فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران
جلد۱۳- شماره ۴-زمستان ۱۳۹۷

مقاله تحقیقی

سنجش درصد جوانه‌زنی و محتوای ترکیبات فنلی گیاه گوجه‌فرنگی در پاسخ به امواج تلفن همراه

محمدرضا روستا [۱]، الهام رجب بیگی [۲*]

۱. گروه بیوشیمی-بیوفیزیک، دانشکده علوم و فناوریهای نوین، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. گروه زیست‌شناسی تکوین، دانشکده علوم و فناوریهای نوین، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات**: rajabbeigi@iautmu.ac.ir

محل انجام تحقیق: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم پزشکی تهران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۳

چکیده

امروزه استفاده از وسایل ارتباطی افزایش روزافزونی داشته است و برخی از این وسایل نظیر تلفن همراه بسیار مورد توجه بشر و بویژه قشر جوان قرار گرفته است. به‌منظور بررسی اثرات این امواج در زندگی امروزی در این تحقیق بذرهای گیاه گوجه‌فرنگی به‌مدت ۱۴ روز و هر روز ۱۰ دقیقه در مجاورت تلفن همراه فعال قرار گرفتند و در این مدت با تلفن دیگری به تلفن مذکور زنگ زده می‌شد. در پایان مدت تیمار، درصد جوانه‌زنی، تخریب لیپیدهای غشایی، محتوای پروتئین و ترکیبات فنلی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی در پاسخ به امواج تلفن همراه افزایش یافته است. این امر می‌تواند ناشی از افزایش بیان ژنها و یا افزایش فعالیت آنزیمهای دخیل در جوانه‌زنی تحت تاثیر امواج در مقایسه با گروه تیمار باشد. از سوی دیگر در گیاهان تیمار شده با تلفن همراه، پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی افزایش یافت که می‌تواند به‌علت کاهش ظرفیت جمع‌آوری رادیکالهای آزاد اکسیژن باشد. همچنین در گروه‌های تیمار شده محتوای پروتئین کل تا ۵۰٪ کاهش نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد امواج تلفن همراه از طریق تخریب غشا و تغییر در محتوای پروتئین‌ها می‌تواند اثر نامطلوبی بر سیستم‌های زنده بگذارد.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، ترکیبات فنلی، تلفن همراه، گوجه‌فرنگی

مقدمه

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی از جمله تنش‌های غیر زیستی هستند که حاصل عصر تکنولوژی بوده و امروزه توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده اند. در سال های اخیر انبوهی از دستگاه‌های ساطع کننده امواج الکترومغناطیسی مانند تلفن همراه، رادار، رادیو، تلویزیون، وسایل برقی خانگی ساخته شده و مورد استفاده روز افزون انسان ها و به خصوص جوانان و نوجوانان قرار

گرفته است (۱،۲). امواج مغناطیسی (Electromagnetic fields یا EMF) به دو دسته امواج یونیزه‌کننده و امواج غیریونیزه کننده تقسیم می‌شوند. امواج غیریونیزه‌کننده خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱) امواج با شدت پایین میدان الکترومغناطیسی (۶۰Hz) و ۲) امواج رادیویی (radiofrequency) که توسط محصولات رادیویی و ماکروویوها تولید می‌شوند (۳). گرچه پیشرفت این تکنولوژی موجب بهبود آسایش انسان می‌شود، اما گزارشاتی مبنی بر تاثیرات بیولوژیکی کاربرد گسترده‌ی امواج آنتن‌های مخابراتی، و گوشی‌های تلفن همراه ثبت شده است. امواج تلفن همراه اصولا امواجی با فرکانسی حدود ۸۲۴ MHz-۱۷۸۰ را از تمام جهات دریافت و یا از خود ساطع می‌سازند (۴). لذا، با توجه به انتشار برخی گزارشها در مورد اثرات مخرب امواج تلفن همراه توجه پژوهشگران علوم زیستی به بررسی اثرات آن بر سلامت انسان و نیز بر فرآیندهای رشد و نمو بر جانداران جلب شده است (۵).

