

مقاله تحقیقی

تأثیر امواج الکترومغناطیس بر رنگیزه های فتوسنتزی و قند محلول در گیاه شاهی (*Lepidium sativum* L.)

الهام باقری ایبانه^{۱*}، احمد مجد^۱، سایه جعفری^۱

۱. دانشکده علوم زیستی، گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

*مسئول مکاتبات: آدرس الکترونیکی: el.bagherii@gmail.com

محل انجام تحقیق: دانشکده علوم زیستی، گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۹

۹۷/۳/۲۴

تاریخ دریافت:

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر امواج الکترومغناطیس با فرکانس پایین ۶۰ هرتز بر روی اجزای دستگاه فتوسنتزی و میزان قند محلول صورت پذیرفت. برای این منظور بذرها به دو گروه مرطوب و خشک تقسیم شدند. در مورد تیمار مرطوب، بذرها به مدت ۷ و ۱۴ ساعت قبل از اعمال میدان الکترومغناطیسی در آب خیسانده شدند. سپس بذرها مرطوب و خشک در میان ستون سیم پیچ در معرض میدان الکترومغناطیسی با شدت ۳/۸ میلی تسلا به مدت نیم و یک ساعت قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که میزان کلروفیل a و b افزایش معنادار و شاخص کلروفیل کاهش معنادار نداشته است. همچنین میزان کاروتنوئید، محتوای فلاونوئید و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی افزایش معنادار داشته است. نتایج به دست آمده موید این است که امواج الکترومغناطیس با تأثیر بر روی کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها و همچنین با تأثیر بر روی لیپیدهای غشایی سبب کاهش کارایی فتوسنتز و به تبع آن کاهش میزان قند محلول در برگ دانه رست های گیاه شاهی شده است.

واژگان کلیدی: میدان الکترومغناطیس، دستگاه فتوسنتزی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، قند محلول، *Lepidium sativum*

مقدمه

روزمره این میدان ها سبب می شود که موجودات زنده اعم از میکروارگانیسم ها، گیاهان و جانوران به میزان بیشتری در معرض میدان های الکترومغناطیس قرار گیرند (۷). بررسی های مختلف نشان می دهد که گیاهان نسبت به شدت های مختلف امواج الکترومغناطیس پاسخ های گوناگونی از خود نشان می دهند که می تواند اثرات مثبت و یا منفی بر روی عملکرد گیاهان داشته باشد (۵). برخی از گزارش ها نشان داده است که میدان های الکترومغناطیسی سبب تنش اکسیداتیو در گیاهان می شوند. تنش اکسیداتیو حالت فیزیولوژیکی است که در آن

زندگی بر روی کره زمین بر دریایی از میدان های الکترومغناطیس بنا شده است (۶) که این محیط طبیعی در قرن اخیر با معرفی ابزارهای واجد امواج الکترومغناطیس ساخته دست بشر مانند فرستنده های رادیویی، تلویزیونی، تلفن های همراه، دستگاه های الکتریکی، سیم های فشار قوی و انتقال قدرت، وسایل ترابری مانند قطارهای شهری و همچنین ابزارهای گوناگون پزشکی، چه تشخیصی و چه درمانی، دستخوش تغییرات گسترده ای شده است (۳). در نتیجه، کاربرد

شاهی گیاهی خوراکی از تیرهٔ براسیکاسه^۲ با نام علمی *لپیدیوم ساتیووم*^۳ است (۱۷-۱۹) و به سبب عطر و طعم تند مطبوعش، در سطح وسیعی از مزارع بسیاری از کشورهای جهان کشت می شود (۲۰). گیاه شاهی متعلق به جنس *لپیدیوم*^۴ است و در قبیله *لپیدیا*^۵ و بخش مونوپولکا قرار دارد. شاهی گیاهی است یکساله که برگهای بدون کرک و بدون دندانه آن به مصرف تغذیه انسان می رسد (۱۸،۲۱).

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر امواج الکترومغناطیس بر میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و رنگدانه های فتوسنتزی و به تبع آن میزان قند محلول در برگ های گیاه شاهی می باشد. بررسی در این زمینه می تواند به ارائه راهکارهایی جهت تعریف استانداردهای زیستی در خصوص ارزیابی تاثیرات امواج الکترومغناطیس بر روی موجودات زنده منتهی گردد. همچنین، ممکن است به بهبود دانش عمومی در مورد مکانیسم های پاسخ سیستم های زنده به میدان های مغناطیسی کمک کند.

