فصلنامه

زیست شناسی تکوینی

سال اول، شماره ۱، زمستان ۱۳۸۷

بررسی اثر میدان های مغناطیسی AC و DC بر جوانه زنی دانه ها و رشد اولیه دانه رستهای کلزا *Brassica napus* L.

احمد مجد

گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

محمود بهار

گروه فیزیک، دانشگاه تربیت معلم، تهران

سهیلا عبدی*

گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال،

* (عهده دار مکاتبات) soheillaabdi@gmail.com

چکیده

نقش بنیادی گیاهان برای امکان ادامه حیات روی کره زمین بررسی عوامل موثر بر رشد، نمو و عملکرد آن ها را ضروری ساخته است. در این میان تحقیق بر روی اثرات میدان های مغناطیسی و الکتریکی بر رشد و نمو گیاهان توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر میدان های مغناطیسی DC (۳/۷ mT و ٤/٥ mT) و AC (۳/٥ mT و ۲/۷ mT) در زمان های ۳۰، ٦۰ و ۹۰ دقیقه بر جوانه زنی دانه ها و رشد اولیه دانه رستهای کلزا می باشد.

به منظور انجام آزمایش ها، دانه های کلزا را که از مرکز توسعه کشت دانه های روغنی تهیه کرده بودیم به چهار دسته و هر دسته را به سه گروه ۵۰ تایی تقسیم کردیم. دانه ها در ظرف های پتری بر روی گاز استریل پوشیده شده با کاغذ صافی مرطوب در شرایط یکسان از نظر دما، نور و رطوبت کشت شدند. گروه های مورد آزمایش در هر دسته هر روز به مدت ۳۰، ٦۰ و ۹۰ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی ۲/۷، ۳/٥، ۳/۷ و ٤/٥ میلی تسلا قرار گرفتند. .یک گروه از دانه ها نیز بدون قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی به عنوان کنترل در نظر گرفته شد. شاخص های رشد دانه ها هر روز در زمان معینی به مدت دو هفته اندازه گیری شدند.

نتایج نشان می دهند که درصد جوانه زنی دانه های کلزا در میدان های مغناطیسی تغییر معنی داری ندارد. رشد ریشه در میدان های ضعیف تر و بدون استفاده از دیود (AC)، در حدود ۱/۱ برابر و در میدان های قویتر و با استفاده از دیود (DC)، ۱/۲-۱/۱ برابر نسبت به گروه کنترل افزایش نشان می دهد. رشد ساقه چه در میدان ۲/۷ mT و در همه زمان ها نسبت به گروه کنترل افزایشی حدود ۱/۱ برابر نشان می دهد. با افزایش شدت میدان مغناطیسی کاهش ۱۰ تا ٤۰ درصدی در رشد ساقه چه نسبت به گروه کنترل مشاهده شد، به طوری که در میدان ۳/۷ mT رشد ساقه چه به کمترین مقدار خود رسید. تعداد ریشه های فرعی در میدان ٤/٥ mT و زمان ۳۰ دقیقه در حدود ۲٥ درصد نسبت به گروه کنترل افزایش نشان داد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهند که میدان های مغناطیسی در حد شدت های مورد آزمایش بر روی جوانه‌زنی دانه های کلزا تأثیر معنی داری ندارند اما بر روی رشد اولیه دانه رستهای این گیاه اثر می گذارند و این اثر در میدان های با شدت متفاوت و زمان های تابش مختلف، متغیر می باشد. همچنین این تأثیر در مراحل مختلف رشد و نمو دانه ها متفاوت است.

واژه های کلیدی: میدان مغناطیسی، جوانه زنی، رشد ونمودانه، کلزا.

