بررسی تأثیر میدان های الکترومغناطیس بر خصوصیات جوانه زنی بذر تربچه

محمد قوشچیان*[1]، روزبه عباس زاده[2]

۱- دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی ، دانشگاه تهران

۲- عضو هئیت علمی، پژوهشکده کشاورزی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: mghoushchian@yahoo.com

چکیده

امروزه با گسترش روز افزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا؛ روش‌های زیادی برای بهبود بازده و همچنین کاهش طول دوره‌ی رشد محصولات کشاورزی مطرح شده است که اصلاح بذر و اعمال تیمارها و پیش‌تیمارها روی آن از مؤثرترین روش‌ها است. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که میدان مغناطیس می‌تواند روی موجودات زنده تأثیر بگذارد با این وجود ساز و کار دقیق این تأثیرها هنوز نامشخص است. بنابراین در تحقیق حاضر اثر اعمال میدان الکترومغناطیس بر بذر تربچه در شدت‌ها و بازه‌های مختلف بررسی شد. خصوصیات بررسی شده؛ میانگین زمان جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میزان رشد ساقه‌چه بودند که برای دو شدت میدان ۰/۵ و ۱/۵ میلی تسلا و سه مدت زمان ۱۵، ۶۰ و۲۴۰ دقیقه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس اثر میدان مغناطیس بر صفات جوانه زنی بذر تربچه نشان داد که اثر شدت میدان بر صفات جوانه‌زنی بذر تربچه معنی دار نبود ولی اثر زمان بر سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه در سطح ۰.۰۵ معنی دار بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی و کمترین زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار با مدت زمان ۲۴۰ دقیقه بود و بیشترین رشد ساقه‌چه در زمان‌های ۱۵ و۲۴۰ دقیقه مشاهده شد. مقایسه تیمار منتخب ۲۴۰ دقیقه-۰/۵ میلی تسلا و نمونه‌ی شاهد (بدون اعمال میدان) بیانگر آن است که مقادیر درصد جوانه‌زنی و رشد ساقه‌چه در تیمار منتخب به طور معنی داری بیشتر از شاهد بود.

واژگان کلیدی: کشت الکتریکی، تربچه، جوانه‌زنی، میدان الکترومغناطیس

مقدمه

روشهای تحریک فیزیکی، سمت و سوی فرآیندهای فیزیولوژیکی که توسط سیستمهای ژنتیکی گیاه کنترل می‌شوند را تغییر نمی‌دهند، به عبارت دیگر آنها بدون دستکاری ژنتیکی رشد و فرآیندهای متابولیکی را تحریک می‌نمایند. به طور کلی روشهای بیوفیزیکی قادر به افزایش رشد گیاهان با سطح بالای انرژی هستند. این روشها مقدار انرژی را، مستقل از منشاء آنها افزایش داده و پتانسیل الکتریکی غشاء سلول را افزایش می دهند. از این رو، کاربرد مقادیر بهینه‌ی روش‌های فیزیکی برای بذر و گیاه، اثر ژنتیکی روی گیاه نداشته و به نسل بعد منتقل نخواهد شد (Vasilevski, 2003). استفاده از امواج الکتریکی، میدان مغناطیسی، نور و امواج صوتی و ... به منظور افزایش عملکرد و سرعت رشد محصولات کشاورزی کشت الکتریکی نامیده می‌شود (Nelson, 1999).

میدان مغناطیسی کمیتی برداری است که با $\vec{B}$ نشان داده می شود. میدان مغناطیسی به وسیله موادی که دارای خاصیت مغناطیسی هستند مثل آهن، نیکل و کبالت ایجاد می‌شود. منشاء این خاصیت نوع حرکت الکترون های هر اتم به دور خودش و به دور هسته است. همچنین میدان مغناطیس می‌تواند در اثر عبور جریان (حرکت الکترون ها) مستقیم الکتریکی (جریان ثابتی که با زمان تغییر نمی‌کند) از یک رسانا و نیز به علت عبور جریان متناوب الکتریکی (جریانی که معمولا به طور سینوسی و با فرکانسی مشخص تغییر می‌کند) ایجاد شود. به طور معمول به جای استفاده از یک سیم (رسانا) مستقیم از چند حلقه سیم پیچیده شده برای افزایش بزرگی میدان در وسط حلقه ها استفاده می‌شود (عباس زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

میدان مغناطیس زمین جزئی طبیعی از محیط زیست گیاهان است. اگرچه واکنش گیاهان به مواردی چون طول‌موج های مختلف نور، لمس کردن و جاذبه مورد بررسی قرار گرفته است اما اثر میدان مغناطیس زمین بر رشد و نمو گیاه به خوبی شناخته نشده است. این میدان بر روی بسیاری از سامانه های زنده و فرایند های بیولوژیک اثرگذار است (Maffei, 2014). شدت و جهت میدان مغناطیس زمین در نقاط مختلف متفاوت است. در سطح زمین بیشترین مقدار مؤلفه عمودی میدان در قطب مغناطیسی برابر با حدود ۶۷ µT و در استوای مغناطیسی مقدار آن برابر صفر است. مؤلفه افقی در استوای مغناطیسی تقریبا مساوی ۳۳ µT و در قطب های مغناطیسی صفر است (Kobayashi *et al.*, 2004).