مواد و روش ها

آماده سازی بذرها و القای تیمار

بذرهای گیاه شاهی از موسسه پاکان بذر تهیه شد. سپس دانه های یک اندازه و سالم انتخاب و به دو دسته مرطوب و خشک تقسیم شدند. برای تیمار تر، بذرها را گیاه به مدت ۷ و ۱۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند، سپس بذرها را خشک و مرطوب هر کدام جداگانه به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه در میان استوانه سیم پیچ و در معرض میدان الکترومغناطیسی ۳/۸ میلی تسلا قرار گرفتند. یک

مقدار گونه های فعال اکسیژن (ROS, Reactive Oxygen Species) افزایش می یابد و به آسیب سلولی و تغییر عملکردهای زیستی می انجامد. مقدار اضافی رادیکال های آزاد اکسیژن سبب پراکسیداسیون لیپیدها می شود. همچنین این امواج می تواند بر روی متابولیت های ثانویه که از مهمترین عوامل آنتی اکسیدانت هستند، تاثیر گذاشته و میزان احیا کنندگی آنها را دچار تغییرات گسترده ای کند (۸،۹). مطالعات اخیر نشان می دهند که میدان های الکترومغناطیسی در بعضی سلول ها می توانند باعث القای پاسخ استرس شوند (۱۰-۱۲) و پارامترهای ماکروسکوپی از قبیل شکل و میزان رشد ریشه یا پارامترهای سیتولوژیکی از قبیل نوع و تعداد اختلالات کروموزومی و تقسیم سلولی را تحت تاثیر قرار دهد (۱۶،۲۳). همچنین، اثرات میدان مغناطیسی ایستا بر روی برخی ویژگی های مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خود حاکی از کاهش درصد لیگنین، قند و پروتئین و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا در اندام های هوایی نمونه های تحت تیمار نسبت به ریشه می باشد (۱). همچنین، در بررسی های انجام شده بر روی گیاه ذرت میزان کلروفیل a تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی ۴۱۸ مگاهرتز به مدت یک ساعت نسبت به گروه شاهد افزایش داشته است، در حالی که کلروفیل b و کاروتنوئید زمانی که گیاه به مدت دو ساعت در معرض امواج الکترومغناطیسی قرار گرفتند، بیشترین میزان را نسبت به گروه شاهد از خود نشان دادند (۱۳). در پژوهشی که بر روی گیاه پالونیا^۱ انجام شده مشخص گردید که امواج الکترومغناطیسی سبب افزایش محتوای کلروفیل شده است (۱۴) و همچنین نتایج بررسی ها بر روی گیاه لوبیا نشان داده است که که میدان الکترومغناطیسی ضعیف سبب کاهش پیگمان های فتوسنتزی، کلروفیل a و b و سبب کاهش قابل توجه در قدرت تکثیر این گیاه شده است (۱۵،۱۶).

² Brassicaceae

³ *Lepidium sativum* L.

⁴ *Lepidium*

⁵ *Lepidia*

⁶ *Monopolca*

¹ *Paulownia*

داده تا جوانه زنی آنها انجام شد. سپس از برگ گیاهان ۱۴ روزه برای انجام آزمایش ها استفاده گردید.

گروه نیز بعنوان شاهد مد نظر قرار گرفت که در معرض امواج قرار داده نشد (جدول ۱). بذرها را در دمای اتاق و در ظرف های پتری، روی کاغذ واتمن مرطوب قرار

جدول ۱- انواع تیمارهای داده شده به بذرهای گیاه شاهی.

نام تیمار	مدت زمان القای میدان الکترومغناطیسی	مدت زمان خیسانده شدن بذر در آب	نوع تیمار
CNTRL	-	-	شاهد
WET 7-0.5	۰/۵ ساعت	۷ ساعت	مرطوب
WET 7-1	۱ ساعت		
WET 14-0.5	۰/۵ ساعت	۱۴ ساعت	مرطوب
WET 14-1	۱ ساعت		
DRY 0.5	۰/۵ ساعت	-	خشک
DRY 1	۱ ساعت		

پلی اتیلن به قطر ۱۲ سانتی متر و طول ۵۰ سانتی متر بود. بذرها در این دستگاه هم در معرض میدان مغناطیسی ۳/۸ میلی تسلا و هم میدان الکتریکی به شدت ۰/۰۴۸ میلی ولت بر متر که توسط سیم پیچ ایجاد می شد، قرار گرفتند (شکل ۱).

