Journal of Cell & Tissue (JCT)
Autumn 2010; 1(1): 35-42

Research Article

The effects of electromagnetic field (EMF) on vegetative organs, pollen development, pollen germination and pollen tube growth of *Glycine max L.*

Arbabian S, Ph.D[1]*, Majd A, Ph.D[1], Salaripour S, M.Sc[2]

1- Department of Biology, Faculty of Biological Science, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- MS Student, Department of Biology, Faculty of Biological Science, North Tehran Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran

* Email corresponding author: arbabias@yahoo.com

Received: 2 Feb. 2011 Accepted: 10 Apr. 2011

Abstract

Aim: Electromagnetic field (EMF) is an unavoidable environmental factor for living beings which many investigations have been conducted to evaluate its effect. In this research the effects of EMF on vegetative organs, pollen development, pollen germination and pollen tube growth of *Glycine max L.* were studied.

Materials and Methods: Exposure to EMF was performed by a locally designed generator which its electrical power was provided by a 220 V and 0.1 A, AC power supply .This system consist of a PVC cylinder with 20 × 20 cm (diameter and length) and 300 turn coil of copper wire. The structure of vegetative parts and reproductive organs was studied using common methods of cell – histology.

Results: In the stem of treated samples collenchymas layers were increased and formation of xylem tissues was more rapid. In the leaves, spongy parenchyma tissue was deformed and numbers of trichomes were increased, in addition leaves and shoot development were delayed and the size of anthers was also decreased with the deformation of their cell wall. The numbers of pollen and tetraspore, decreased and they were also abnormal in shape. Under EMF treatment, the germination percentage of pollen was decreased and pollen tubes were helicoidal and short.

Conclusions: Low intensity electromagnetic field may have effects on the structure of some organs and developmental characteristic of them in *Glycine max L.*

Keywords: *Glycine max L.,* Magnetic field, Pollen.

تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر اندام‌های رویشی، تکوین دانه‌های گرده، رویش و رشد لوله‌های گرده گیاه سویا *Glycine max L.*

صدیقه اربابیان.Ph.D[1]*، احمد مجد.Ph.D[1]، سالومه سالاری پور M.Sc[2]

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

۲- کارشناس ارشد زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: arbabias@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹ /۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱/۲۱

چکیده

هدف: میدان‌های الکترو مغناطیسی عامل محیطی اجتناب ناپذیری برای جانداران هستند که اخیرا تحقیقات زیادی برای بررسی اثر آن انجام شده است. دراین پژوهش تاثیر میدان الکترومغناطیسی بر اندامهای رویشی، تکوین دانه های گرده، رویش و رشد لوله گرده در گیاه سویا بررسی شده است.

مواد و روش‌ها: میدان الکترومغناطیسی توسط منبع تغذیه ای با ولتاژ ۲۲۰ ولت و شدت جریان ۰/۱ آمپر در سیم پیچ مسی با ۳۰۰ دور دراستوانه ای از پلی وینیل کلراید (P.VC) به قطر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر ایجاد شد و سپس بذرهای سترون شده ۲۴ ساعت با شدت ۲۰ گوس تیمار شدند. ساختار تشریحی اندام های رویشی و زایشی به روشهای متداول سلول– بافت شناختی بررسی شد.

نتایج: در ساقه نمونه های تحت تیمار، افزایش لایه‌های کلانشیمی، تسریع تشکیل بافتهای چوبی و در برگ بی نظمی سلولهای پارانشیم اسفنجی، افزایش تعداد کرکها و نیز تاخیر در تکوین برگ و ساقه دیده شد. بساک ها کوچک تر و دیواره آنها نامنظم بود. تعداد تتراسپورها و گرده‌ها کاهش داشت و گرده ها شکل غیر طبیعی داشتند. رویش گرده ها تحت تاثیر میدان تا چهار برابر کمتر و لوله‌های گرده پیچیده و کوتاه تر بودند.

نتیجه گیری: میدان‌های الکترومغناطیسی با شدتهای کم بر ساختار و تکوین اندامها در گیاه سویا اثردارند.

