در

معادله فوق جایگزین و مقدار قند در گرم وزن خشک نمونه تال (M) محاسبه گردید. (20)

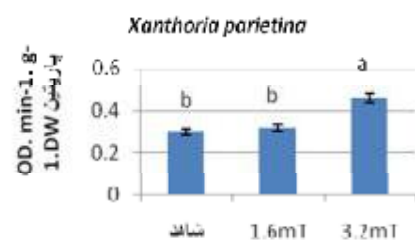
$$M = \frac{c \times 0.01}{w}$$



شکل 6. اثر میدان الکترو مغناطیسی بر مقدار کاروتنوئید



شکل 7. اثر میدان الکترو مغناطیسی بر مقدار کربوهیدرات



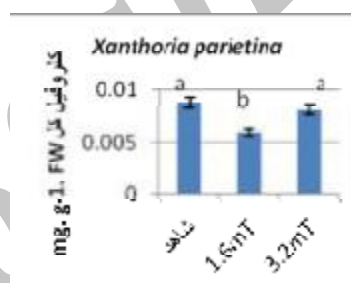
شکل 8. اثر میدان الکترو مغناطیسی بر مقدار پاریتین

### بحث و نتیجه‌گیری

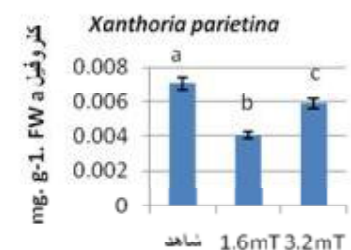
به خوبی مشخص شده است که میدان‌های الکترومغناطیسی، تغییرات شیمیایی، فیزیکی و فیزیولوژیکی در ساختارهای سلولی ایجاد می‌کنند (22). همین‌طور نشان داده شده است که رشد گیاهانی که در نزدیکی سیم‌های انتقال با ولتاژ بالا می‌باشند تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته‌اند (23). سنجش کلروفیل در گل‌سنگ یکی از چند روشی است که برای ارزیابی تعداد زیادی از استرس‌های محیطی که شامل دما و استرس اسموتیک، فلزات سنگین، یا آلودگی هوا می‌باشد استفاده شد (24). نسبت کلروفیل کل در تنش الکترومغناطیسی با فرکانس 300 kHz در مدت 30 دقیقه در ذرت نسبت به شاهد کاهش می‌یابد اما سطح کلروفیل a به مقدار کمی افزایش یافت (25). که این مسئله مطابق

تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 3.2mT "8.64±0.119" در سطح 0.05 در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود (شکل 7).

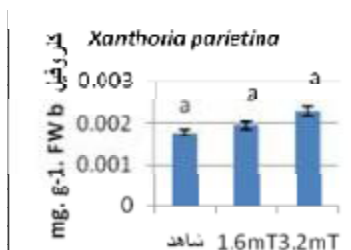
میانگین پاریتین در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 1.6mT "0.32±0.060" افزایش یافت که این افزایش در سطح 0.05 در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود اما این افزایش میانگین در تنش میدان الکترومغناطیسی مستقیم 3.2mT "0.46±0.055" (بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه) در مقایسه با شاهد "0.30±0.026" به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل 8).