اثرات زیستی امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه می‌تواند به سطح متوسط انرژی، فرکانس، و تغییرات سیگنال الکتریکی وابسته باشد (۶). گزارشاتی مبنی بر اثر سیستم‌های رادیویی بر ایجاد لوسمی در کودکان، تومورهای مغزی، اثرات ژنوتوکسیک، اثر بر سیستم‌های مغزی، بیماری‌های سیستم عصبی، اختلال در سیستم ایمنی، مرگ سلولی، تغییر در بیان ژن‌ها، تخریب DNA، پاسخ‌های التهابی و آلرژیتیکی، و اثر بر قلب و نازایی وجود دارد (۷). سازمان بهداشت جهانی و آژانس بین‌المللی تحقیق روی سرطان[1](IARC) امواج RF-EMFs مربوط به تلفن همراه را بعنوان کارسینوژن احتمالی سرطان (گروه B) معرفی می‌کند (۸). همچنین، بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که استفاده بیش از ۱۶۴۰ ساعت از تلفن همراه احتمال ابتلا به گلیوما (سرطان مغز) و رشد تومورهای بدخیم مغزی را افزایش می‌دهد (۹،۱۰). با این حال برخی نتایج نیز بیان می‌کنند، استفاده از تلفن همراه برای بزرگسالان بدون ضرر می‌باشد (۲). رادیکال‌های آزاد (ROS) نقش مهمی در مکانیسم‌های بیولوژیکی میدان‌های مغناطیسی بازی می‌کنند. در سلول‌هایی که تنفس هوازی دارند، ROS ها در پاسخ به میدان‌های الکترومغناطیسی و بویژه در میتوکندری‌ها تولید می‌شوند (۱۱). برخی تحقیقات نشان داده است که میدان‌های مغناطیسی می‌توانند منجر به تولید و یا افزایش طول عمر گونه‌های فعال اکسیژن شود. تجمع این رادیکال‌ها می‌تواند منجر به تغییر بیان برخی ژن‌ها شود و اثرات منفی بر ساختار غشایی و سیستم آنتی‌اکسیدانی داشته باشد (۱۲). مکانیسم‌های دفاعی مختلفی علیه رادیکال های آزاد در بدن وجود دارد که شامل مواد جمع کننده رادیکال‌های آزاد و مواد آنتی اکسیدان می باشند که به این واسطه تعادل مهم بین تولید و خنثی سازی رادیکال های آزاد را به وجود می‌آورند (۱۳).

میدان مغناطیسی منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی فنل اکسیداز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز می‌شود (۱۴). تحقیقات گذشته نشان داده است که میدان مغناطیسی ترکیبات فنلی متصل به دیواره را در گیاه ریحان کاهش می‌دهد (۱۵)، در حالی‌که در تحقیق دیگری میزان ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاه *Phoenix datylifera* در پاسخ به میدان افزایش یافت (۱۶).

امروزه یکی از موارد قابل توجه بهبود و اصلاح ارزش غذایی محصولات کشاورزی است. از سوی دیگر میزان کاروتنوئیدها، فلاوونوئیدها و ویتامین‌های محصولات کشاورزی، بعلت خاصیت آنتی‌اکسیدانی و اهمیت آنها در پیشگیری و درمان بیماری‌هایی نظیر سرطان و بیماری‌های سیستم دفاعی موجب شده‌است تا این گیاهان بیشتر مورد توجه قرار گیرند. گوجه‌فرنگی، پس از سیب‌زمینی، فراوان‌ترین محصول صیفی کشت شده در جهان می‌باشد.

[1] International Agency for Research on Cancer

[2] Reactive Oxygen Species

گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) از تیره سیب‌زمینی (Solanaceae) می‌باشد که میوه‌های آن بعلت محتوای بالای کاروتنوئید و بویژه لیکوپن و β-کاروتن از دیرباز مورد توجه بوده است. با وجود مطالعات متعدد در مورد اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی، تأثیرات خاص آنها برروی متابولیسم و نمو جانداران و بویژه گیاهان هنوز مبهم باقی مانده است. لذا ضرورت بررسی‌هایی از این قبیل با هدف افزایش دانش بشری در زمینهٔ فیزیولوژی پاسخ موجودات زنده به امواج تلفن همراه احساس می‌گردد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر امواج تلفن همراه بر روی برخی سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه گوجه‌فرنگی است. بنابراین، تغییرات رشد و جوانه‌زنی و مقدار ترکیبات فنلی در پاسخ به امواج تلفن همراه سنجیده شد. از طرف دیگر ظرفیت جمع‌آوری رادیکال‌های ازاد تولید شده در پاسخ به تیمارهای مذکور، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کشت بذرها