تربچه با نام علمی (Raphanus sativus) برای کبد و معده بسیار مفید است و خون را تصفیه می‌کند. این گیاه را می‌توان به صورت خام در سالاد یا از برگ‌های آن به صورت پخته در سوپ استفاده کرد. تربچه به دلیل فیبر بالایی که دارد، به سرعت معده را پر می‌کند و احساس سیری ایجاد می‌کند بدون اینکه کالری زیاد به بدن برساند و انتخاب خوبی برای افرادی است که می‌خواهند وزن کم کنند؛ سم‌زدای بسیار خوبی است و سرشار از ویتامین C ، اسید فولیک

و آنتوسیانین است و به بهبود انواع سرطان به ویژه سرطان کولون، کلیه، روده ، معده و دهان کمک می‌کند (Natural Food Benefits).

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که میدان مغناطیسی می‌تواند روی موجودات زنده تأثیر بگذارد. با این وجود سازوکار دقیق این تأثیرها هنوز نامشخص است. یک توصیف ممکن برای اثرات متعدد میدان مغناطیسی روی موجودات زنده، تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن است که با میانجی‌گری آهن انجام می‌گیرد (پایز و همکاران، ۱۳۹۲). تحقیقاتی در مورد استفاده از مغناطیس و الکترومغناطیس به منظور بهبود رشد محصولات کشاورزی انجام شده است (Aladjadjiyan 2007, Almaghrabi and Elbeshehy 2012, Maffei 2014, Odhiambo *et al.* 2009). تنش میدان مغناطیسی ۵۰۰mT بر ذرت باعث ۲۵٪ افزایش در رشد ریشه ها شد (Kato, 1988). تأثیر تحریک مغناطیسی بر روی بذرهای گندم مورد بررسی قرار گرفت و با اعمال میدان مغناطیسی ۳۰ میلی تسلا ۳٪ افزایش طول و ۵٪ افزایش وزن حاصل شد (Wyjcik, 1995). اعمال میدان الکترومغناطیسی ضعیف به مدت ۱۲ ساعت بر بذر برنج موجب افزایش جوانه زنی شد؛ شایان ذکر است میدانی با شدت ۱۰۰ nT تا ۰/۵ mT به طور معمول میدان ضعیف نامیده می شود (Alexander and Doijode, 1995). پاسخ برنج به تیمارهای اعمال میدان مغناطیسی بررسی و منجر به رشد ۱۸ درصدی نرخ و درصد جوانه زنی با اعمال درازمدت mT ۱۵۰ شد. همچنین با خیساندن با آبی که به روش دینامیکی مغناطیسی شده بود بهبود جوانه زنی به میزان ۱۶٪ بدست آمد (Carbonell *et al.*, 2000). افزایش درصدجوانه زنی بذورگوجه فرنگی دراثرپیش تیمار کوتاه مدت با میدان الکتریکی و مغناطیسی مستقیم دیده شده است (Moon and Chung, 2000). مراحل اولیه رشد جو نیز به وسیله میدان مغناطیسی ایستا تحریک شد. بذرها در معرض میدان مغناطیسی ۱۲۵ میلی تسلا در مدت زمان های یک، ۱۰، ۲۰ ، ۶۰ دقیقه، ۲۴ ساعت و دراز مدت قرار گرفتند و افزایش طول و وزن مشاهده شد (Martinez *et al.*, 2000). در مورد استفاده از تیمار میدان مغناطیس برای ذرت، افزایش۲۵٪ جوانه زنی، ۷۲٪ وزن و ۲۵٪ طول گزارش شده است (Aladjadjiyan, 2002). در مورد آفتابگردان هایی که در معرض میدان مغناطیسی بودند، گزارش شد که افزایش کم اما معنی داری در وزن تر کل ، وزن تر ساقه و وزن تر ریشه دیده شده است؛ در حالی که وزن خشک و سرعت جوانه زنی بدون تغییر باقی مانده است (Fischer *et al.*, 2004). اعمال میدان ۲۰μT توسط یک جفت سیم پیچ هلم هلتز با شعاع ۲۰cm و ۱۵۴ دور انجام شد. استفاده از میدان متناوب؛ جوانه زنی را در همه غلظت ها و طول ریشه را در بعضی تیمارها افزایش داد (Sakhnini, 2007). همچنین جوانه زنی بذر نخود نیز به وسیله اعمال میدان های مختلف مغناطیسی بالا برده شده است (Tahir and Hama karim, 2010). اعمال میدان مغناطیسی ایستا در دامنه صفر تا ۲۵۰ میلی تسلا به مدت یک، دو، سه و چهار ساعت به آفتابگردان نیز جوانه زنی، سرعت رویش، طول