واژگان کلیدی: سویا، دانه گرده، میدان الکترومغناطیس

مقدمه

تاثیر میدان های مغناطیسی با شدت کم بر سیستم های زنده در مطالعات in vitro و in vivo در سال های اخیر نشان داده شده است. استفاده گسترده و سریع از دستگاه های متفاوت الکتریکی و الکترونیکی پیدایش و ظهور فرکانس های میکروویو و رادیویی، میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی را افزایش داده است. این میدان‌ها به عنوان تابش های غیر یونیزان طبقه‌بندی می‌شوند(۱) و می‌توانند آسیب هایی را موجب شوند که وابسته به قدرت، شدت، میزان فرکانس و نیز ویژگی‌های بافت تحت تاثیر می باشد. شواهدی وجود دارد که میدان‌های مغناطیسی تغییراتی را در نفوذپذیری غشاء و میزان رشد سلول ایجاد می‌کنند، همچنین موجب بر هم کنش با یون ها و مولکول‌های آلی مثل پروتئین ها و نوکلئیک اسید ها می شوند.

چگونگی اثر میدان‌های مغناطیسی بر پدیده‌های زیستی جانداران به طور کامل شناخته نشده است. میدان‌های الکترومغناطیسی مجموعه ای از میدان‌های الکتریکی و میدان‌های مغناطیسی هستند. میدان مغناطیسی متغیر سبب القای میدان الکتریکی در بافت می شود و اثرات زیستی منتسب به میدان الکتریکی به میدان مغناطیسی نیز قابل تعمیم است. برخی مولکول‌های حیاتی خاصیت مغناطیسی دارند و پاسخ زیستی مضاعف نشان می دهند. اینطور به نظر می‌رسد که میدان‌های مغناطیسی اثرگذاری بیشتری نسبت به میدان‌های الکتریکی روی بافت زنده دارند. بدین مفهوم که میدان‌های الکتریکی از درون سلول گذر نموده و سلول در مقابل آن مانند یک خازن عمل می‌نماید. اما میدان‌های مغناطیسی به درون سلول نفوذ کرده و زمان اثرگذاری آن‌ها طولانی‌تر است (۲). میدان مغناطیسی متغیر طبق قانون القای فارادی در بافت تولید میدان الکتریکی می‌نماید و در نتیجه جریان گردابی یا (Eddy) در مسیر حلقوی عمود بر جهت میدان مغناطیسی تولید خواهد نمود (۳). با وجود مطالعات گسترده‌ای که در زمینه اثرات زیستی میدان‌های الکترومغناطیس کم فرکانس صورت گرفته است هنوز سازوکار این اثرات در سطح سلولی و مولکولی مشخص نیست (۴). تحقیقات نشان می‌دهند که اثرات میدان‌های الکترومغناطیس کم فرکانس، ناشی از تاثیر این میدان‌ها بر نفوذپذیری غشاء سلول است. انواع متفاوتی از کانال‌های یونی در غشاء سلول یافت می‌شوند که فعال و غیر فعال شدن آن‌ها از طریق باز و بسته شدن، بر پارامترهای سلول اعم از پتانسیل استراحت، پتانسیل عمل، تغییر در نفوذپذیری غشاء و نقش اساسی ایفا می کنند. عملکردهای کانال‌های یونی مبتنی بر اثر اختلاف غلظت و رانش یون‌ها بر اثر اختلاف پتانسیل است. بنا بر این فرایندی مانند تغییر ولتاژ، محرکی برای تغییر در روند عملکرد کانال های یونی با تحت تاثیر قرار دادن و باز و بسته شدن آن‌ها می‌شود (۴). اختلاف پتانسیل القا شده توسط میدان مغناطیسی کم فرکانس، کانال های یونی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فعالیت یون‌ها در سلول‌ها دارای توازن طبیعی است، بنابراین درصورت تداخل با اثرات میدان‌های مغناطیسی، پدیده رزونانس اتفاق می افتد که می تواند رفتار سلول را تغییر دهد و به دلیل ارتباطات بین سلولی، بر کل فعالیت ارگانیسم تاثیر گذارد (۵و۶).