بذرهای گیاه گوجه‌فرنگی از شرکت بازرگانی رامان خریداری شد. پس از شستشو با آب، بذرها با محلول آب-ژاول ٪۵ (۲۰:۸۰) بمدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت تا بذرها ضدعفونی شوند. سپس با الکل ٪۷۰ به‌مدت یک دقیقه ضدعفونی شده و در نهایت۳ بار با آب مقطر شسته شدند. بذرها در پلیت استریل و در شرایط استریل کشت داده شدند و در این مدت تنها با آب آبیاری شدند. به‌منظور جذب آب و مرطوب نگه‌داشتن بذرها در هر پلیت کاغذ صافی قرار گرفت و بذرها روی آنها رشد می‌کردند (در دمای ۲۵°C).

تیمار با تلفن همراه

در مدت کشت بذرها به دو گروه شاهد و تیمار تقسیم شدند. گروهی که تحت تاثیر هیچ تیماری قرار نگرفتند و گروهی که ۱۴ روز هر روز به‌مدت ۱۰ دقیقه با امواج تلفن همراه تیمار داده شدند. به‌منظور تیمار با تلفن همراه، گوشی تلفن Alkatel[3] (10.50D) بر روی پلیت‌های حاوی بذر گوجه‌فرنگی قرار می‌گرفت (شکل ۱) و با تلفن دیگری ۱۰ دقیقه به این تلفن زنگ زده می‌شد. پس از اتمام این مدت گیاهچه‌ها جمع‌آوری شده و جهت آنالیزهای بیوشیمیایی در فریزر ۲۰°C- قرار گرفتند.

شکل ۱- تیمار گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی با امواج ساطع شده از تلفن همراه گیاهچه‌ها هر روز به‌مدت ۱۰ دقیقه، و به‌مدت ۱۴ روز، با تلفن همراه تیمار می‌شدند. گروه شاهد تحت تاثیر هیچ تیماری قرار نگرفت.

سنجش رشد بذرها و گیاهچه‌ها

به منظور اندازه‌گیری رشد بذرها، پس از تیمار، تعداد بذرهای جوانه زده شمارش شد و بخش هوایی جمع‌آوری شده و پس از شستشو با آب دو بار تقطیر، برای آنالیزهای بیوشیمیایی در دمای ۸۰°C- قرار گرفت.

ظرفیت جاروبکنندگی رادیکالهای آزاد RSA (Radical Scavengering Activity)

رادیکال ۱و ۱- دی فنیل-۲- پیکریل هیدرازیل رادیکال ۲و۲- دی فنیل- ۱- (۲و۴و۶- تری نیتروفنیل) هیدرازیل (DPPH)، یک رادیکال نسبتاً پایدار است که به حالت اکسیده در طول موج ۵۱۷ nm جذب دارد. از طریق کاهش رنگ ارغوانی محلول‌ها می‌توان کاهش در جذب

[3] GSM: 900/1800

محلول‌های جاروبگر این رادیکال را در عصاره‌های گیاهی با اسپکتروفتومتر (RIGOL, US) اندازه گرفت. برای این کار ابتدا ۰/۲ گرم از نمونهٔ منجمد در۳ mL اتانول مطلق ساییده و برای مدت ۳۰ دقیقه با دور× g ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شد. بخش رویی به نسبت ۱/۱۰ با متانول (Merck) رقیق گردید و سپس محلول DPPH (سیگما) با غلظت ۰/۰۰۸ درصد به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند و پس از آن جذب نمونه-ها در طول موج ۵۱۷ nm با اسپکتروفتومتر خوانده شد. تمام مراحل در ۴°C انجام گرفت (۱۷).