گیاه و وزن خشک را افزایش داد. بهترین نتیجه در اعمال میدان های ۵۰ و ۲۰۰ میلی تسلا به مدت ۲ ساعت حاصل شد. همچنین تیمارنمودن بذر آفتابگردان با میدان مغناطیسی، طول ساقه‌چه را شش تا ۴۱٪، طول ریشه‌چه را ۱۶ تا ۸۰٪، طول گیاهچه را ۱۲ تا ۵۷٪ و شاخص بنیه را ۱۸ تا ۷۴٪ افزایش داد (Vashisth and Nagarajan, 2010). با اعمال میدان الکترومغناطیس ۳۰۰ میلی تسلا به مدت ۳۰ دقیقه به بذرهای گندم و همچنین استفاده از آب مغناطیسی، افزایش سرعت و درصد جوانه زنی و تمامی پارامترهای رشد گیاه گندم و تعداد باندهای پروتئین مشاهده شد (Omar and Elbeshehy, 2012).

مواد و روش ها

آزمایش در سال ۱۳۹۴ در سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران به صورت طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. بدین منظور از بذر های بسته بندی شده ۸۰ گرمی Vikima استفاده شد که درصد خلوص آنها ۹۹٪ بوده و تحت پیش‌تیمار thiram قرار گرفته بودند. بذور تربچه (Radish) به تعداد ۲۵ عدد بذر در هر پتری‌دیش بر روی دو لایه کاغذ صافی معمولی قرار داده شدند و ۵ میلی‌لیتر آب به آنها اضافه شد. پتری‌دیش ها در محیط آزمایشگاه، با نورطبیعی و در دمای متوسط ۲±۲۷ درجه سانتیگراد تحت میدان مغناطیسی متناوب قرار گرفتند. تیمارها شامل ۶ نوع میدان مغناطیسی و یک تیمار شاهد بود. آزمون مذکور به منظور بررسی تاثیرات میدان مغناطیسی بر میانگین زمان جوانه زنی ، درصد جوانه زنی ، سرعت جوانه زنی و میزان رشد ساقه‌چه طی ۶ تیمار و ۱ نمونه شاهد در ۴ تکرار R1 تا R4 انجام گرفت.

جدول ۱- زمانبندی و شدت میدان مغناطیسی تیمارها

کد تیمار	مدت زمان اعمال میدان	شدت میدان اعمال شده
C	0	0
B_1	15min	0/5mT(AC)
B_2	60min	0/5mT(AC)
B_3	240min	0/5mT(AC)
B_4	15min	1.5mT(AC)
B_5	60min	1.5mT(AC)
B_6	240 min	1.5mT(AC)

میدان مغناطیسی متناوب : برای اعمال میدان مغناطیسی متناوب از سامانه‌ای مطابق شکل ۱ استفاده شد، شامل :