گیاهان از اجزای ضروری اکوسیستم‌ها هستند و نقش‌های مهمی را در زندگی به عنوان تولیدکنندگان اولیه و اصلی غذا و اکسیژن ایفا می کنند. لقاح از فرایندهای بنیادی برای تولید محصول و بقای نسل در گیاهان است که به شدت به سلامت دانه‌های گرده، قابلیت زیست و رویش آن‌ها وابسته است. تنش‌های زیستی و غیر زیستی که سلامت و توان رویش دانه‌های گرده و رشد لوله‌های گرده را مختل سازند موجب کاهش شدید محصول و عملکرد گیاهان می شوند (۵). برخی پژوهش‌ها اثرات مثبت و گاهی منفی میدان‌های الکترومغناطیسی بر پدیده‌های زیستی گیاهان از جمله جوانه زنی بذرها و تکوین دانه رست‌ها را نشان داده‌اند (۶، ۷و ۸) اما در مورد اثر میدان‌های مغناطیسی بر رویش دانه‌های گرده و رشد لوله‌های گرده پژوهش‌ها بسیار اندک هستند (۷) و آگاهی‌های علمی کافی وجود ندارد. در پژوهش حاضر اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر تغییرات اندام های رویشی، تکوین دانه‌های گرده، رویش گرده‌ها و رشد لوله‌های گرده در گیاه سویا که از نظر اقتصادی مهم می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

دو استوانه از جنس پلی وینیل کلراید (pvc) به قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری تهیه و بر روی هر یک ۳۰۰ دور سیم مسی به ضخامت یک میلی‌متر پیچیده شد. یکی ازاستوانه‌های سیم پیچ شده به مداری با جریان الکتریکی یک دهم آمپر متصل شد تا میدان مغناطیسی مورد نظر حاصل شود. سیم پیچ دیگر بدون اتصال به مدار الکتریکی برای کنترل در نظر گرفته شد.

بذرهای گیاه سویا از موسسه پاکان بذر تهیه و سپس با آب ژاول تجارتی و الکل بسیار رقیق ضد عفونی شدند. بذرها به دوگروه کنترل و تحت تاثیر میدان تقسیم شدند. نمونه های تحت تیمار به مدت ۲۴ ساعت در میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده به شدت ۲۰ گوس قرار گرفتند. سپس همه بذر ها به خاک باغچه منتقل شد و پس از رویش بذر ها و رسیدن گیاهان به مرحله گل دهی برداشت نمونه ها و بررسی های لازم انجام شد.

به منظور بررسی مراحل تکوین دانه‌های گرده ها، غنچه‌های گل در مراحل متفاوت تکوین برداشت و با فیکساتور F.A.A (فرمالدئید تجاری: ۲ میلی لیتر، اتانول ۹۶ درصد: ۱۷ میلی‌لیتر و اسیداستیک خالص: ۰/۵ میلی لیتر) تثبیت شدند. پس از آماده سازی های لازم بر بنای روش های متداول سلول - بافت شناختی و تهیه برش‌های میکروتومی با ضخامت ۸ تا ۱۰ میکرومتر (با میکروتوم Slee Mainz، آلمان)، رنگ آمیزی برش‌ها با هماتوکسیلین - ائوزین(۹)و بررسی آن‌ها با فتومیکروسکوپ Zeiss 25-MC80 انجام و از نمونه های مناسب عکس‌برداری شد. تعدادی از نمونه‌ها پس ازتثبیت با گلوتارآلدئید در بافر فسفات و تثبت تکمیلی با اسمیوم به وسیله ستون آب گیری شدند و پس از اشباع سازی از رزین (Epon)، در همین رزین قالب‌گیری وبا اولترامیکروتوم Leo 912، آلمان از آن‌ها برشهای نیمه نازک تهیه شد. برش‌ها با آبی تولوئیدین رنگ آمیزی و با میکروسکوپ نوری مشاهده و عکس‌برداری شدند (۱۰).