بررسی تمامیت غشا (Membrane integrity)

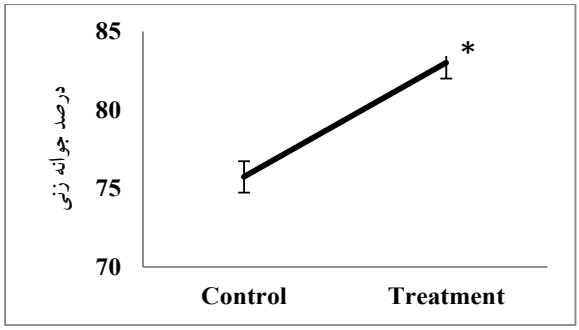
میزان آسیب به غشاها با اندازه‌گیری مقدار مالونیل دی‌آلدئید (MDA) به‌عنوان فراوردهٔ نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلول‌ها تعیین شد. به منظور اندازه-گیری MDA میزان ۲۰۰ mg از نمونه‌های منجمد شده با ۳mL اسید تری‌کلرواستیک (مرک) (TCA) ٪۱۰ ساییده شد. نمونه‌ها پس از همگن-سازی، سانتریفوژ (۱۲۰۰۰rpm، به مدت ۱۵ دقیقه) شدند. به۱ mL از نمونه‌های صاف شده، ۱mL تیو باربیتوریک اسید (مرک) (TBA) ۰/۲۵ درصد اضافه گردید و به مدت نیم ساعت در دمای ۱۰۰ °C قرار داده شدند و سپس بلافاصله در آب یخ سرد شد. میزان MDA با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ nm و ۶۰۰ nm با استفاده از ضریب ثابت (ε =۱۵۵ mM^{-1} cm^{-1}) محاسبه گردید (۱۸).

استخراج ترکیبات فنلی (Total Phenol)

۲۰۰ میلی‌گرم از نمونهٔ منجمد در ۳ میلیلیتر از محلول فولین (مرک) که قبلاً با ۱۰ برابر آب دوبار تقطیر رقیق شده، ساییده شد و به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس به‌آن ۲ میلی‌لیتر کربنات‌سدیم (مرک) (۷/۵ ٪) اضافه شد و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت و در نهایت جذب مخلوط حاصل در ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. به منظور تهیهٔ استاندارد از اسیدگالیک استفاده شد و در نهایت میزان ترکیبات فنلی حاصل بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید (مرک) به‌ازای یک گرم وزن تر محاسبه گردید (۱۹).

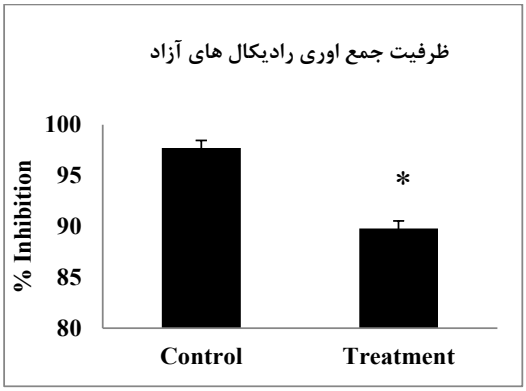
نتایج

نتایج این بررسی نشان داد که امواج تلفن همراه درصد جوانه‌زنی بذرهای نسبت به گروه شاهد تا حدود ۱۰ درصد در گروه تیمار گوجه‌فرنگی را افزایش داده است (شکل ۲) که این افزایش در سطح $p\leq$ ۰/۰۵ معنادار می-باشد.

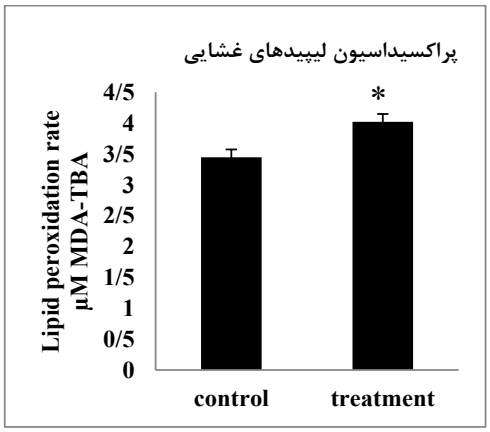


شکل ۲- درصد جوانه‌زنی بذرهای گوجه‌فرنگی در تیمار با تلفن همراه * نشان دهنده معناداری اختلاف در سطح $p\leq$ ۰/۰۵ می‌باشد.