Archive of SID

www.SID.ir

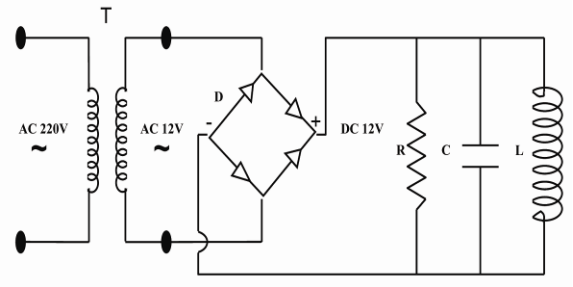
مقدمه

گیاهان در روی زمین تحت تاثیر میدان های مغناطیسی رشد می کنند زیرا زمین مانند یک آهن ربا عمل می کند (۱). میدان های‌مغناطیسی طبیعی شامل میدان‌مغناطیسی‌زمین (با شدت مغناطیسی تقریبی μT ۵۰ یعنی $B=50\ \mu T$) و چند مؤلفه کوچکتر است که دارای ویژگی‌های متفاوت بوده و ناشی از فعالیت خورشیدی ($B= ۰/۰\ ۳\ \mu T$) و پدیده های جوی ($B= ۰/۰۵\ \mu T$) هستند. تفاوت های موضعی قابل ملاحظه ای در شدت و جهت میدان‌های‌مغناطیسی زمین وجود دارد. در سطح زمین مقدار بیشینه مؤلفه عمودی در قطب‌ها μT ۶و در استوا صفر است. مقدار بیشینه مولفه افقی میدان ژئو مغناطیسی در استوا μT ۳۳ ودر قطب ها صفر است (۲). بر اساس گزارش های pittman در سال ۱۹۷۷، اعمال میدان مغناطیسی بر روی دانه‌های ذرت، لوبیا، گندم، برخی درختان‌میوه و برخی گونه‌های دیگر درختان، موجب افزایش رشد شده است (۳). Kuzin و همکاران در سال ۱۹۸۶ گزارش کردند که میدان های مغناطیسی متغیر خطی باعث برانگیزش رشد در گیاهان می شوند (۴). گزارش های زیادی نشان می دهند که میدان های مغناطیسی خارجی در فعال سازی یون ها و قطبش دو قطبی ها در سلول ها تأثیر زیادی دارند. میدان مغناطیسی خارجی سرعت جوانه زنی دانه ها را افزایش می دهد، اما سازوکار این فعالیت هنوز به خوبی درک نشده است (۵). در پژوهش حاضر با توجه به تأثیر میدان های مغناطیسی بر پدیده های زیستی گیاهان، تأثیر این میدان ها بر جوانه زنی بذرها وتکوین دانه رستهای گیاه استراتژیک کلزا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

نحوه تولید میدان مغناطیسی

شکل ۱، سیستم مورد استفاده برای ایجاد میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. مدار شامل یک ترانسفورماتور کاهنده (تکساز- ورودی ۲۲۰ ولت، خروجی ۱۲ ولت)، دیود (پل دیود)، خازن ($۱۰۰۰\mu F$)، مقاومت ($۱۰\ K\Omega$) وسیم لوله می باشد که به طور موازی با یکدیگر بسته شده اند. سیم لوله شامل استوانه ای از جنس p.v.c به قطر ۱۰ cm و طول ۳۰ cm است که بر روی آن ۱۲۰۰ دور سیم مسی به قطر ۱ mm در چهار لایه پیچیده شده است. دو خروجی برای سیم لوله در نظر گرفته شد که در یک خروجی از ۶۰۰ دور و در خروجی دوم از ۱۲۰۰ دور استفاده شد. طراحی مدار به گونه ای بود که می توانست میدانهای AC (بدون استفاده از دیود) و DC (با استفاده از دیود) ایجاد کند. به این ترتیب در داخل استوانه چهار میدان مغناطیسی با شدتهای مختلف DC (۳/۷ mT و۴/۵ mT) و AC (۳/۵ mT و۲/۷ mT) تولید شد که به وسیله تسلا متر دیجیتالی (HOLADAY three-D sensor، ساخت کشور ژاپن) اندازه گیری شدند.



شکل ۱. مدار سیستم تولید میدان مغناطیسی

T : ترانسفورماتور کاهنده **C** : خازن **D** : پل دیود **L** : سیملوله **R** : مقاومت