شکل 3 اثر میدان الکترو مغناطیسی بر مقدار کلروفیل کل



شکل 4. اثر میدان الکترو مغناطیسی بر روی مقدار کلروفیل a



شکل 5. اثر میدان الکترو مغناطیسی بر روی مقدار کلروفیل b

مهمی وجود دارد که نشان داد که ترکیبات گل‌سنگ از فتویونت گل‌سنگ در مقابل نور زیاد فعال فتوسنتزی حفاظت می‌کنند. (33) علیرغم این مسئله این ترکیبات UV-B را به طور موثری جذب می‌کنند (34). رنگدانه‌های کورتیکولی جذب‌کننده UV-B در گل‌سنگ *Xanthoria parietina* تولید شد (34). پاریتین نارنجی رنگ می‌باشد که توسط مایکوبیونت القا شده و توسط UV-B تولید می‌شود (34). دوره نوری و انرژی خورشیدی در یک زمان به اندازه کافی افزایش یافت و موجب افزایش دما شد. افزایش دما و اشعه موجب افزایش فتوسنتز در فتویونت شدند که سنتز پاریتین قارچی را تحریک کردند. (35) با توجه به شرایط آزمایشگاهی آن مقدار پاریتین که در گل‌سنگ بوده است شاید در اثر تنش الکترومغناطیسی تجزیه شده باشد بنابراین این مسئله با پژوهش حاضر در تنش 1.6mT مطابقت نشان نداد. پاریتین و ترکیبات ملانیکی در گل‌سنگ *Xanthoria aureola* و *Lobaria pulmonaria* حضور UV-B سنتز می‌شود و به طور آماری با افزایش UV-B افزایش می‌یابند. (34) این مسئله با پژوهش حاضر مطابقت نشان داد، به دلیل اینکه پاریتین با افزایش تنش الکترومغناطیسی در 3.2mT افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. نتایج این پژوهش نشان داد که میدان‌های ضعیف الکترومغناطیسی موجب ایجاد نمونه‌هایی غنی از کربوهیدرات در گل‌سنگ شدند که توانستند به عنوان منبع غذایی مناسب برای جانوران بشمار آیند. همچنین علت نتایج متفاوت در دوزهای 1.6mT و 3.2mT حساسیت و قدرت پاسخگویی متفاوت گل‌سنگ به این تنش نشان داد. همچنین تنش الکترومغناطیسی ترکیبات دفاعی گل‌سنگ مانند پاریتین را افزایش داد اما موجب تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی در گل‌سنگ شد. این مسئله به علت حضور میدان‌های الکترومغناطیسی 50Hz در دنیای مدرن توانست در تحقیقات حفاظت از محیط زیست مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه پژوهش است. در مطالعات دیگر در تنش الکترومغناطیسی با فرکانس 900Hz بر روی ذرت مشخص شده است که نسبت کلروفیل *a* و *b* در این تنش در مدت کوتاه افزایش اندکی را نشان می‌دهند درحالی که در مدت طولانی کاهش مشخصی را نشان داد (26). همچنین غلظت کلروفیل *a* در گل‌سنگ *Physcia semipinnata* در معرض فلزات سنگین کاهش یافت. این مسئله با پژوهش حاضر مطابقت نشان داد، به دلیل اینکه کلروفیل کل و کلروفیل *a* در تنش الکترومغناطیسی با شدت 1.6mT به مدت 6 ساعت کاهش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. به علاوه نسبت کلروفیل *b* به کلروفیل *a* در ریشه گل‌سنگ *Usnea amblyoclada* در مناطق آلوده افزایش یافت و کاهش از غلظت کلروفیل *a* را نشان داد. (27) این مسئله با پژوهش حاضر مطابقت نشان داد، به دلیل اینکه کلروفیل *b* در هر دو تنش 1.6, 3.2mT افزایش غیر معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. کاروتنوئیدها رنگدانه‌های زرد، نارنجی و قرمز می‌باشند که متعلق به تتراترپن‌ها گروهی از ایزوپرنوئید می‌باشند. کاروتنوئیدها از فرآورده‌های فتوسنتزی در مقابل استرس‌های فتواکسیداتیو حفاظت می‌کنند. (28) کاروتنوئیدها همبستگی مثبت و معنی‌داری با عناصر *Cr*, *Cu*, *Zn* نشان داد، مس در غلظت‌های بالا، کل غلظت کاروتنوئید را در سلول‌های *Trebouxia*، فتویونت شناخته شده از خانواده *Physciaceae* را کاهش داد (29). این مسئله با پژوهش حاضر مطابقت نشان داد، به دلیل اینکه غلظت کاروتنوئید در تنش الکترومغناطیسی با شدت 1.6mT کاهش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. کربوهیدرات‌ها فرآورده‌های متابولیکی ضروری و منبع انرژی برای بافت‌های گیاهی می‌باشند. (30) کل کربوهیدرات محلول در آب در طی استرس سرمایی در گونه‌های گندم مقاوم به سرما افزایش یافت (31). همچنین محتوای قند در برگ گیاهان *Bauhinia variegata*, *Cassia siamea* در مواجهه با استرس آبی افزایش یافت. (32) همچنین همانند سازی و تولید کربوهیدرات برای زندگی در دمای یخ زدگی در *Lolium perenne* ضروری است. این مسئله با پژوهش حاضر مطابقت نشان داد، به دلیل اینکه غلظت کربوهیدرات در تنش الکترومغناطیسی با شدت 1.6mT افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. مدارک