ویژگی های دستگاه الکترومغناطیسی

قدرت الکتریکی توسط یک منبع VAC ۲۲۰ (ساخت کشور چین، ED-345BM) که دارای ولتاژ متغیر و فرکانس ثابت ۶۰ هرتز بود، تامین شد. این سیستم شامل یک سیم پیچ دست ساز استوانه ای شکل، ساخته شده از



شکل ۱- دستگاه تولید میدان الکترومغناطیسی که واجد یک ژنراتور و یک سیم پیچ می باشد.

گیاهان شاهد و تیمار با استون ۸۰٪ سائیده شده تا کاملاً سفید گردید. پس از صاف کردن محلول با استفاده از کاغذ صافی، عصاره حاصل با اضافه کردن استون به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس جذب محلول در طول موج های ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد. با توجه به جذب ثبت شده از هر

اندازه گیری کلروفیل، شاخص کلروفیل، کاروتنوئید و رنگدانه کل

برای محاسبه مقدار کلروفیل از روش لیچنتالر^۷ استفاده شد (۲۲). به این منظور ۰/۱ گرم برگ تازه

⁷ Lichtenthaler

نمونه، مقدار کلروفیل a و b و کلروفیل کل بر حسب میلی گرم کلروفیل در گرم بافت برگ تر، بر طبق فرمول های زیر محاسبه گردید.

- Chlorophyll a (mg/g) : $[12/21 \times A663 - 2/81 \times A646] \times V/1000 \times W$
- Chlorophyll b (mg/g) : $[20/13 \times A646 - 5/03 \times A663] \times V/1000 \times W$
- Carotenoids (mg/g) : $[1000 \times A470 - 3/27 \times (\text{Chl a})] - [104 \times (\text{Chl b})/227] \times V/1000 \times W$
- Chlorophyll ratio: Chlorophyll a / Chlorophyll b

V=حجم عصاره بر حسب میلی لیتر

W=وزن نمونه بر حسب گرم

اتانول ۷۰ درصد به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی (برگ) اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از گذشت یک هفته ۰/۵ میلی لیتر از محلول رویی نمونه برداشته و حجم آن با آب مقطر به ۲ میلی لیتر رسانده شد. سپس بر روی آن ۱ میلی لیتر فنل ۵ درصد اضافه کرده، خوب هم زده و پس از آن ۵ میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ با فشار اضافه شد. محلول زرد رنگی به دست آمد که به مرور زمان تغییر رنگ داده و به قهوه ای روشن تمایل پیدا کرد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر، میزان جذب تعیین شده و با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز میزان تغییرات قندها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک ارزیابی گردید.

روش های آماری

کلیه آنالیزهای انجام شده با سه بار تکرار مستقل صورت گرفت. برای تمام داده ها میانگین و خطای استاندارد محاسبه شد. معنی دار بودن یافته های حاصله نیز با استفاده از t-Test در سطح $p \leq 0/05$ ارزیابی شد. همچنین، تمامی تجزیه و تحلیل های آماری توسط نرم-افزار SPSS (نسخه آماری ۲۰) انجام شد.

نتایج

نتایج به دست آمده در برگ های گیاهان ۱۴ روزه نشان می دهد که میزان کلروفیل a در تمام گروه های تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی افزایش غیرمعنی دار داشته است. بیشترین میزان کلروفیل a در برگ های دانه رست های بذرهایی تری که به مدت ۱ ساعت تحت تیمار

استخراج و سنجش محتوای فلاونوئید

۰/۱ گرم نمونه های منجمد شده برگ در ۱۰ میلی لیتر اتانول اسیدی (اتانول و اسید استیک به نسبت ۹۹ به ۱)، به خوبی ساییده و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰g سانتیفریژ شد. پس از صاف کردن، محلول رویی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه قرار داده شد. میزان جذب نمونه ها پس از سرد شدن، توسط اسپکتروفتومتر در سه طول موج، ۲۷۰، ۳۰۰، ۳۳۰ نانومتر محاسبه شد. غلظت فلاونوئیدها، با استفاده از ضریب خاموشی $3300 \text{ Cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ محاسبه شد (۲۳).