آماده سازی بذرها

بذرهای انتخاب شده برای آزمایش ها از موسسه آوند تهیه شدند. قبل از آزمایش ها، بذرها را با آب مقطر شستیم و سپس با محلول آب ژاول ۵ درصد به مدت۱۰ دقیقه ضد عفونی کردیم. بذرها در اندازه، رنگ و شکل مشابه انتخاب شدند. برای هر گروه، ۵۰ بذر انتخاب و در ظرف های پتری به قطر ۸ سانتی متر و ارتفاع ۱/۵ سانتی متر روی گاز استریل پوشیده شده با کاغذ صافی برای مرطوب نگه داشتن بذرها کشت شدند. برای آن که میدان به طور ثابت و یکنواخت اثر کند، نمونه ها را داخل سیم لوله طوری قرار دادیم که با انتهای سیم لوله فاصله داشته باشند و اثر لبه حذف شود. نمونه ها در معرض میدان های مختلف به مدت ۳۰ و ۶۰ و ۹۰ دقیقه قرار گرفتند. برای هر گروه تیمار یک گروه کنترل با شرایط یکسان اما بدون تأثیر میدان های مغناطیسی در نظر گرفته شد. شاخص های رشد (جوانه زنی، رشد ریشه، رشد ساقه چه وتعداد ریشه های فرعی) هر روز در زمان

Archive of SID

www.SID.ir

مشخص و به مدت دو هفته اندازه گیری شدند بررسی آماری نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت ونمودارها با استفاده از نرم افزار Exell رسم شدند.

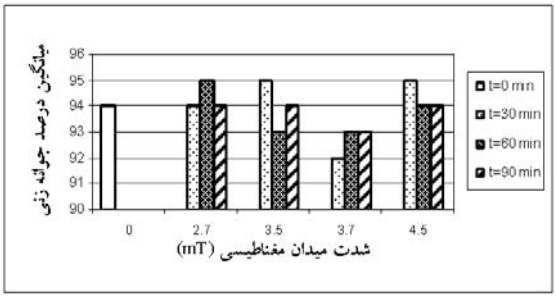
نتایج

جدول ۱ ونمودار ۱ مقایسه میانگین در صد جوانه زنی بذرهای کلزا را در میدان های مغناطیسی و زمان های متفاوت نشان می دهند. همانطور که ملاحظه می شود درصد جوانه زنی در هیچ یک از میدان ها و زمان ها تغییر معنی داری نسبت به گروه کنترل ندارد.

جدول ۱ . مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذرهای گیاه کلزا بین گروه های تحت تیمار و کنترل در میدان‌های مغناطیسی و زمان‌های مختلف

زمان / میدان مغناطیسی	کنترل Mean+SD (%)	P value	۳۰ دقیقه Mean+SD (%)	P value	۶۰ دقیقه Mean+SD (%)	P value	۹۰ دقیقه Mean+SD (%)
۲/۷ mT(AC)	۹۴ ± ۰/۰۱	n.s	۹۴ ± ۰/۰۱	n.s	۹۵ ± ۰/۰۱	n.s	۹۴ ± ۰/۰۱
۳/۵ mT(AC)	۹۴ ± ۰/۰۱	n.s	۹۵ ± ۰/۰۱	n.s	۹۳ ± ۰/۰۱	n.s	۹۴ ± ۰/۰۱
۳/۷ mT(DC)	۹۴ ± ۰/۰۱	n.s	۹۲ ± ۰/۰۲	n.s	۹۳ ± ۰/۰۲	n.s	۹۳ ± ۰/۰۲
۴/۵ mT(DC)	۹۴ ± ۰/۰۱	n.s	۹۵ ± ۰/۰۳	n.s	۹۴ ± ۰/۰۳	n.s	۹۴ ± ۰/۰۳

در هر آزمایش ۵۰ بذر مورد استفاده قرار گرفت. اعداد جدول میانگین درصد جوانه زنی بعلاوه و منهایSE هستند و حاصل ۳ بار تکرار هر آزمایش می باشند. (بی معنی=n.s)



نمودار ۱) مقایسه میانگین درصد جوانه زنی بذرهای گیاه کلزا در میدان ها و زمان های مختلف

جدول ۲ و نمودار۲ مقایسه میانگین طول ریشه دانه رستهای کلزا را بین گروه تیمار وکنترل نشان می دهند.