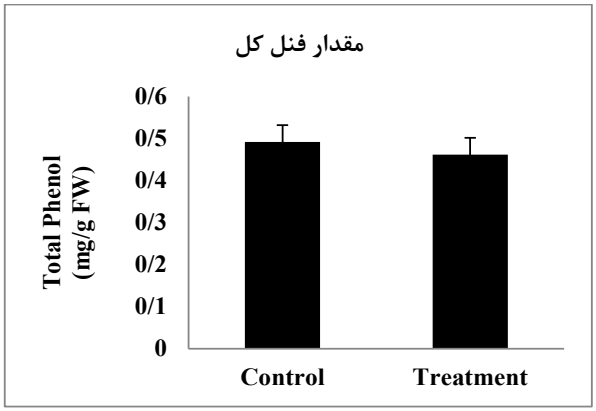
همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در تحقیق حاضر ظرفیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت-تأثیر امواج تلفن همراه کاهش یافته‌است. بطوری که این درصد از ۰/۷۶±۹۷/۶۹٪ به ۲/۹۳±۸۹/۷۸٪ کاهش یافته است و این کاهش در سطح P≤ ۰/۰۱ معنادار می‌باشد. نتایج بررسی نشان داد امواج تلفن همراه موجب افزایش پراکسیداسیون و تخریب لیپیدهای غشا شده است (شکل ۴). بطوریکه غلظت فراورده حاصل از تخریب لیپیدهای غشایی یعنی مالونیل دی‌الدئید در گروه شاهد از µM ۴۵/۱۲±۳/۰ به µM ۲۱/۰±۴/۰۲ در گروه تیمار افزایش یافته است و این اختلاف در در سطح p≤ ۰/۰۱ معنادار است. در این تحقیق محتوای فنل‌های کل نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد محتوای فنل کل نسبت به امواج تلفن همراه در مقایسه با گروه شاهد تغییر معناداری نکرده‌است (شکل ۵).



شکل ۳- ظرفیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد در پاسخ به امواج تلفن همراه پس از اعمال تیمار در گیاه گوجه-فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) (مقادیر نشان داده شده میانگین حداقل ۳ تکرار و ±SD (انحراف معیار) می‌باشد). * نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح p≤ ۰/۰۵ است.



شکل ۴- پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی تغییرات میزان تولید MDA تحت تأثیر امواج تلفن همراه در کشت گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) (مقادیر نشان داده شده میانگین حداقل ۳ تکرار و ±SD (انحراف معیار) می‌باشد. * نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح p≤ ۰/۰۱ است.



شکل ۵- محتوای ترکیبات فنلی کل در پاسخ به امواج تلفن همراه تفاوت معناداری میان محتوای ترکیبات فنلی نسبت به گروه شاهد مشاهده نشد.

بحث

تاثیر میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر سیستم-های زنده بویژه در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، چرا که استفاده از وسایل مغناطیسی و الکتریکی در صنعت و زندگی روزمره به شدت رو به افزایش است. تحقیقات نشان داده است که موجودات زنده از حساسیت بالایی نسبت به میدان‌های مغناطیسی دایمی و پایدار برخوردارند. طی تحقیقات مختلف اثر میدان‌های مغناطیسی بر رشد و اعمال حیاتی گیاهان و جانوران مورد بررسی قرار گرفته است (۱). زمانی‌که بذر گیاه شاهی (*Lepidium Sativum*) تحت‌تاثیر امواج ۱۹۰۰-۹۰۰MHz (۱۰۰-۷۰ $\mu W/m^2$) قرار گرفت، جوانه‌زنی انجام نشد و یا کاهش یافت (۲۰). این در حالی است که مطالعات انجام شده بر روی بذرهای باقلا (*Vicia faba*) حاکی از افزایش جوانه‌زنی و وزن خشک در نمونه‌های تیمار شده با امواج تلفن همراه در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌باشد (۲۱). برخی بررسی‌ها نشان داده‌اند که میدان‌های مغناطیسی بر رشد گیاهان اثر مثبت دارند و سرعت و درصد جوانه‌زنی را افزایش می‌دهند (۲).