تعیین پراکسیداسیون لیپیدهای غشا

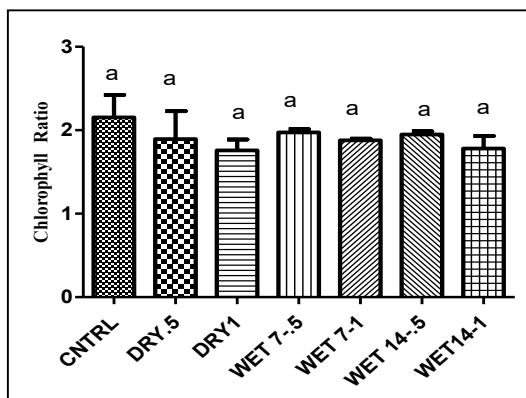
این آزمایش با استفاده از اندازه گیری مالون دی آلدئید، به عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپید غشا انجام شد. نمونه های منجمد شده ریشه و برگ به میزان ۰/۲ گرم در ۳ میلی لیتر تری کارو استیک اسید ۱۰ درصد عصاره گیری شدند. به ۱ میلی لیتر از سوسپانسیون صاف شده ۱ میلی لیتر تری باربیتوریک اسید ۰/۲۵ درصد اضافه شده و در حمام آبگرم 100°C به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. سپس لوله ها از حمام خارج شده و پس از سرد شدن میزان مالون دی آلدئید با اندازه گیری جذب در طول موج های ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از ضریب ثابت $(\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1})$ محاسبه گردید (۲۴).

استخراج و سنجش قند محلول

برای سنجش قندهای محلول از روش معرف اسید سولفوریک-فنول (۲۵) استفاده شد. ابتدا ۱۰ میلی لیتر

مستقل هستند. خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیریکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

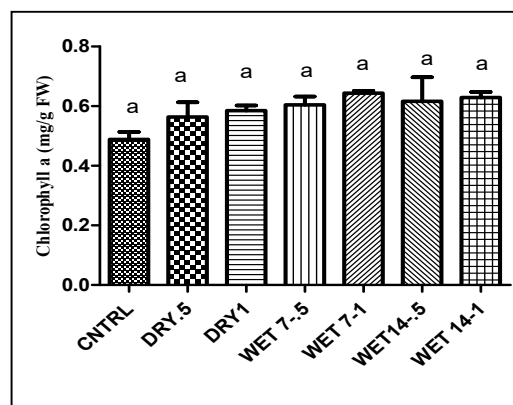
میزان شاخص کلروفیل در برگ های گیاهان ۱۴ روزه نشان می دهند که این فاکتور در تمام گروه های تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی کاهش غیرمعنی دار داشته است. کمترین میزان شاخص کلروفیل در برگ های دانه رست های بذره‌های تر و خشکی که به مدت ۱ ساعت تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، دیده شد (شکل ۴).



شکل ۴- نمودار تغییرات شاخص کلروفیل در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار مستقل هستند. خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیریکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

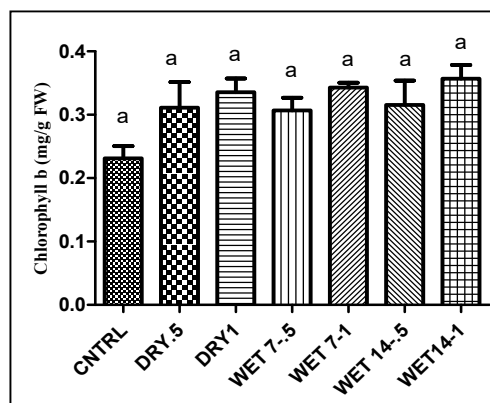
تجزیه واریانس میزان کاروتنوئیدها در برگ های گیاهان ۱۴ روزه نشان داد که تفاوت بین میانگین ها معنی دار است و امواج الکترومغناطیسی سبب افزایش کاروتنوئیدها در برگ تمامی دانه رست های ۱۴ روزه شده است. بیشترین میزان کاروتنوئیدها در برگ دانه رست های حاصل از بذره‌های تری که به مدت ۱ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، دیده شد. تمامی گروه های تحت تیمار بجز گروه خشک ۰/۵ با گروه شاهد در سطح $p < 0.05$ دارای اختلاف معنی دار بودند (شکل ۵).

میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، دیده شد (شکل ۲).

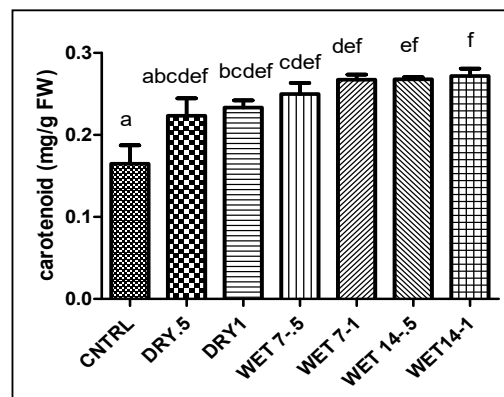
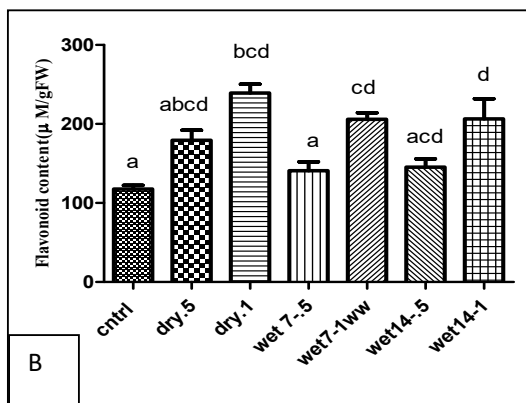