در میدان ۲/۷ mT میانگین طول ریشه در هر سه زمان نسبت به گروه کنترل افزایشی حدود ۱/۱ برابرداشته است و در ۶۰ دقیقه دارای اختلاف معنی داری در سطح ۰/۱ است. در میدان ۳/۵ mT نیز در هر سه زمان (۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه) شاهد افزایش ۱/۱ برابری میانگین طول ریشه نسبت به گروه کنترل می باشیم که این افزایش معنی دار نیست. در میدان ۳/۷ mT میانگین طول ریشه در زمان های ۳۰ و ۶۰ دقیقه دارای افزایش بی معنی بوده ولی در زمان ۹۰ دقیقه دارای افزایشی حدود ۱/۲ برابرنسبت به گروه کنترل می باشد، این تفاوت در سطح ۰/۱ معنی دار است. درمیدان ۴/۵ mT میانگین طول ریشه درگروه های مورد آزمایش در هر سه زمان نسبت به گروه کنترل دارای افزایش بی معنی است.

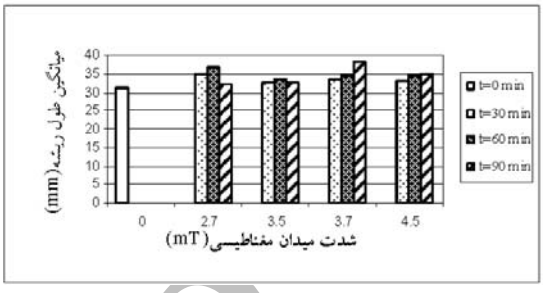
جدول ۲- مقایسه میانگین رشد طولی ریشه دانه رستهای کلزا بین گروه تیمار و کنترل در میدان‌های مغناطیسی و زمان‌های مختلف

زمان / میدان مغناطیسی	کنترل Mean+SD (mm)	P value	۳۰ دقیقه Mean+SD (mm)	P value	۶۰ دقیقه Mean+SD (mm)	P value	۹۰ دقیقه Mean+SD (mm)
۲/۷ mT(AC)	۳۱/۱۸ ± ۱/۴	n.s	۳۴/۶۶ ± ۱/۴	< ۰/۰۱	۳۶/۹۳ ± ۱/۴	n.s	۳۲/۲۱ ± ۱/۴
۳/۵ mT(AC)	۳۱/۱۸ ± ۱/۴	n.s	۳۲/۷۲ ± ۱/۰۸	n.s	۳۳/۶۸ ± ۱/۰۸	n.s	۳۲/۴۵ ± ۱/۰۸
۳/۷ mT(DC)	۳۱/۱۸ ± ۱/۴	n.s	۳۳/۶۱ ± ۲/۲۱	n.s	۳۴/۲۰ ± ۲/۲۳	<۰/۰۰۱	۳۷/۹۳ ± ۲/۲۳
۴/۵ mT(DC)	۳۱/۱۸ ± ۱/۴	n.s	۳۳/۱۵ ± ۱/۳۷	n.s	۳۴/۵۰ ± ۱/۳۷	n.s	۳۴/۶۸ ± ۱/۳۷

Archive of SID

www.SID.ir

در هر آزمایش ۵۰ بذر مورد استفاده قرار گرفت. اعداد جدول میانگین طول ریشه بر حسب میلی متر بعلاوه و منهای SE هستند و حاصل ۳ بار تکرار هر آزمایش می باشند. (بی معنی=n.s)



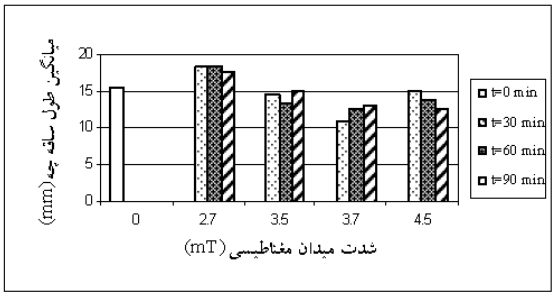
نمودار ۲) مقایسه میانگین طول ریشه دانه رستهای کلزا در میدان ها و زمان های مختلف