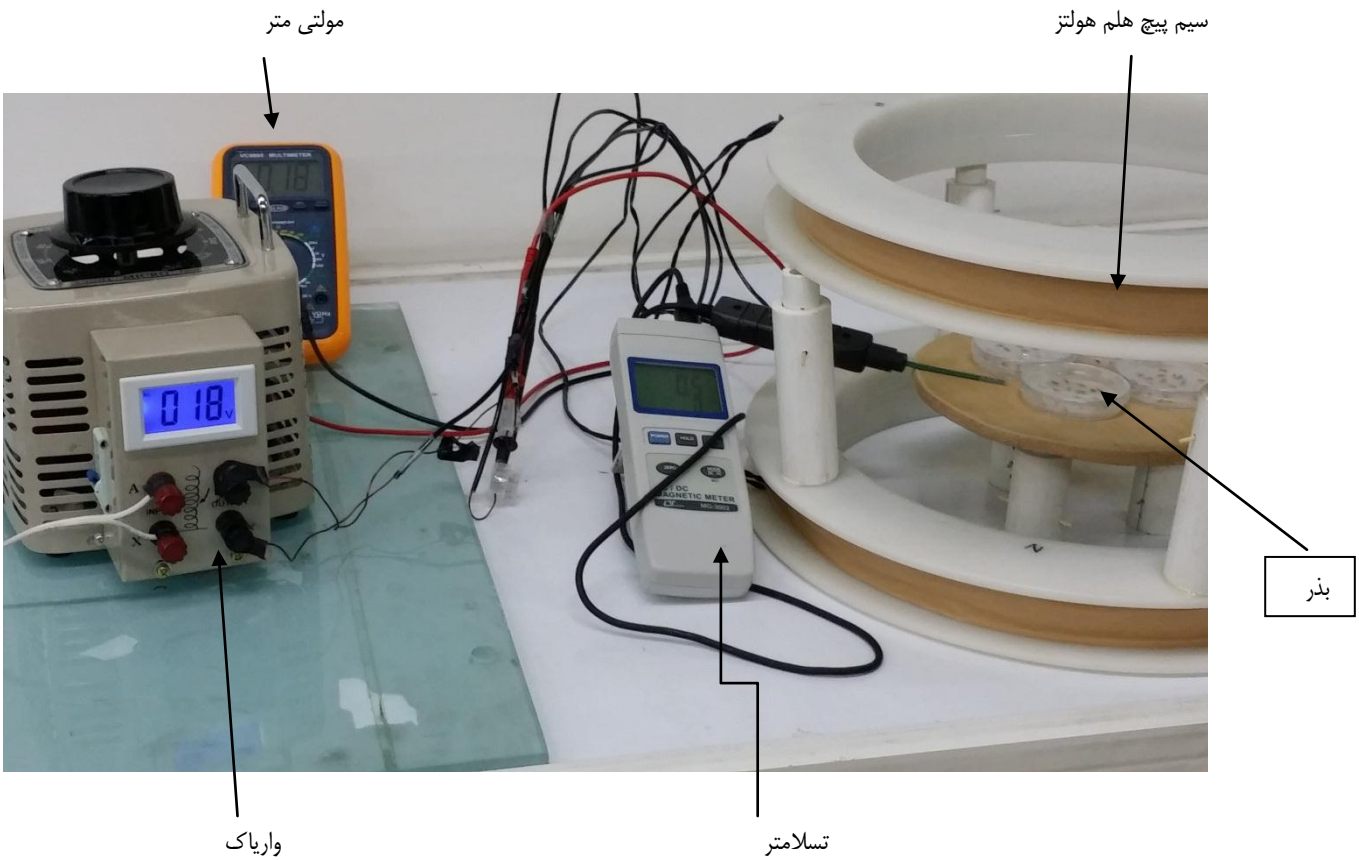
۱) سیم پیچ هلم هولتز : دو دستگاه به شعاع و ارتفاع متوسط ۱۸ و ۲۳ سانتی متر و هر کدام متشکل از دو سری سیم پیچ یکی با ۵۰۰ دور و دیگری با ۱۰۰۰ دور است ، لازم به ذکر است شدت میدان مغناطیسی متاثر از تعداد دور سیم پیچ ، شعاع و شدت جریان می باشد .

۲) اتو ترانس واریاک : PDGC2-2 (ساخت کشور چین ، شرکت Micro) گونه‌ای ترانسفورمر الکتریکی است که تنها یک سیم‌پیچ دارد. سیم‌پیچ موجود در اتوترانسفورماتور در واقع می‌تواند عمل سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه موجود در ترانسفورمر را انجام دهد. اتوترانسفورماتور واریاک یک دستگاه پر بازده برای کنترل ولتاژ متناوب می باشد. در پژوهش اخیر، دو عدد واریاک به برق متناوب شهری با فرکانس ۵۰ هرتز و ولتاژ ۲۲۰ ولت متصل شد که با تغیر ولتاژ امکان دست یابی به جریان های مورد نظر و در نتیجه شدت های میدان معین را میسر می ساخت. گستره توان اتوترانس بکار رفته V ۳۰۰-۰ و حداکثر توان آن KW ۲ است.

۳) مولتی متر : از مولتی متر VC9805 (ساخت کشور چین ، شرکت Gilsun) برای اندازه گیری شدت جریان استفاده شد (۲عدد). مولتی متر در مدار به طور سری بین واریاک و سیم پیچ هلم هلتز قرار داده شد.

۴) تسلا متر: تسلا متر MG-3002 (ساخت کشور تایوان، شرکت Lutron) که بر اساس حسگر های همراه با جبران خودکار دما کار می کند به منظور سنجش میدان مغناطیس و الکترومغناطیس به کار رفت (۲عدد).