## منابع

1. Larson D W. The absorption and release of water by lichens. *Bibliotheca Lichenologica*.1987; 25: 351-360.
2. Smith D C.. The symbiotic condition (review). *Symbiosis*.1992;14: 3-15.
3. Honegger R. Functional aspects of the lichen symbiosis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*.1991; 42: 553-578.
4. Honegger R. Developmental biology of lichens. *New Phytologist*.1993;125(60): 659-677.
5. Hill D J. The co- ordination of symbionts in mutualistic symbiosis with reference to the cell cycle of the photobiont in lichens. *Symbiosis*.1993; 14: 325-333.
6. McCune G, Bruce L. Macrolichens of the Pacific Northwest. Corvallis: Oregon State University Press.1997; P. 321.7. Galun, M. Lichenization. *CRC handbook of lichenology*.1988; 2: 153-169.
7. Armstrong R A, Smith S N. Do the lichens *Xanthoria conspersa* (Ach.) Hale and *Rhizocarpon* Ram Em Th Fr subgenus *Rhizocarpon* utilise exogenous carbohydrates for radial growth? *Environmental and Experimental Botany*.1996; 36: 13-20.
8. Galun M. Lichenization. *CRC handbook of lichenology*.1988; 2: 153-169.
9. Gargas A, DePriest P T, Grube M, Tehler A. Multiple origin of lichen symbiosis in fungi suggested by SSU rDNA phylogeny. *Science*.1995; 268: 1492-1495.
10. Palmqvist K, Sundberg B. Light use efficiency of dry matter gain in five macrolichens: relative impact of micro-climate and species-specific traits. *Plant, Cell & environment*.2000; 23: 1-14.
11. Solhaug K A, Gauslaa Y, Nybakken L, Bilger W. UV-induction of sun-screening pigments in lichens. *New Phytologist*.2003; 158: 91-100.
12. Solhaug K A, Gauslaa Y. Photosynthates stimulate the UV-B induced fungal anthraquinone synthesis in the foliose lichen *Xanthoria parietina*. *Plant Cell and Environment*. 2004; 27: 167-176.
13. Gauslaa Y, Solhaug K A. Photoinhibition in lichens depends on cortical characteristics and hydration. *Lichenologist*.2004; 36: 133-143.
14. Pietruszewski S, Muszynski S, Dziwulska A. Electromagnetic fields and electromagnetic radiation as non-invasive external stimulants for seeds (selected methods and responses). *Agrophysics*.2007; 21: 95-100.
15. Broers D, Kraepelin G, Lamprecht I, Schulz O. *Mycitypha africana* in low level athermic ELF magnetic fields. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*.1991; 27: 281-291.
16. Ruzic R, Gogala N, Jerman I. Sinusoidal magnetic fields: Effect on growth and ergosterol content in mycorrhizal fungi. *Electro- and Magnetobiology*. 1997;6: 129-142.
17. Pal N. The effect of low inductivity static magnetic field on some plant pathogen fungi.2005; 6(2): 167-171.
18. سعادت‌مند سارا، روشن دل فرزانه، درانیان داود، بررسی اثر میدان‌های مختلف بر تشکیل جسم بارده و ارزش غذایی قارچ خوراکی صدفی (*Pleurotus florida*). فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، 1387.
19. Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*.1949; 24: 1-15.
20. Kochert G. Carbohydrate determination by phenol sulfuric acid method in: Helebust J A. CRAIG J S. (ed). *Handbook of ohiocologia method*.1978; 56-97.
21. Solhaug K A, Gauslaa Y. Acetone rinsing a method for testing ecological and physiological roles of secondary compounds in living lichens. *Symbiosis*.2001.; 30: 301-315.
22. Wadas R S..1992; Biomagnetism. Physics and Its Applications. Ellis Horwood Publ., *New York ISBN*.
23. Hart F X, Marino, A A. Energy flux along high voltage transmission lines. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*,1977; 24, 493-495.
24. Unal D, Tuney I, Esiz-Dereboylu A, Sukatar A. The effect of UV-A (352nm) stress on chlorophyll fluorescence chlorophyll a content, thickness of upper cortex and determinate DNA damage in *Physcia semipinnata*. *Journal of Photochemistry and Photobiology Biology*. 1977;94: 71-76.
25. Racuciu M, Miclaus S, Creanga D E. The response of plant tissues to magnetic fluid and electromagnetic exposure. *Romanian, J. Biophys*.2009; 19(1): 73-82
26. Racuciu M, Miclaus S. Low -level 900MHz electromagnetic field influence on vegetable tissue. *Romanian J. Biophys*.2007;17(3):.149-156.
27. Rodriguez, J. H., Carreras, H. A., Pignata, M. L., Gonzalez C M. Nickel exposure enhances the susceptibility of lichens *Usnea amblyoclada* and *Ramalina celastri* to urban atmospheric pollutants. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2007; 53: 533-540.
28. Strzalka K, Kostecka-Gugala A, Latowski D. Carotenoids and environmental stress in plants: Significance of carotenoid mediated modulation of membrane physical properties. *Russian journal of plant physiology*. 2003; 50: 168-172.
29. Backor M, Fahselt D, Davidson R, Wu C T. Effects of copper on wild and tolerant strains of

- the lichen photobiont *Trebouxia erici* (Chlorophyta) and possible tolerance mechanisms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*.2003; 45: 159-167.
30. Correa L R, Paim D C, Schwambach J, Fett-Neto, A. G. Carbohydrates as regulatory factors on the rooting of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globules* Labill. *Plant Growth Regulation*. 2005; 45: 63-73.
31. Keles Y, Oncel I. Growth and solute composition in two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2004; 51(2): 203-208.
32. Sinhababu A, Kumar Kar R. Comparative responses of three fuel wood yielding plants to PEG-induced water stress at seedling stage. *Acta Physiologiae plantarum*. 2003;. 25: 403-409.
33. McEvoy M, Gauslaa Y, Solhaug K A. Changes in pools of depsidones and melanins, and their function during growth and acclimation under contrasting natural light in the lichen *Lobaria pulmonaria*. *New Phytologist*. 2007;175: 271-282.
34. Larsson P, Vecerova K, Cempirkova H, Solhaug K A, Gauslaa Y. Does UV-B influence biomass growth in lichens deficient in sun-screening pigments? *Environmental and Experimental Botany*. 2009;2019: 1-19.
35. Gauslaa Y, McEvoy M. Seasonal changes in solar radiation drive acclimation of the sun-screening compound parietin in the lichen *Xanthoria parietina*. *Basic and Applied Ecology*.2005; 6: 75-82.

Archive of SID