جدول ۳ و نمودار ۳ مقایسه میانگین طول ساقه چه دانه رستهای-کلزا را بین گروه های تیمار و کنترل نشان می دهند. در میدان ۲/۷ mT میانگین طول ساقه چه در گروه های تیمار در هر سه زمان نسبت به گروه کنترل افزایشی حدود ۱/۱ برابر دارد و در زمان های ۳۰ و ۶۰ دقیقه دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد. در میدان ۳/۵ mT طول ساقه چه در هر سه زمان نسبت به کنترل دارای کاهش بی معنی است و بیشترین کاهش در زمان ۶۰ دقیقه مشاهده می شود. در میدان ۳/۷ mT طول ساقه چه در هر سه زمان نسبت به کنترل کا هش داشته است و در زمان ۳۰ دقیقه دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ و در زمان ۶۰ دقیقه دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ می باشد. کمترین رشد ساقه چه در زمان ۳۰ دقیقه مشاهده می شود. در میدان ۴/۵ mT میانگین طول ساقه چه در هر سه زمان گروه تیمار نسبت به کنترل کاهش یافته است. البته تفاوت قابل ملاحظه نیست. نتایج نشان می دهند که در میدان های با شدت بیشتر از ۲/۷ mT کاهش ۱۰ تا۴۰ درصدی رشد ساقه چه نسبت به گروه کنترل وجوددارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین رشد طولی ساقه‌چه دانه رستهای کلزا بین گروه تیمار و کنترل در میدان‌های مغناطیسی و زمان‌های مختلف

زمان / میدان مغناطیسی	کنترل Mean+SD (mm)	P value	۳۰ دقیقه Mean+SD (mm)	P value	۶۰ دقیقه Mean+SD (mm)	P value	۹۰ دقیقه Mean+SD (mm)
۲/۷ mT(AC)	۱۵/۵۷ ± ۰/۸۶	<۰/۰۵	۱۸/۳۷ ± ۰/۸۶	<۰/۰۵	۱۸/۲۵ ± ۰/۸۶	n.s	۱۷/۵۴ ± ۰/۸۶
۳/۵ mT(AC)	۱۵/۵۷ ± ۰/۸۶	n.s	۱۴/۵۷ ± ۰/۸۵	n.s	۱۳/۴۰ ± ۰/۸۵	n.s	۱۵/۰۲ ± ۰/۸۵
۳/۷ mT(DC)	۱۵/۵۷ ± ۰/۸۶	<۰/۰۱	۱۰/۹۴ ± ۰/۹۶	<۰/۰۵	۱۲/۵۰ ± ۰/۹۴	n.s	۱۳/۰۸ ± ۰/۹۵
۴/۵ Mt(DC)	۱۵/۵۷ ± ۰/۸۶	n.s	۱۴/۹۲ ± ۰/۷۹	n.s	۱۳/۸۷ ± ۰/۷۹	n.s	۱۲/۶۱ ± ۰/۷۹

در هر آزمایش ۵۰ بذر مورد استفاده قرار گرفت. اعداد جدول میانگین طول ساقه چه بر حسب میلی متر بعلاوه و منهای SE هستند وحاصل از ۳ بار تکرار هر آزمایش می باشند. (بی معنی=n.s)



نمودار ۳) مقایسه میانگین طول ساقه چه دانه رستهای کلزا در میدان ها و زمانهای مختلف

جدول۴ ونمودار۴ مقایسه میانگین تعداد ریشه های فرعی دانه رستهای کلزا را بین گروه تیمار وکنترل نشان می دهند . در میدان ۲/۷ mT میانگین تعداد ریشه های فرعی در هر سه زمان گروه تیمار نسبت به کنترل دارای افزایش بی معنی است. در میدان های ۳/۵ mTو۳/۷ نیز در هر سه زمان شاهد افزایش میانگین تعداد ریشه های فرعی می باشیم البته تفاوت قابل ملاحظه نیست. در میدان ۴/۵ mT میانگین تعداد ریشه های فرعی در هر سه زمان افزایش یافته و در زمان ۳۰ دقیقه دارای افزایشی حدود ۲۵٪ می باشد که این افزایش در سطح ۰/۰۱ معنی دار است.

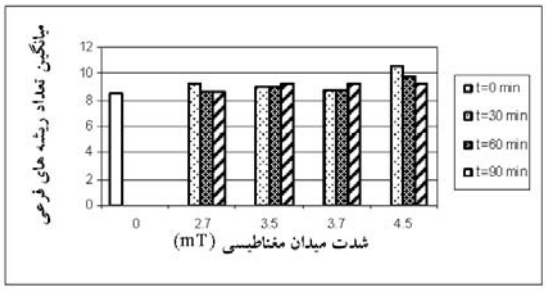
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد ریشه‌های فرعی دانه رستهای کلزا بین گروه تیمار و کنترل در میدان‌های مغناطیسی و زمان‌های مختلف