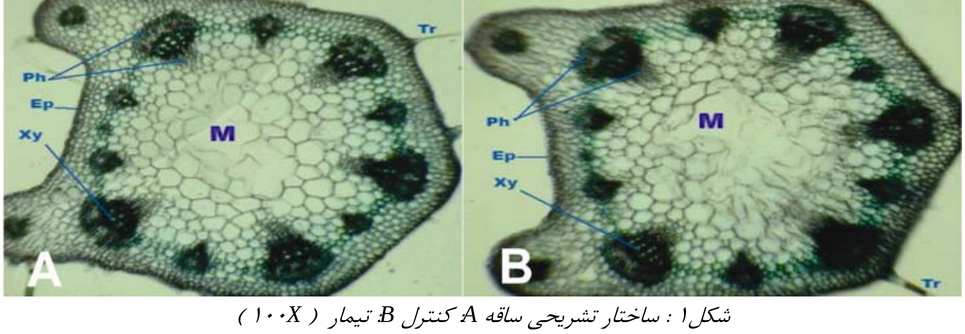
محیط کشت دانه‌های گرده از حل کردن ساکارز، نیترات کلسیم، اسید بوریک به ترتیب ۱۰، ۰/۳ و ۰/۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و افزودن ۰/۵ گرم آگار تهیه شد. محیط کشت در شرایط کاملا استریل زیر هود به ظرف‌های پتری منتقل شد و پس از جامد شدن محیط، ظرف‌ها با پارافیلم مسدود و تا زمان استفاده در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تعدادی از بساک‌ها در مراحل متفاوتی از تکوین از گل‌ها برداشت و در زیر استریومیکروسکوپ به کمک اسکالپل خرد شدند. با استفاده از سانتریفوگاسیون سبک (۱۰۰۰g) در ساکارز ۷ درصد گرده ها خالص سازی و با آب مقطر شستشو شدند. کنترل زیستی دانه های گرده با استفاده از ایوانس بلو انجام شد(۱). دانه‌های گرده زنده ایوانس بلو را جذب نمی‌کنند و رنگ نمی‌گیرند ولی این رنگ از غشاء دانه های گرده مرده عبور کرده و سیتوپلاسم را رنگی می‌کند. به کمک میکروپیپت حجم برابری از سوسپانسیون گرده ای به هر پتری دیش دارای محیط کشت افزوده شد. تعدادی از ظرف های پتری دارای گرده‌های کشت شده در دمای آزمایشگاه برای مدت ۲۴ ساعت تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی با شدت ۲۰ گوس و تعدادی دیگر به عنوان کنترل (شاهد) در استوانه بدون میدان با شرایط مشابه با نمونه‌های تحت تیمار قرار گرفتند. کلیه نمونه‌ها مدت ۲۴ ساعت در تاریکی بودند(۱۱).

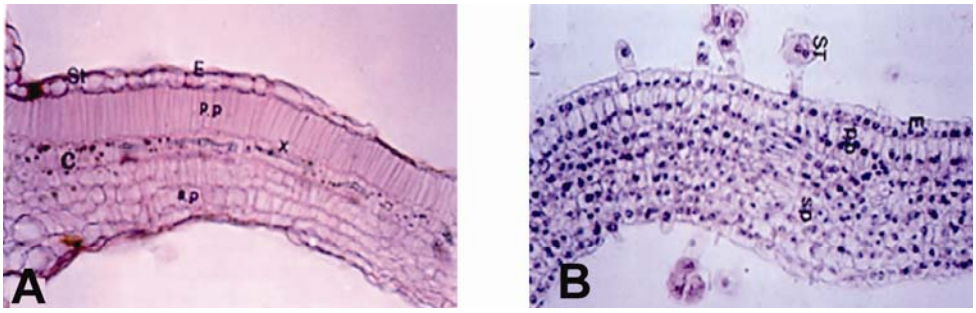
نتایج

بررسی برش های دستی ساقه و برگ ها در نمونه های کنترل و تیمار که در ساختار ساقه افزایش نسبی ردیف های کلانشیمی در زیر اپیدرم، افزایش نسبی سرعت چوبی شدن سلول های پارانشیمی در میان دسته های چوب آبکش، تحلیل رفتگی سریع تر سلول‌های پارانشیمی مغز ساقه را نشان داد (شکل ۱).

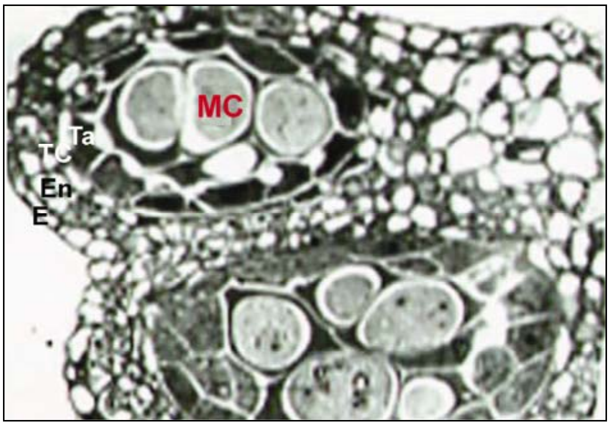
در ساختار تشریحی برگ نیز بی نظمی و از هم گسیختگی سلول‌های پارانشیمی به ویژه در پارانشیم اسفنجی و افزایش تعداد کرک‌ها قابل توجه است. میانگین تعداد کرک‌ها در نمونه‌های تحت تیمار نسبت به کنترل از ۳±۱۲ به ۳±۲۸ کرک در میلی‌متر مربع افزایش یافت. (شکل ۲).