جوانه زنی : پس از اعمال میدان مغناطیسی نمونه ها در اتاقک رشد (در محیط تاریک و در دمای $25C^{o}$) نگهداری شدند. نمونه ها طی ۴ روز متوالی (از لحاظ تعداد بذرهای جوانه زده) مورد بررسی قرار گرفتند، به این صورت که هر روز تعداد بذر های جوانه زده ثبت می‌شد. پس از این مدت که جوانه زنی متوقف شد؛ بذرها از پتری‌دیش‌ها خارج شدند و طول ساقه‌چه اندازه گیری شد تا میزان رشد بذرها با هم مقایسه شود.



شکل ۱- سامانه اعمال میدان الکترومغناطیس به بذر

نتایج و بحث

با توجه به تجزیه‌ی واریانس ارائه شده در شکل ۳؛ تأثیر شدت میدان و مدت زمان بر صفات جوانه زنی بذر به طور مستقل بررسی گردید و همچنین اثر متقابل آنها بر صفات جوانه زنی مورد بررسی قرار گرفت. اثر شدت میدان و اثر متقابل شدت میدان و زمان بر صفات جوانه‌زنی بذر تربچه معنی دار نبود ولی اثر زمان بر سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه در سطح ۰/۰۵ معنی دار بود و تأثیر معنی داری بر درصد جوانه زنی نداشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر میدان مغناطیس بر صفات جوانه زنی بذر تربچه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		جوانه زنی (درصد)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز)	میانگین زمان جوانه زنی (روز)	طول ساقه‌چه (میلی متر)
شدت میدان (میلی تسلا)	۱	۱۳/۷۵۴	۳/۰۴۱	۰/۰۱۱	۴۱۷/۶۹۳
مدت زمان (دقیقه)	۲	۱۳/۳۱۷	۷/۲۸۵*	۰/۰۳۷*	۱۱۸۰/۵۴*
شدت میدان × زمان	۲	۱۲/۵۱۷	۱/۴۵۹	۰/۰۰۸	۴۰۷/۴۰۸

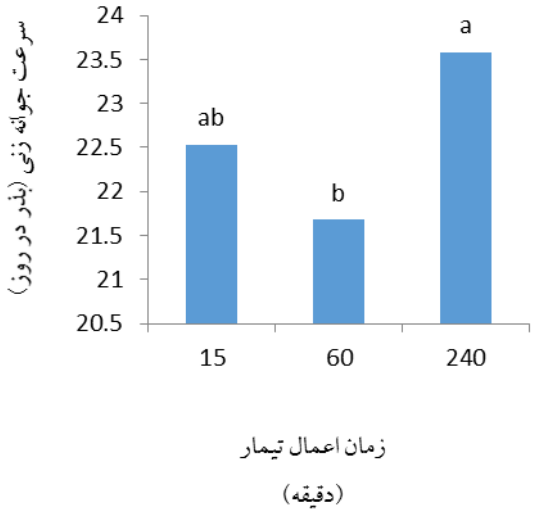
*معنی داری در سطح احتمال ۵٪

همچنین مطابق شکل های ۲، ۳ و ۴ اثر زمان های مختلف اعمال تیمار بر سرعت جوانه زنی، میانگین زمان جوانه زنی و طول ساقه‌چه توسط آزمون دانکن بررسی شد که نتایج بدست آمده به شرح زیر است:

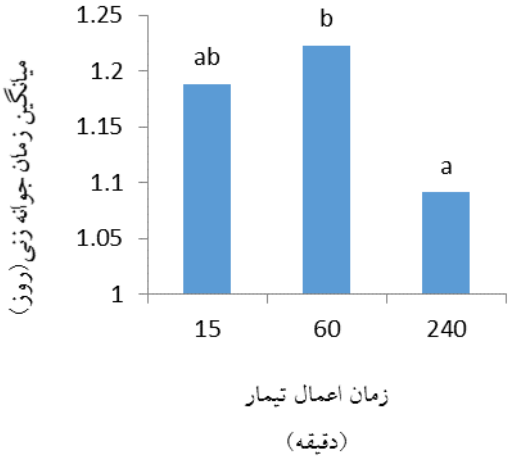
بیشترین سرعت جوانه‌زنی در زمان اعمال تیمار ۲۴۰ دقیقه و کمترین سرعت جوانه‌زنی در زمان ۶۰ دقیقه بود؛ همچنین اختلاف معنی داری بین دو تیمار ۶۰ و ۲۴۰ دقیقه وجود داشت.

کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی در۲۴۰ دقیقه و بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار ۶۰ دقیقه‌ای اتفاق افتاده بود؛ همچنین اختلاف معنی داری بین این دو تیمار وجود داشت.