در تحقیق حاضر، نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرها تحت‌تاثیر امواج تلفن همراه افزایش معناداری نسبت به گروه شاهد داشته است. به نظر می‌رسد یکی از علل اصلی کاهش زمان رویش و افزایش سرعت و درصد جوانه-زنی، اثر القاکنندگی امواج الکترومغناطیسی است که احتمالا منجر به بیان برخی ژن‌ها در هسته سلول می‌شود که نتیجه آنها تحریک یا افزایش آنزیم‌های هیدرولیزی ذخایر دانه‌ها و از جمله آمیلازها می‌باشد (۲۲،۲۳). اثبات علمی این قضیه نیازمند سنجش کمی و کیفی mRNAی آنزیم‌هایی نظیر آلفاآمیلاز می‌باشد. از سوی دیگر یافته‌ها نشان می‌دهند که تشعشعات الکترومغناطیسی به‌ویژه با فرکانس پایین، بر ویژگی‌های الکتریکی غشا و آب موجود در دانه‌ها اثر گذاشته و سبب تسریع فرایندهای زیستی و تبادلات مواد در سلول‌ها می‌شود. این امر موجب می‌شود تا مواد مغذی در تمام حجم دانه وارد شوند و بنابراین سرعت جوانه‌زنی افزایش یابد (۲۳،۲۴).

یک ارتباط بالقوهٔ دیگر بین میدان مغناطیسی و اثرات آن بر موجودات زنده این است که میدان‌های الکترومغناطیسی باعث نوعی تنش اکسیداتیو می‌شوند که فعالیت و طول عمر رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهد (۱). ROS ها نقش مهمی در مکانیسم‌های بیولوژیکی میدان‌های مغناطیسی بازی می‌کنند (۲۵). ROS های تولید شده، می‌توانند بر عملکرد سلول‌ها تاثیر بگذارند. آنها هومئوستازی سلول را تغییر می‌دهند و اثرات سمی بر لیپیدها و بویژه لیپیدهای غشاء اعمال می‌کنند و در نهایت

تمامیت غشاء را از بین می‌برند (۲۶-۲۸). تنش اکسیداتیو باعث تغییر در فعالیت آنزیم‌ها، بیان ژن‌ها و آزادسازی کلسیم از ذخایر سلولی می‌گردد. همچنین این تنش می‌تواند بر ساختار غشا، رشد سلول و مرگ سلول‌ها تأثیر بگذارد (۲۹). این رادیکال‌ها می‌توانند نقش دوگانه‌ای داشته باشند. بطوری که از یک طرف باعث تخریب در سلول شده و از طرف دیگر خود به‌عنوان مولکول سیگنال باعث به راه افتادن مکانیسم‌های دفاعی در سلول می‌شوند (۱،۳۰).

در تحقیق حاضر ظرفیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش یافته‌است. هیدروژن پراکسید خود سوبسترای اصلی آنزیم‌های جمع کنندهٔ ROS می‌باشد. به نظر می‌رسد در مراحل اولیه ROSها افزایش یافته باشند و بنابراین گیاه ظرفیت لازم برای جمع‌آوری ROSها را در مراحل اولیه نداشته است. افزایش احتمالی ROSها خود باعث به‌راه افتادن سیستم جاروب‌کنندگی رادیکال‌های آزاد (نظیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی یا ترکیبات آنتی‌اکسیدانی) می‌شود. از سوی دیگر، کاهش ظرفیت جاروب‌کنندگی رادیکال‌های آزاد تحت تاثیر امواج تلفن همراه، موجب بروز تفاوت معنی‌داری در میزان MDA و نشت الکترولیت‌ها از سلول‌ها در مقایسه با نمونه‌های شد. پراکسیداسیون و تخریب لیپیدهای غشا در پاسخ به امواج تلفن همراه می‌تواند مشابه تحقیقات گذشته ناشی از تولید و اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد (۱۵).