شکل۱ : ساختار تشریحی ساقه A: کنترل B: تیمار (X۱۰۰)

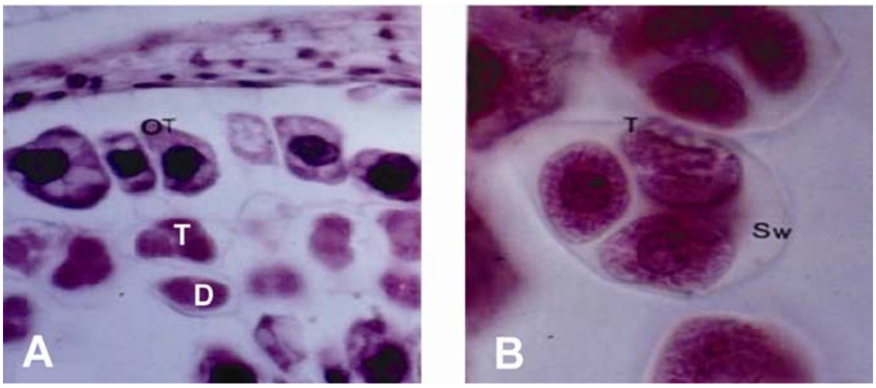


شکل۲ : ساختار تشریحی برگ   A: کنترل   B: تیمار (۱۰۰X)



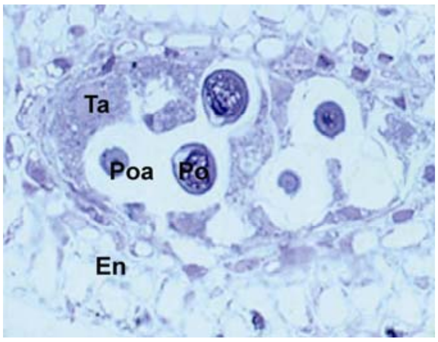
شکل۳ : بساک جوان (کنترل)

اختصارات : M: مغز، Ph: آبکش، Xy: چوب، Pc: پارانشیم پوستی، Tr: کرک، PP : پارانشیم نرده ای، SP : پارانشیم اسفنجی، E: اپیدرم، ST: کرک ترشحی، En : لایه مکانیکی(آندوتسیوم)، Tc: لایه سلول گذر (موقت)، Ta: لایه مغذی (تاپتوم)، MC : مادر گرده

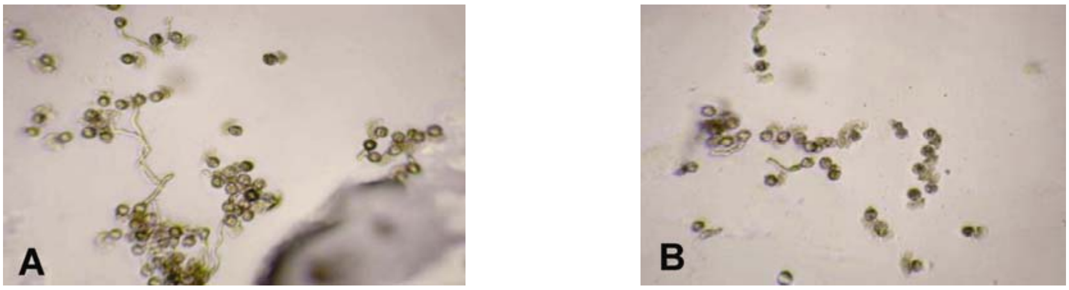


شکل ۴: مراحلی از تکوین دانه های گرده   (کنترل)   A: (۲۵۰ X)   B: (۱۰۰۰X)

شکل ۵: کوچک ماندن نیمه بساک و کاهش تعداد دانه های گرده   (تیمار)   (۱۰۰ X)



شکل۶: بساک رسیده با تعداد دانه های گرده کاهش یافته و گرده های غیر طبیعی (تیمار)   (۲۵۰X)



شکل ۷: رویش دانه های گرده و تشکیل لوله گرده A: کنترل B: تیمار (X۱۰۰)

***اختصارات:** T: مرحله تتراد D: مرحله دیاد Sw: دیواره ویژه، St: محل شکفتن بساک، Mi: میکروسپور، Poa : دانه گرده غیر طبیعی، Po: دانه گرده*