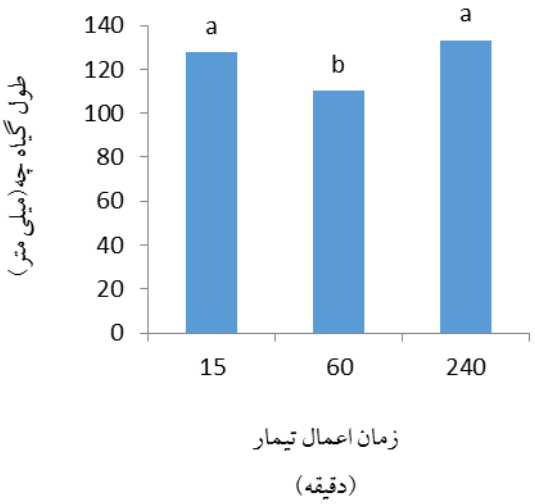
بیشترین رشد ساقه‌چه در تیمار های ۱۵ و ۲۴۰ دقیقه مشاهده شد و اختلاف معنی داری بین این دو تیمار مشاهده نشد ولی هردو با تیمار ۶۰ دقیقه‌ای اختلاف معنی داری داشتند.



شکل ۲- مقایسه‌ی اثر زمان های مختلف اعمال تیمار بر سرعت جوانه‌زنی



شکل ۳- مقایسه‌ی اثر زمان‌های مختلف اعمال تیمار بر میانگین زمان جوانه زنی



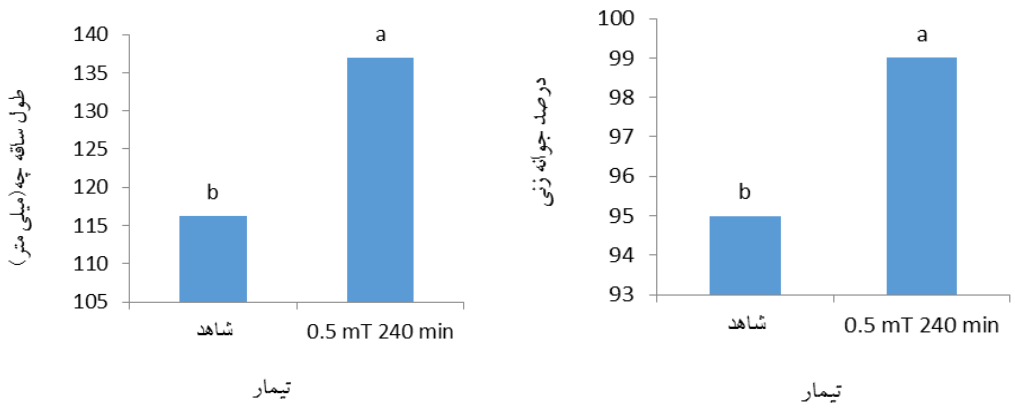
شکل ٤- مقایسه‌ی اثر زمان های مختلف اعمال تیمار بر طول ساقه‌چه

بنابر این با توجه به هرسه نمودار، تیمار ۲۴۰ دقیقه‌ای نتایج بهتری را نسبت به بقیه تیمار ها نشان داد از این رو در جدول ۳ نمونه‌ی شاهد را با نمونه منتخب که همان تیمار ۲۴۰ دقیقه‌ای و با شدت ۰/۵ میلی تسلا بود مقایسه کردیم. علت انتخاب شدت 0.5mT بجای 1.5mT با توجه به اینکه شدت میدان اثر معنی داری روی صفات جوانه‌زنی نداشت؛ صرف انرژی و هزینه‌ی کمتر برای حصول آن بود.

جدول ۳- نتایج آزمون t برای مقایسه صفات جوانه زنی بذر تربچه در تیمار الکترومغناطیس منتخب و شاهد

	t			
درجه آزادی	جوانه زنی (درصد)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز)	میانگین زمان جوانه زنی (روز)	طول ساقه‌چه (میلی متر)
۶	۲/۸۲۸*	۱/۳۲	۱/۱۱۹	۲/۷۶۷*

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمونt می‌توان گفت درصد جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه برای تیمار منتخب و شاهد در سطح ۰/۰۵ معنی دار بودند و همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است هم در صفت درصد جوانه‌زنی و هم در رشد ساقه‌چه تیمار منتخب ما بسیار بهتر از شاهد عمل کرده است.