شکل ۲- نمودار تغییرات میزان کلروفیل a (mg/g FW) در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار مستقل هستند. خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیریکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

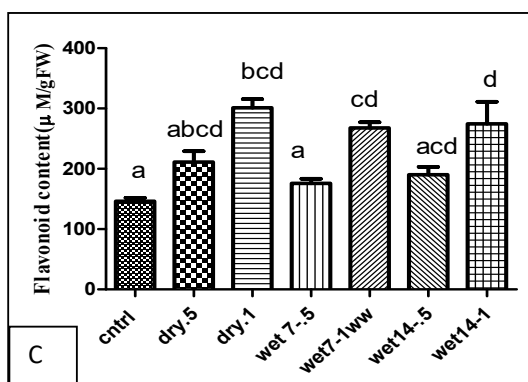
نتایج در برگ های ۱۴ روزه نشان می دهد که میزان کلروفیل b در تمام گروه‌های تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی افزایش غیر معنی دار داشته است. بیشترین میزان کلروفیل b در برگ های دانه رست های بذره‌های تر و خشکی که به مدت ۱ ساعت تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، دیده شد (شکل ۳).



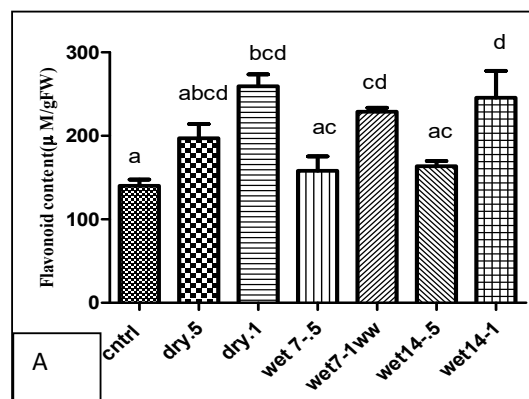
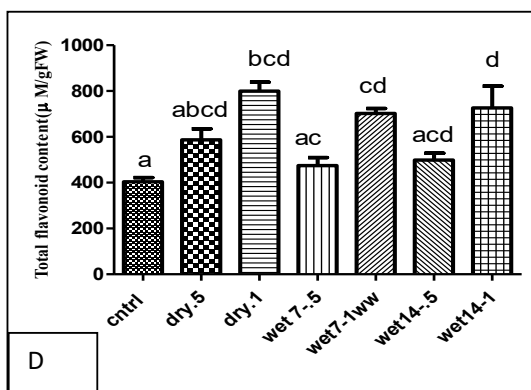
شکل ۳- نمودار تغییرات میزان کلروفیل b (mg/g FW) در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار



شکل ۵- نمودار تغییرات کاروتنوئید در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار مستقل هستند. خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیریکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

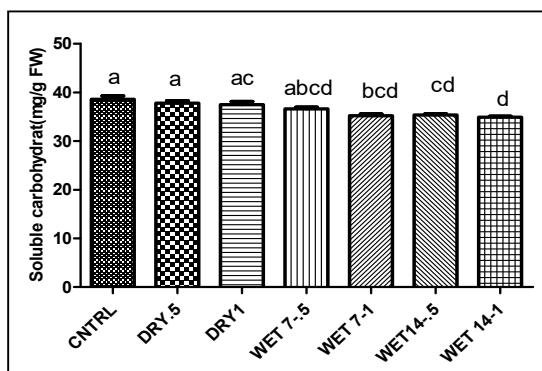


همچنین، میانگین فلاونوئید کل نیز با افزایش مدت زمان اعمال میدان الکترومغناطیسی زیاد شده است و دانه رست های حاصل از بذره‌های تر و خشکی که به مدت ۱ ساعت تحت تیمار قرار گرفته اند، بیشترین میزان فلاونوئید کل را داشته اند که با گروه شاهد نیز دارای اختلاف معنی داری بودند (شکل ۶).



شکل ۶- نمودار تغییرات میزان فلاونوئید (µM/g FW) در طول موج A و D: 270 nm; B: 300 nm; C: 330 nm. داده ها حاصل میانگین فلاونوئید کل در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار مستقل هستند خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیریکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

های دانه رست های بذرهای تری که به مدت ۱ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، دیده شد (شکل ۷).