برخی ترکیبات غیرآنزیمی نیز قادرند رادیکال‌های آزاد را حذف نمایند. از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی می‌توان به فنل‌ها، برخی اسانس‌ها، آسکوربیک اسید، کاروتنوئیدها، فلاوونوییدها و آنتوسیانینها اشاره کرد (۳۱). ثابت شده است که تنش‌های محیطی به کاهش یا افزایش مقدار ترکیبات فنلی که گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه هستند، منجر می‌شود (۳۲). این ترکیبات می‌توانند گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) را خنثی نموده، با فلزاتی که واکنش‌های اکسیژناسیون را کاتالیز می‌کنند، ترکیباتی تشکیل دهند و از فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده جلوگیری نمایند (۳۳). تحقیقات گذشته نشان داده است که میدان مغناطیسی ترکیبات فنلی متصل به دیواره را در گیاه ریحان کاهش می‌دهد (۱۵)، در حالی‌که در بررسی دیگری میزان ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاه *Phoenix datylifera* در پاسخ به میدان افزایش یافت (۱۶). در این تحقیق محتوای فنل‌های کل نسبت به امواج تلفن همراه تغیری نکرد. پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی بسته به گونه گیاه، نوع تنش، شرایط محیطی، سن گیاه متفاوت است. از سوی دیگر، این احتمال وجود دارد که علی‌رغم عدم تغییر محتوای ترکیبات فنلی کل، ممکن‌است، درصد حضور ترکیبات تغییر کرده باشد که اثبات این امر خود نیازمند بررسی‌های بیشتر است (۱۴، ۱۵).

نتیجه گیری

سازگاری موجودات زنده به عوامل استرس‌زا موجب تغییراتی در سلول و مکانیسم‌های درونی آنها می‌شود. گیاهان نسبت به عوامل استرس‌زا وتنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهند. یکی از این عوامل استرس‌زا بی‌تردید امواج تلفن همراه می‌باشد که به نظر می‌رسد با تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن موجب به راه انداختن مکانیسم‌های دفاعی در داخل سلول می‌شود و یکی از نتایج آن افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی است. از طرف دیگر ROS ها می‌توانند بر سیستم‌های دفاعی سلول تأثیر بگذارند و موجب القای مسیرهای آنتی‌اکسیدان آنزیمی یا غیرآنزیمی شوند.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاضر بخشی از پایان نامه دوره ارشد بیوشیمی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران می باشد.

منابع مورد استفاده

1. Belyavskaya, N. A., 2004. Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields. Adv Space Res 28: 645-650.
2. Shoukat, S., 2019. Cell phone addiction and psychological and physiological health in adolescents. EXCLI Journal 18: 47-50.
3. Kesari, K., Agarwal, A., Henkel, R., 2018. Radiation and mail fertility. Reprod Biol Endocrin 16(1): 118
4. Sharma, S., Parihar, L., 2014. Effect of mobile phone radiation on nodule formation in the leguminous plants. Current World Environment 9(1): 145-155.
5. Jadidi, M., Taherian, A. A., 2018. Does mobile phone wave affect brain function? Iranian Journal of Physiology and Pharmacology 1(1): 61-70.
6. Halgamuge, M., 2016. Review: Weak radiofrequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants. Electromagnetic Biol Med 36(2): 213-235.
7. Kesari, K., Siddiqui, H., Meena, R., Verma, H., Kumar, S., 2013. Cell phone radiation exposure on brane and associated biological systems. Indian J Exp Biol 51: 187-200.
8. World Health Organization (WHO), 2011. Electromagnetic fields and public health. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html. (Accessed April 2016).
9. Hardell, L., Carlberg, M., Mild, K.H. 2006. Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumors diagnosed in 1997–2003. Int Arch Occ Env Hea 79: 630-639.
10. Interphone Study Group. 2010. Brain tumor risk in relation to mobile telephone use: Results of the interphone international case-control study. Int J Epidemiol 39: 675-694.
11. Digital Wireless Basics (DWB), 2007. Frequencies V Cellular, PCS, GSM, and Japanese Digital Cellular Frequencies. Accessed at www.privateline.com/PCS/Frequencies.htm
12. Rabison, J. G., Pendleton, A. R., Monson, K. O., Murray, B. K., O'Neill, K. L., 2002. Decreased DNA repair rates and protection from heat induced apoptosis mediated by electromagnetic field exposure. Bioelectromagnetics 23: 106-112.
13. Zain-Aldeen, S. A. R., 2018. Microwave radiations and its effects on human health, A Review. Int J Eng Sci 7(5): 16-20.
14. Rajabbeigi, E., Ghanati, F., Sefidkon, F., Abdolmaleki, P., 2006. Investigating the changes of essential oil of *Ocimum basilicum* in response to electromagnetic field. Iran J Med Aromat Plant 22(3): 341-350.
15. Rajabbeigi, E., Ghanati, F., Abdolmaleki, P., 2013. Physiologic responses of suspension-cultured parsley cells to static magnetic field. Iranian J Plant Biol 5 (15): 59-68.
16. Dhawi, F., Al-Khayri, J., 2009. Magnetic fields induce changes in photosynthetic pigments content in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings. Open Agr J 3: 1-5.
17. Guessan, J. D., Bidié, A. P., Lenta, B. N., Weniger, B., André, P., Guédé-Guina, F., 2007. In vitro assays for bioactivity-guided isolation of antisalmonella and antioxidant compounds in *Thonningia sanguinea* flowers. Afr J Biotechnol 6: 1685-1689.
18. De Vos, C. H. R., Schat, H., De Wall, M. A. M., Vooijs, R., Ernst, W. H. O., 1991. Increased resistance to copper-induced damage of the roots cell plasmalemma in copper tolerant *Silene cucubalus*. Physiol Plant 82: 523-528.
19. Maizura, M., Aminah, A., Wan Aida, W. M., 2011. Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. Int Food Res J 18: 529-534.
20. Sharma, V. P., Singh, H. P., Batish, D. R., Kohli, R. K., 2010. Cell phone radiations affect early growth of *vigna radiate* (mung bean) through biochemical alterations. Zeitschrift für Naturforschung C 65: 66-72.
21. Arbabian, S., Ramezani Vishki, F., Majd, A., 2010. Investigation effect of mobile phone waves on seed germination and seedling ontogeny in Vicia faba. J Plant Sci Res 18 (2): 56-62.
22. Kresimir, M., Mirjania, P., Mirta, T., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of *Allium*. Mutat Res 2: 78-81.
23. Alorainy, A., 2003. Recent research on mobile phones effects in Malaysia. The international conference on non-ionizing radiation at