در بررسی برش‌های میکروتومی بساک‌ها به طور کلی تاخیر در مراحل تکوینی بساک ها مشاهده شد. این تاخیر در حدی بود که وقتی در نمونه‌های کنترل بساک ها دارای تتراد بودند، دراغلب نمونه‌های تحت تیمار سلول‌های مادر گرده دیده می‌شدند. مقایسه ساختار بساک نمونه های تحت تیمار میدان در مقایسه با نمونه های کنترل نشان داد که اندازه بساک‌ها تا حدی کوچکتر و سلول‌های دیواره بساک تخریب شده‌اند. در نمونه‌های کنترل در دیواره بساک از خارج به داخل، لایه اپیدرم، لایه مکانیکی، سلول‌های گذر و لایه سلول‌های مغذی (تاپتوم) دیده می‌شدند و کیسه‌های گرده دارای سلول‌های مادری گرده را احاطه کرده بودند (شکل ۳). درحالی که در نمونه‌های تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی بی نظمی‌هایی در ساختار سلول‌های دیواره بساک مشاهده می‌شد. رشد نامتقارن دو نیمه بساک و کوچک ماندن کلی سلول‌های لایه مکانیکی از بی نظمی‌های مشاهده شده در نمونه‌های تحت تیمار می‌باشد (شکل ۵). سلول‌های مادر گرده در دوره میوز، مرحله دیاد و سپس تتراد را می‌گذرانند (شکل ۳و۴). تعداد سلول‌های مادر گرده، تتراسپورها و در مراحل پیشرفته‌تر دانه‌های گرده در بساک نمونه‌های تحت تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی کاهش قابل ملاحظه داشتند (مقایسه شکل‌های ۶و ۴و ۳) این کاهش تا حدود ۶۰ درصدمی رسید. دانه‌های گرده با شکل و اندازه غیر طبیعی به ویژه در نیمه کوچک مانده بساک نیز فراوان بودند (شکل۵). همان گونه که(شکل ۶) نشان می‌دهد دانه های گرده طبیعی دارای شکل کروی، اندازه حدود ۳۰ میکرون، اگزین و محتوای سیتوپلاسم مشخص بودند، در حالی که گرده های غیر طبیعی که در این شکل دیده می‌شوند، کوچکتر با اندازه حدود ۱۷ میکرون و محتوای نامشخص داشتند. نمونه‌های گرده دو هسته‌ای که میتوز را با موفقیت گذرانیده بودند در نمونه‌های کنترل بیش از نمونه‌های تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی ظاهر شدند.

بررسی نتایج کشت دانه‌های گرده نشان داد که در نمونه‌های کنترل نه تنها رویش دانه‌های گرده سریع تر و تا حدود ۴ برابر بیشتر بود، بلکه لوله های گرده نیز حالت طبیعی داشتند، اما لوله‌های گرده در نمونه‌های تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی اغلب پیچ خورده و تا حدی کوتاه‌تر هستند. میانگین طول لوله لوله‌های گرده در نمونه های کنترل ۹۰ میکرون و درنمونه‌های تحت تیمار به ۴۰ میکرون کاهش یافته است (شکل ۷).

بحث

در سال های اخیر میدان های الکترومغناطیسی به عنوان یکی از عوامل موثر بر موجودات زنده منظور شده اند و میدان های دارای شدت زیاد به عنوان عامل تنش زا محسوب می گردند. این میدان ها می توانند بر تکثیر و تمایز سلولی تاثیر گذارند و سرعت جوانه زنی و رشد دانه رست ها را تغییر دهند و بر مقاومت دانه رست‌ها در برابر عوامل بیماریزا موثر باشند (۱) Burtebayeva et al. ،(۶) Florez et al. ،(۷) Martinez et al. (۸) ، Kokoubunji (۱۲) و Frey (۱۳) تاثیر میدان‌های مغناطیسی بر تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی دانه‌ها و نیز رشد و نمو دانه رست ها را گزارش کردند و علت این تغییرات را اثر القا کنندگی میدان های مغناطیسی بر ژن های عملکردی هسته سلول ها اعلام نمودند. Shabrangi et al (۱)، Majd et al. (۱۴) و Salehi et al. (۱۵) با پژوهش های خود تغییرات ریختی و ساختار تشریحی گیاهان بادام زمینی، عدس و کلزا تحت تیمار با میدان های مغناطیسی و الکترومغناطیسی را گزارش کردند و افزایش فرایند چوبی شدن، گسترش سیستم آوندی، فراخ شدن دهانه آوندهای چوبی را نتیجه تاثیر این میدان ها بر ویژگی های ساختار تشریحی گیاهان تحت آزمایش اعلام داشتند. نتایج پژوهش حاضر نیز در زمینه تغییرات ریختی، افزایش میزان بافت های استحکامی و فرایند چوبی شدن با گزارش های مذکور همسویی دارد. در هم ریختگی ساختار