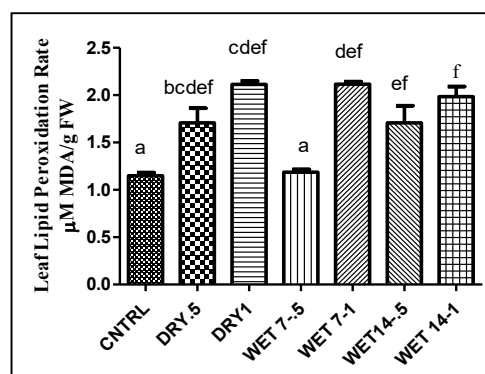


شکل ۸- نمودار تغییرات میزان قند محلول (mg/g FW) در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار مستقل هستند. خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیر یکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

بحث

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان دادند که امواج الکترومغناطیسی سبب افزایش محتوای کاروتنوئیدی در دانه رست های حاصل بذرهای تحت تیمار شده اند و با افزایش مدت زمان اعمال تیمار، میزان کاروتنوئیدها افزایش یافته است. همچنین امواج الکترومغناطیسی سبب افزایش میزان کلروفیل ها شده اند، اما این افزایش معنادار نبوده است. در پژوهشی مشابه نشان داده شده است که امواج الکترومغناطیسی با شدت پائین سبب افزایش کاروتنوئیدها در گیاه مرزه بختیاری شده است (۲۶). یافته های اخیر نشان می دهند که امواج الکترومغناطیسی می توانند طول عمر رادیکال های آزاد را زیاد کنند و پتانسیل تخریبی آنها را افزایش دهند (۲۷). کاروتنوئیدها بعنوان اولین خط دفاعی بر علیه اکسیژن های رادیکال شناخته شده اند. این ترکیبات توانایی خاموش کردن ROSها و همچنین سرکوب کلروفیل سه تایی (کلروفیل رادیکال با سه الکترون جفت نشده) که

نتایج حاصل از مقایسه میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی برگي نشان دهنده تفاوت معنادار بین تیمارها و گروه شاهد می باشد. نتایج به دست آمده نشان می دهند که میزان این فاکتور در تمام گروه های تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی افزایش داشته است. بیشترین میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی در برگ



شکل ۷- نمودار تغییرات میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی (µM MDA/g FW) در برگ دانه رست ها. داده ها حاصل میانگین حداقل سه تکرار مستقل هستند. خطوط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد است. حروف غیریکسان نماینده معنی دار بودن تفاوت در سطح $p < 0.05$ می باشد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین قند محلول در برگ نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها و گروه شاهد می باشد. نتایج به دست آمده در روز چهاردهم نشان می دهد که میزان قند محلول در تمام گروه های تحت تیمار میدان الکترومغناطیسی کاهش داشته است. بیشترین کاهش در برگ های دانه رست های بذرهای تری که به مدت ۱ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته بودند، دیده شد؛ همچنین دانه رست های حاصل از بذرهای ۱۴-۵ نیز کاهش قند محلول بالایی را نشان دادند. این سه دسته دانه رست دارای اختلاف معنی دار با گروه شاهد بودند، ولی سایر تیمارها علیرغم آنکه میزان قند محلول در آنها کم شده بود، ولی اختلاف معنی داری را در سطح $p < 0.05$ با گروه شاهد نشان ندادند (شکل ۸).

مهمترین منبع رادیکال آزاد در برگ است را دارند (۳۰-۲۸). بنابراین افزایش میزان کاروتنوئیدها تحت میدان الکترومغناطیسی می تواند دلیلی برای ثبات میزان کلروفیل ها باشد.