شکل ۵- مقایسه درصد جوانه زنی و طول ساقه‌چه بین تیمار منتخب (0.5mT-240 min) و نمونه‌ی شاهد

همچنین نتایج مشابهی در تحقیقات بر روی دیگر محصولات گزارش شده است که بیانگر تأثیر مثبت و معنی دار اعمال میدان‌های مغناطیسی بر بهبود عملکرد آنها شده است. به عنوان نمونه دستاورد قرارگیری بذور سویا در معرض میدان مغناطیسی در زمان های ۴، ۸، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ ثانیه ازدیاد عملکرد به میزان ۴۸٪ بود (Nedialkov *et al*.,1996). در بررسی مکانیسم فعالیت فرکانس میدان مغناطیسی کم روی مراحل تندش بذرهای گندم مشاهده شد که pH ژله اطراف بذر در اثر فعالیت آنزیم های هیدرولیزی داخل بذر تغییر می یابد. تغییر در میزان فعالیت پروتئین های غشأ روی میزان اسیدیته ژله بذر اثر می گذارد و فعالیت های آنزیمی در جهت تجزیه نشاسته افزایش می یابد (Aksenon *et al*.,1997). قراردادن بذرهای گندم در معرض میدان های مغناطیسی ثابت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی تسلا و مدت زمان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و نیز یک تیمار میدان مغناطیس دایم با شدت سه میلی تسلا نشان داد که میدان مغناطیسی بطور معنی داری بر متوسط زمان جوانه زنی تأثیر گذاشت، به طوریکه بیشترین سرعت در تیمار میدان مغناطیسیmT ۱۰۰ و مدت ۲۰ دقیقه بدست آمد و زمان نسبت به شاهد ۴۳ درصد کاهش یافت. تیمارهای میدان مغناطیسی بطور میانگین طول ساقه‌چه گندم را۲۷٪ افزایش داد (فیضی و همکاران،۱۳۹۰).

به نظر می رسد میدان الکترومغناطیس می‌تواند بر تبادل یون ها در غشاء سلول اثر گذارد . ضمنا با اثرگذاری بر آنزیم‌ها فرایندهای متابولیکی دچار تغییر می‌شوند. همچنین وجود عناصری با خواص مغناطیسی در سلول می تواند اثربخشی میدان مغناطیسی را افزایش دهد به طوری که بسیاری از الکترون های جفت نشده با قرارگیری در میدان جفت شوند و یا اسپین الکترون ها در اثر گشتاور وارد شده با میدان همسو گردند. بنابراین کاربرد این روش ها می‌تواند رویکردی جدید در افزایش کمی و کیفی تولید محصولات زیستی و کاهش مواد شیمیایی محسوب شود. سلول‌های زنده دارای بار الکتریکی هستند که به واسطه حضور یون‌ها و رادیکال‌های آزاد ایجاد می‌شوند. میدان‌های مغناطیسی با برهم‌کنش با یون‌ها و به ویژه مواد فرّومگنتیک نظیر آهن بر سلول‌های زنده تأثیر می‌گذارند. میدان‌های مغناطیسی

از جمله عوامل محیطی هستند که می‌توانند آثار درخور توجهی را حتی در مدت زمان اندک و شدت های پایین بر سیستم‌های زنده داشته باشند (قناتی و همکاران،۱۳۹۲).

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 (Falistocco and Tosti, 1995). 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 (Germana *et al*., 2003, Florez *et al*., 2007).

نتیجه گیری کلی

هرچند به علت معنی دار نبودن مقایسه زمان های اعمال میدان الکترومغناطیس با هم نمی توان بطور کلی گفت با افزایش زمان اعمال میدان الکترومغناطیس بر بذر ها ، صفات جوانه‌زنی و رشد در آنها بهبود یافته ولی همان طور که مشخص شد، اختلاف معنی داری بین شاهد و تیمار منتخب « 0.5mT-240min» مشاهده گردید و محرز شد که هم در صفت درصد جوانه‌زنی و هم در رشد ساقه‌چه تیمار منتخب ما بسیار بهتر از شاهد بوده است به نحوی که درصد جوانه زنی آن از حدود ۹۵٪ به حدود ۹۹٪ رسیده و طول ساقه‌چه از حدود ۱۱۵ میلی‌متر تا حدود ۱۳۵ میلی‌متر افزایش یافته است. می‌توان تیمار « 0.5mT-240min» را به عنوان یک تیمار بهینه معرفی کرد که صفات جوانه‌زنی را بهبود بخشیده است.

منابع

پایز ع.، قناتی ف.، بهمنش م.، عبدالمالکی پ. وقهرمانی‌نژاد م. ۱۳۹۲. حفظ تمامیت غشا و تحریک سامانه آنتی اکسیدان گیاه گندم تحت تأثیر میدان مغناطیسی ایستا و متناوب در فاز رویشی. ۲ (۱) : ۱۰-۱.

عبـاس زاده ر.، صـرامی ش.، زنـوزی ع. و نوروزیـان ا. ۱۳۹۴. بررسـی کشـت الکتریکـی گیـاه آلوئـه‌ورا. طـرح پژوهشـی. پژوهشکده کشاورزی. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران.