مزوفیل برگ‌ها به ویژه در حد پارانشیم اسفنجی، افزایش فضاهای بین سلولی که در پژوهش حاضر در برگ نمونه‌های تحت تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی دیده شده با گزارش های Matsuda et al. (۱۶) و Majd et al. (۱۴) همسویی دارد. Volkrodt (۱۷) با بررسی آسیب های گیاهان در جنگل‌های آلمان دریافت که استفاده از رادارها طی جنگ‌های آلمان عامل اصلی برای این آسیب‌ها بوده و تغییر شکل گل‌ها و بساک‌ها را ناشی از اثرات میدان‌های مغناطیسی گزارش نموده است. تغییرات شکل و اندازه بساک پرچم ها، کاهش تعداد دانه‌های گرده، تغییر و بی نظمی شکل گرده ها، تاخیر در وقوع میتوز و بلوغ دانه های گرده که در پژوهش حاضر در نمونه های تحت تیمار با میدان های الکترومغناطیسی دیده شده با گزارش Krishnan و همکاران (۱۸) همسویی دارد. این تغییرات می‌توانند ناشی از اختلال در متابولیسم و بیوسنتز های لازم در هر مرحله از مراحل تکوین بساک ها و گرده ها باشند.

مشاهدات ما در مورد کاهش رویش دانه‌های گرده، اختلال در وضع لوله‌های و کاهش طول لوله‌های گرده در نمونه‌های تحت تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی با گزارش‌های Sperber et al. (۱۹) و Alexander et al. (۲۰) که این تیمارها را موجب طویل شدن لوله های گرده گزارش کرده اند هم خوانی ندارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل تفاوت در ژنوتیپ گیاهان مورد آزمایش، شدت و زمان تاثیر میدان ها باشد.

German (۲۱) پژوهشهایی را بر روی رشد لوله گرده در گیاه *Actinidia delicosa* تحت تاثیر میدان های مغناطیسی انجام داد و ناهنجاریهایی در تشکیل لوله های گرده و نیز ماریچی شدن تعدادی از آنها را گزارش کرد که نتایج آزمایشهای پژوهش حاضر با این نتایج همسویی دارد.

نتیجه گیری

میدان‌های الکترو مغناطیسی حتی در شدت‌های کم می‌توانند بر پدیده‌های زیستی گیاه سویا موثر بوده و به عنوان یک عامل تنش زا موجب القای ژن های درگیر در تشکیل بافت‌های استحکامی باشند که نتیجه عملکرد آن‌ها به صورت افزایش بافت کلانشیم و اسکلرانشیم در ساقه‌ها دیده می‌شود. از طرف دیگر تخریب زود هنگام و سریع تر پارانشیم مغز می‌تواند نوعی پاسخ به تنش ناشی از اثر میدان الکترو مغناطیس باشد زیرا این سلول‌ها که اغلب بیش از سلول‌های پارانشیم پوستی واکوئلی شده‌اند با تحلیل رفتن سریع موجب کاهش مصرف انرژی زیستی و تغییر مسیرهای بیوسنتزی برای تشکیل هر چه بیشتر بافت‌های ضروری از جمله بافت های استحکامی می‌شوند.

تغییر در سیستم آوندی و افزایش قطر دهانه آوندهای چوبی نیز پاسخی در همین جهت و برای جریان سریع تر و مناسب تر آب و نمک‌های کانی به بخشهای فعال گیاه می باشد. میدان الکترومغناطیسی به کار گرفته شده در پژوهش حاضر توانسته است به عنوان یک عامل تنش زا بخش‌های حساس تر گیاه سویا از جمله برگها، اندام‌های زایشی و به ویژه پرچم‌ها را که نسبت به بخش مادگی با محیط خارج تماس بیشتری دارند، تحت تاثیر قرار دهد و موجب اختلالاتی چون کاهش تعداد دانه های گرده، افزایش تعداد گرده های غیر عادی، کاهش توان رویش آن ها و اختلال در رشد لوله های گرده باشد. این تغییرات بی تردید می‌توانند موجب کاهش کلی در مقدار و کیفیت محصول (عملکرد) گیاه باشند که موضوعی برای پژوهش‌های آینده خواهد بود.