فلاونوئیدها متابولیت های ثانویه ای هستند که در سیتوپلاسم و یا سطح سیتوزولی شبکه آندوپلاسمی سنتز می شوند و با فعالیت آنتی اکسیدانی برخی گیاهان را از تنش های زیستی و غیر زیستی محافظت می کنند (۳۱). تجمع ترکیبات فنلی در بافت های گیاهی برای افزایش تثبیت کربن فتوسنتزی بعنوان یک ساز و کار دفاعی بسیار مهم است. یکی دیگر از نقش های ترکیبات فنلی محافظت از کلروفیل ها می باشد. بررسی های زیادی نشان داده اند که امواج الکترومغناطیسی می توانند با تجزیه کلروفیل ها سبب کاهش میزان آنها گردند. در نتیجه با افزایش میزان ترکیبات فلاونوئیدی در برگ های دانه رست های تحت میدان الکترومغناطیسی، کلروفیل تا حدی از آسیب اکسیدانی محافظت شده و کلروفیل ها تحت میدان الکترومغناطیسی تجزیه نشده اند. همچنین، بررسی های به عمل آمده نشان داده است که شاخص کلروفیل دچار کاهش نسبی شده است (کاهش غیرمعنی دار). شاخص کلروفیل بعنوان یک نشانگر غیرمستقیم در فعالیت انرژی زایی LHCP (کمپلکس جمع کننده نور که متعلق به فتوسیستم II در کلروپلاست گیاهان می باشد) است که مرحله اول تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی را کنترل می کند. همچنین می توان انتظار داشت که با کاهش غیرمعنی دار کارایی فتوسنتز، کاهش قند محلول نیز غیرمعنی دار باشد، ولی نتایج نشان دادند که امواج الکترومغناطیسی سبب کاهش معنی دار و قابل توجه قند

محلول شده است. تجهیزات فتوسنتزی بر روی غشا گرانومی کلروپلاست قرار گرفته اند (۴). پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی از جمله عوامل موثر در تخریب غشاهای زیستی می باشند که این موضوع توسط رادیکال های آزاد و با ایجاد پراکسیل اسید چرب رخ می دهد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که امواج الکترومغناطیسی سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها در برگ دانه رست ها شده است. بنابراین می توان انتظار داشت که افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی سبب کاهش کارایی فتوسنتز شده باشد. همچنین افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می تواند سبب در هم ریختگی اجزا تشکیل دهنده فتوسیستم I و II و تشکیلات آنها و همچنین عدم قرارگیری نامناسب آنها گردد. در نتیجه با کاهش کارایی فتوسنتز و تخریب غشا در اثر تنش اکسیداتیو و در نتیجه آن اختلال در تجهیزات فتوسنتزی میزان قند محلول کاهش معناداری را در برگ دانه رست ها داشته است.

امواج الکترومغناطیسی با تاثیر روی کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها و همچنین با تاثیر روی لیپیدهای غشایی سبب کاهش کارایی فتوسنتز و به تبع آن کاهش میزان قند محلول در برگ دانه رست های گیاه شاهی شده است.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله نویسندگان کمال تشکر و امتنان را از کلیه کارشناسان آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال دارند.

منابع مورد استفاده

۲. باقری ابیانه، ا.، مجد، ا.، جعفری، س.، ۱۳۹۶ بررسی ساختمان تشریحی تکوینی اندام های رویشی و زایشی در گیاه شاهی (*Lepidium sativum* L.). فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران، جلد ۱۲، شماره ۱: ۹-۱۵.
۳. جوانی جونی، ف.، عبدالملکی، پ.، قناتی، ف.، ۱۳۸۷. بررسی اثر مغناطیسی ایستا بر فعالیت آنزیم های آنتی

۱. اطهری نیا، م.، نوری، م.، قناتی، ف.، بررسی اثرات میدان الکترومغناطیسی ایستا بر برخی ویژگی های مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه نخود *Cicer arietinum* در مرحله رشد رویشی. پژوهش و سازندگی، جلد ۲۱، شماره ۶۲-۶۸: ۳