فیضـی ح.، رضـوانی مقـدم پ.، کـوچکی ع.، شـاه طهماسـبی ن. و فتـوت ا.۱۳۹۰. تـأثیر شـدت و زمانهـای مختلـف میـدان مغناطیسـی بـر رفتـار جوانـه زنـی و رشـد گیاهچـه گنـدم*(Triticum aestivum L.)* نشـریه بـوم شناسـی کشـاورزی جلد ۳، شماره۴. صفحات ۴۹۰-۴۸۲.

قناتی فائزه.، رجب‌بیگی الهام.، عبدالمالکی پرویز. پاسخ‌های فیزیولوژیک سلول‌های جداکشت گیاه جعفری به میدان مغناطیسی ایستا. زیست‌شناسی گیاهی . ۱۳۹۲; ۵ (۱۵) :۵۹-۶۸.

Aksenon, S. L., A. Bulychev, T.TU. Grunina and V.B .Turovetskii. 1997. Mechanism of the action of a low frequency magnetic field on the initial stage of germination of wheat seeds. Journal of Electro Science, Vol 28: 12-34.

Aladjadjiyan A. (2002) - Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of Zea mais. Journal of Central European Agriculture, 3:2, 89-94.

Aladjadjiyan A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture 8:369-380.

Alexander, M.P., S.D. Doijode, Electromagnetic field, a novel tool to increase germination and seedling vigour of conserved onion (Allium cepa L.) and rice (Oryza sativa L.) seeds with low viability, Plant Genetic Resource Newsletter, 1995, 104, 1– 5.

Almaghrabi OA, Elbeshehy EK. 2012. Effect of weak electro magnetic field on grain germination and seedling growth of different wheat (Triticum aestivum L.) cultivars. Life Science Journal 9.

Carbonell, E. Martinez, J.M.Amaya. (2000). Stimulation of germination of rice by a static magnetic field. Electro and magneto biology, 19:1, 121- 128.

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.

Fischer G, Tausz M, Köck M, Grill D. 2004. Effects of weak 16 3/2 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. Bio electromagnetics. 25(8):638-41.

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.

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.

Health Benefits of Radish. Available from http://www. Naturalfoodbenefits.com/ display.asp? CAT=2&ID=85. Accessed 2016.

Kato, R., Effects of magnetic field on the growth of primary roots of Zea mays, Plant Cell Physiol., 1988, 29(7), 1215–1219.

Kobayashi, M., Soda, N., Miyo, T., and Ueda, Y. (2004). Effects of combined DC and AC magnetic fields on germination of hornwort seeds. Bio electromagnetics 25, 552–559.

Maffei ME. 2014. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. Frontiers in plant science 5:445.

Maffei, Massimo.E. 2014. Magnetic field effects on plant growth, development and evolution. Frontiers in Plant Science. 5. 00445.

Martinez, E., M.V. Carbonell and J.M. Amaya, 2000. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (Hordenumvulgare L.). Electro and Magnet. 19(3): 271-277.

Moon JD, Chung HS. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. J Electrostatics 48: 103–114.

Natural Food Benefits, www. Naturalfoodbenefits.com

Nedialkov N., Nenov S., Parmakov D. (1996). Pre-sowing treatment of seeds by magnetic field. Zemes Ukio Inzinerija, Nokslo Darbai. 27, 141-150.

Nelson, R.A.1999. Electro-culture. Journal of ExtensionVol 28:2-28.

Odhiambo J, Ndiritu F, Wagara I. 2009. Effects of static electromagnetic fields at 24 hours incubation on the germination of Rose Coco Beans (Phaseolus vulgaris). Rom. J. Biophys 19:135-147.

Omar A. Alma Ghrabi and Esam. K. F. El Beshehy (2012). Effect of Weak Electro Magnetic Field on Grain Germination and Seedling Growth of Different Wheat (Triticum Aestivum L.) Cultivars. Life Sci J 2012; 9(4).

Sakhnini L., 2007. Influence of Ca2+ in biological stimulating effects of AC magnetic fields on germination of bean seeds, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume 310, Issue 2, Part 3, Pages e1032-e1034.

Tahir, N. Abdul-Razzak and H. F. Hama Karim (2010). Impact of Magnetic Application on the Parameters Related to Growth of Chickpea (Cicer arietinum L.). Jordan Journal of Biological Sciences. 3(4): 175-184.

Vashisth, A., and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (Helianthus annuus) seeds exposed to static magnetic field. Journal Plant Physiology 167: 149-156.

Vasilevski, G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal Plant Physiology (Special Issue) 179–186.

Wyjcik S., (1995). Effect of pre-sowing magnetic bio stimulation of the buckwheat seeds on the yield and chemical composition of buckwheat grain. Current Advances in Buckwheat Research. Lublin, 677-674.