منابع

1. Shabrangi A, Majd A, Sheidai M. Effects of electromagnetic field on seed germination, anatomical structure, seedling ontogenesis, cytogenetic and molecular characteristics of *Zea mays L.* and *Brassica napus L. Ph.D Thesis* 2011, Dep. Boi l. Sci.Faculty of sciences , Tarbiat Moallem University.Tehran ,Iran. 2011; 6 – 12.

2. Falistocco E, Tosti T. Cytomixis in pollen mother cell of diploid 5-*Dactylis*, one of origin of 2n gametes .J. of Heredity. 1995; 89 : 448 – 453.

3. Atak C, Emiroglu O, Alikamanoglu S, Rzakoulieva A. Stimulation of regeneration by magnetic field in *soybean* tissue cultures . J Cell Mol Biol. 2003; 2 : 113-9.

4. Paul A, Robert F, Meisel M. High magnetic field indused changes of gene expression jn Arabidopsis .BioMag Res Technol. 2006 ;14 : 103-7.

5- Germana Ma, Chianone B, Melati MR, Firetto A. Preliminary results on the effect of magnetic field on anther culture and pollen germination of *Citrus clementina* Hort. ex Tan. In: ISHS Acta Horticulturae. 2003; 625 411 – 418.

6. Florez M, Victoria M, Martinez E. Exposure of *maize* seeds to stationary magneticfield : effects of germination and early growth. Environmental and experimental botany. 2007; 59 . 68-75.

7. Burtebayeva D.,Burtebayev N., Kakhraman VD. Application of electromagnetic radiant of low

frequency for increasing of the crop capacity of the agricultural seeds . Avras Nukleer Bul. 2003; 64-68.

8. Martinez E, Carbonell MV, Amaya J. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley *(Hordeum vulgare L.)*. Electro Magnetobiol. 2000; 19, 271-77.

9. Yeung E C. Histological and histochemical staining procedures . In: Vasil, I.K. Cell culture and somatic cell genetics of plants .Orlando .Florida :Academic press.1984; 686-692.

10. Shariatzadeh SMA, Majd A, Practical guide for cell and molecular biology. 2009;131-151.

11. Evans NA and Hoyne PA. Characteristics and specificity of the interaction of a fluorochrome from aniline blue (Sirofluor) with polysaccharides. Carbohydr. Polym. 1984; 4, 215–230.

12. Kokoubunji M. Effects of magnetic fields on the growth of primary roots of *zea maize* research laboratory Plant and cell physiology. 1998; 29. 1215-1219.

13. Frey AH. Electromagnetic field interactions with biological systems. FASEB. J. 1993;7(2) 272-81.

14. Majd A, Arbabian S, Falahian F. The effects of magnetic field on germination and early growth *in Arachis hypogaea* . J.Biol.Sci. Islamic Azad Univ.2001 ; 2(3).

15. Salehi M, Majd A. Effect of some physical and chemical factors on the vegetative and reproductive growth and germination of *soybean*. M.Sc Thesis, Dep.Boil.Sci Faculty of sciences, Tarbiat moallem university Tehran, Iran.1999; 24 -31.

16. Matsuda T, Asou H, Kebayashi M, Yonekura .Influences of magnetic fields on growth and fruit production of *Straw berry*. Symposium . 2007; 378-380.

17. Volkrodt W. Are microwaves faced with Fiasco similar to that experienced by nuclear energy? wetter boden me nsch . 1991; 4, 131-136.

18. Krishnan P., Berlage AG. Magnetic conditioning of seed of *Leek* to increase seed germination percentage. Journal of seed technology. 1986; 10(1) : 97 – 115.

19. Sperber D, Dransfeld K, Maret G. Oriented growth of pollen tubes in strong magnetic fields . Naturwissen schaften. 1981; 8:40-41.

20. Alexander MP , Ganeshans S. Electromagnetic field induced in vitro pollen germination and tube growth .Currentsci .1990; 59 (5) 276-87.

21. German HM. Effect of brief magnetic exposure on cereal germination seedling growth and pollen germination of *actinidia delicosa* ,Can . J. Plant sci.1988; 58: 78 – 86.