۵. مجد، ا.، فرض پور ماجیانی، س.، درانیان، د.، بررسی اثر میدان های مغناطیسی بر جوانه زنی تکوین دانه رست های ماش (*vicia sativa*). فیز محیطی گیاهی، دوره ۵، شماره ۲: ۹-۱
- Adey, WR., 1993. Biological effects of electromagnetic fields. *J Cell Biochem* 51:410-416
- Barnes, FS., Greenebaum, B., Bioengineering and biophysical aspects of electromagnetic fields. Taylor & Francis Group. 2006.
- Blank M, Goodman R (2009) Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology* 16:71-78
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci* 7:405-410
- Rollwitz, J., Lupke, M., Simko, M., 2004. Fifty-hertz magnetic fields induce free radical formation in mouse bone marrow-derived promonocytes and Macrophages. *Biochim Biophys Acta* 1674:231-238
- Blank, M., Soo, L., Papstein, V., 1995. Effects of low frequency magnetic fields on Na, K-ATPase activity. *Bioelectrochemistry and bioenergetics*, 38 : 267-273.
- Blank, M., Goodman, R., 2009. Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology* 16:71-78
- Goodman, R., 1994. Increased levels of hsp70 transcripts are induced when cells are exposed to low frequency electromagnetic fields. *Bioelectrochem. Bioenerg*, 33, pp 115-120.
- Ursache, M., Mindru, G., Creanga, RDE., Tufescu, FM., Goiceanu, C., 2009. The effects of high frequency electromagnetic waves on vegetal organisms. *Rom. Journ. Phys.*, Vol. 54, 133-145
- Atak, C., Emiroglu, S. Alikamanogku and A. Rzakoulieva, 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merril) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 113-119.
- Belyavskaya, N. A. (1981) Changes in plastid ultrastructure in pea meristem cells exposed to magnetic fields with conditionally zero magnetic intensity. *Ukrainian Botanical Journal* 37: 81-82. (in Ukrainian).
- اکسیدان و محتوای فلاونوئیدی در گیاه باقلا (*vicia faba*) L. (مجله علمی پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، جلد ۳۵، شماره ۶: ۱۹۵-۲۰۸
۴. خالصی، م.، یوسفی، ر.، و شاهسون بهبودی، ب.، ۱۳۸۱. زیست شناسی سلولی و مولکولی، صفحه ۶۱-۶۲.
16. Belyavskaya, N. A. (2004) Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in space Research* 1566-1574.
17. Bagheri Abyaneh, E., 2016. Low frequency Electromagnetic Field Induced Oxidative Stress in *Lepidium sativum* L., *Iran. J. Sci. Technol. Trans. Sci* 1: 1-8.
18. Sowerby, J. Boswell Syme, J.T. (ed.), Lankester, J.W. Salter, J. de Carle Sowerby, Sowerby J.E., (1863-1869). *English Botany, or Coloured Figures of British Plants*, volumes 1-9. Third edition. Robert Hardwicke, London. Downloadable scans from The Biodiversity Library. www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8148.
19. Thellung, A., 1906. Die Gattung *Lepidium* (L.) R. Br. Eine Monographische Studie. *Mitteilungen aus dem Botanischen Museum der Universität Zurich*. XXVIII.
20. Majd, A., Bagheri Abyaneh, E., Jafari, S., Tajaddod, G., Salimpour F., 2014. Generative meristem, anther development and microsporogenesis in *Lepidium sativum* L., *Adv. Environ. Biol* 8(12): 247-250.
21. Bagheri Abyaneh, E., Majd, A., Jafari, S., Tajaddod, G., Salimpour, F., 2014. Influence of the electromagnetic fields on some biological characteristics of *Lepidium sativum* L., *Adv. Environ. Biol* 8(4): 980-984.
22. Lichtenthaler, HK., Wellburn, AR., 1983. Determinations of Total Carotenoids and Chlorophylls *a* and *b* of Leaf Extracts in Different Solvents. *Biochemical Society Transactions* 11: 591 - 592.
23. Krizek, DT., Britz, SJ., Mirecki RM., 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth cv. New Leaf Fire lettuce. *Physiol Plant* 103:1-7
24. De Vos CHR, Schat H, DeWaal MAD, Vooijs R, Ernst WHO., 1991. Increased resistance to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant

- Silene cucubalus. *Physiol Plant* 82:523–528
25. Dubios M.K., Gilles J.K., Robers P.A., Smith F., 1951. Calorimetric determination of sugar and related substance. *Analyt. Chem.* 26, 351356
 26. Ramezani Vishki, F., Maid, A., Nejadsttari, T., Arbabian, S., 2012. Effects of Electromagnetic Field Radiation on Inducing Physiological and Biochemical Changes in *Satureja bachtiarica* L.. *Iranian Journal of Plant Physiology* 2 (4): 509-516.
 27. Bushberg, J.A., Seibert, J.M., Boone, E.M., 1994. Leidholdt, *Radiation Biology*, in: *The Essential Physics of Medical Imaging*, Lippincott Williams and Wilkins, Baltimor, USA.
 28. Cogdell, R.J., Frank, H.A., 1987. How Carotenoids Function in Photosynthetic Bacteria, *Biochim Biophys Acta*, 895: 63–79.
 29. Krinsky, NI., 1979. Carotenoid Protection Against Oxidation. *Pure Appl Chem*, 51: 649–660
 30. Triantaphylides, C., M. Krischke, FA., Hoerberichts, B., Ksas, G., Gresser, M., Havaux, F., Van Breusegem Mueller, MJ.,2008. Singlet Oxygen Is the Major Reactive Oxygen Species Involved in Photooxidative Damage to Plants. *Plant Physiol*148: 960–968.
 31. Pourcel, L., Routaboul, J.M.B., Cheynier, V., Lepiniec, L., Debeaujon, I., 2006. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological Functions trends in plant Science.12, 1.