electromagnetic field and our health, Malaysia.
24. Ayrapetyan, G., 2006. The effect of EMF waves on barley seed hydration and germination potential. J Electromagnet Waves 4: 65-76.
25. Bergendi, L., Benes, L., Durackova, Z., Ferencik, M., 1999. Chemistry physiology and pathology of free radical. Life Sci 65: 1865-1874.
26. Cui, K., Luo, X., Xu, K., Ven Murthy, M. R., 2004. Role of oxidative stress in neurodegeneration: recent developments in assay methods for oxidative stress and nutraceutical antioxidants. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry 28: 771-799.
27. Halliwell, B., 2001. Role of free radicals in the neurodegenerative diseases: therapeutic implications for antioxidant treatment. Drugs Aging 18: 685-716.
28. Tkalec, M., Malaric, K., Pevalek-Kozlina, B., 2007. Exposure to radiofrequency radiation induces oxidative stress in duckweed *Lemna minor* L. Sci Total Environ 388: 78-89.
29. Green, L. M., Miller, A. B., Agnew, D. A., Greenberg, M. L., Li, J., Villeneuve, J. P., Tibshirani, R., 1999. Child-hood leukaemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. Cancer Causes Control 10: 233-243.
30. Ghanati, F., Abdolmaleki, P., Vaezzadeh, M., Rajabbeigi, E., Yazdani, M., 2007. Application of magnetic field and iron in order to change medicinal products of *Ocimum basilicum*. Environmentalist 27: 429-434.
31. Mandal, S., Yadav, S., Yadav, S., Nema, R. K., 2009. Antioxidants: A review. J Chem Pharm Res 1 (1): 102-104.
32. Rajabbeigi, E., Eichholz, I., Beesk, N., Ulrichs, C. W., Kroh, K., Rohn, S., Huyskens-Keil, S., 2013. Interaction of drought stress and UV-B radiation-impact on biomass production and flavonoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa* L.). J Appl Bot Food Qual 86: 190-197.
33. Gumul, D., Jaroslaw, K., Bohdan, A., 2007. The influence of extrusion on the content of polyphenols and antioxidant/antiradical activity of rye grains (*Secale cereale* L.). Acta Sci Pol Technol Aliment 6: 4.