زمان / میدان مغناطیسی	کنترل Mean+SD	P value	۳۰ دقیقه Mean+SD	P value	۶۰ دقیقه Mean+SD	P value	۹۰ دقیقه Mean+SD
۲/۷ mT(AC)	۸/۵۱ ± ۰/۴۵	n.s	۹/۲۲ ± ۰/۴۵	n.s	۸/۶۴ ± ۰/۴۴	n.s	۸/۶۳ ± ۰/۴۵
۳/۵ mT(AC)	۸/۵۱ ± ۰/۴۵	n.s	۸/۹۴ ± ۰/۴۵	n.s	۹/۰۲ ± ۰/۴۵	n.s	۹/۲۴ ± ۰/۴۵
۳/۷ mT(DC)	۸/۵۱ ± ۰/۴۵	n.s	۸/۶۱ ± ۰/۴۹	n.s	۸/۷۹ ± ۰/۴۷	n.s	۹/۲۹ ± ۰/۴۷
۴/۵ mT(DC)	۸/۵۱ ± ۰/۴۵	<۰/۰۱	۱۰/۶۲ ± ۰/۴۸	n.s	۹/۷۹ ± ۰/۴۸	n.s	۹/۲۶ ± ۰/۴۸

در هر آزمایش ۵۰ بذر مورد استفاده قرار گرفت. اعداد جدول میانگین تعداد ریشه های فرعی بعلاوه و منهای SE هستند و حاصل ۳ بار تکرار هر آزمایش می باشند. (بی معنی=n.s)



نمودار ۴) مقایسه میانگین تعداد ریشه های فرعی دانه رستهای کلزا در میدانها و زمانهای مختلف

بحث و تفسیر

درصد جوانه زنی بذر های کلزا که درمعرض میدان های مغناطیسی قرار گرفتند نسبت به گروه کنترل تفاوت محسوسی نداشتند. Gusta و همکاران در سال ۱۹۷۸ گزارش کردند که تیمار دانه های خشک گندم و جو با میدان های مغناطیسی تا ثیری در نرخ جوانه زنی ندارد و این نتایج با یافته های ما مطابقت دارند (۶).

طول ریشه دانه رستهای کلزا که در معرض میدانهای مغنا طیسی قرار داشتند در همه حالتها افزایش یافتند ولی در میدان mT ۲/۷ و زمان ۶۰ دقیقه و میدان mT ۳/۷ و زمان ۹۰ دقیقه شاهد بیشترین رشد ریشه ها نسبت به بقیه حالتها می باشیم و افزایش رشد در سطح ۰/۱ معنی دار است. Nisimura در سال ۱۹۹۱ گزارش کرد که میدان های مغناطیسی باعث افزایش طول ریشه های اولیه گیاهان می شوند (۷). Akira Yano و همکاران در سال ۲۰۰۱ اثر میدان های مغناطیسی بر روی تربچه را بررسی نموده و مشاهده کردند که در نمونه های تحت تیمار ریشه ها بلندتر وانحنای آنها بیشتر است (۸).

Valencic و همکاران در سال ۱۹۹۱ گزارش کردند که میدان های مغناطیسی باعث افزایش طول ریشه گیاه شاهی می شوند (۹). Racuciu و همکاران در سال ۲۰۰۶ اثر میدان های مغناطیسی را بر روی ریشه ذرت بررسی کردند و مشاهده نمودند طول ریشه گروههای تیمار بیشتر است (۱۰). نتایج آزمایشهای ما در مورد افزایش طول ریشه دانه رستهای کلزا با گزارشهای محققان مذکور همسویی دارد.

طول ساقه چه دانه رستهای کلزا که در معرض میدان mT ۲/۷ قرار داشتند نسبت به کنترل افزایش یافته است و این افزایش دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۵ می باشد ولی با افزایش شدت میدان و زمان تابش دهی نتیجه معکوس شده وطول ساقه چه کاهش می یابد تا جایی که در میدان mT ۳/۷ کاهش رشد ساقه چه به بیشترین مقدار خود در حد شدتها و زمانهای تابش مورد آزمایش می رسد و اختلاف معنی دار در سطح ۰/۱ در زمان ۳۰ دقیقه و در سطح ۰/۵ در زمان ۶۰ دقیقه مشاهده می شود. Orkun Yaycili و همکاران در سال ۲۰۰۵ اثر میدانهای مغناطیسی را بر روی گل خوک(Paulownia) بررسی کردند و گزارش کردند میدانهای مغناطیسی سبب افزایش توانایی زیست در این گیاه می شوند و این اثر با تغییر زمان تابش دهی عوض می شود (۱۱). کاهش طول ساقه چه در میدانهای با شدت بیشتر که در آزمایشها بر روی دانه رستهای کلزا دیده شد را می توان ناشی از تنش حاصل از این شدتها و کاهش بیوسنتز مواد لازم برای رشد ساقه چه در نظر گرفت که می تواند موردی برای پژوهشهای بیشتر باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد ریشه های فرعی در میدان ۴/۵ و زمان ۳۰ دقیقه افزایش بیشتری نسبت به بقیه حالتها نشان داد. در زمینه تغییر تعداد ریشه های فرعی تحت تأثیر میدانهای مغناطیسی در حد بررسی های مرجع شناسی بعمل آمده گزارشی را نیافتیم. بنا بر نتایج حاصل از پژوهش حاضر می توان نتیجه گرفت که اثر میدانهای مغناطیسی بر روی دانه رستهای کلزا وابسته به شدت میدان و زمان تابش دهی می باشد.اعتقاد بر این است که تنها ترکیب خاصی از فرکانس و شدت میدان می تواند موجب بروز اثرات زیستی گردد. انتقال انرژی از میدان زمانی رخ می دهد که فرکانس آن با فرکانس رزونانس سیکلوترون یون متحرک در میدان مغناطیسی جور شود (۱۲). وقتی یک میدان خارجی اعمال شود چنانچه فرکانس میدان برابر با فرکانس تغییر ساختار یاد شده باشد بین سد تغییر ساختار و میدان، رزونانس بوجود می آید و در نتیجه ساختار ماکرومولکول ها دچار تغییراتی می شود که می تواند در فعالیت آن‌ها در باز و بسته شدن کانال های یونی و خصوصیات رفتاری آنها تغییراتی را ایجاد کند و در نتیجه باعث تغییر در رفتار سلول از جمله تاثیر بر بیان برخی ژن ها، افزایش و یا کاهش در سرعت تقسیم میتوزی و افزایش یا کاهش واکنشهای متابولیک درون سلولی شود (۱۳) .

در نظر گرفتن سلول زنده بعنوان یک سیستم الکتریکی و جسم باردار، پایه ای را برای درک سازوکار اثر انرژی‌های الکتریکی، مغناطیسی و الکترومغناطیسی در اعمال فیزیولوژیک سلول فراهم می‌آورد. بنابراین می‌توان چنین تصور کرد که تابش میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با اعمال نیروهایی بر بارهای متحرک یا ثابت، با مولکول‌ها و ماکرومولکول ها یا ساختارهای زیستی اندرکنش نموده و از این طریق سبب تغییر در اندازه یا شکل سطوح انرژی یا مراحل شیمیایی آنها می گردد (مرحله انتقال انرژی، که این انرژی منتقل شده می‌تواند ظاهر شده و یا توسط سازوکارهای ترمیمی بی‌اثر شود) و به دنبال آن یکسری وقایع پشت سر هم در سطح مولکولی، سلولی و بافتی رخ داده و اثرات زیستی را سبب شود.

در بسیاری از گزارشها در مورد سازوکار اثر میدان‌های الکترو مغناطیسی به نقش این میدان‌ها در تأثیر روی کانال‌های غشائی بویژه کانالهای انتقال کلسیم اشاره و بیان می‌شود که این میدان‌ها با القای میدان الکتریکی و مغناطیسی به این کانال‌ها که دارای بار الکتریکی هستند موجب باز شدن این کانال‌ها و افزایش کلسیم درون سلولی می‌گردند. با توجه به نقش و اهمیت کلسیم به عنوان پیامبر ثانویه که در نهایت باعث فعال شدن بسیاری از عوامل بیان ژن می‌شود، این تغییرات موجب تغییر در سنتز پروتئین‌ها و دیگر فعالیت‌های متابولیکی وزیستی-سلول می‌گردند (۱۵و۱۴).

منابع

1. Minorsky, P.V. (2007), Do geomagnetic variations affect plant function?, Journal of Atmospheric and Solar- Terrestrial Physics, **69**(14), 1770-1774.
2. Masanori K., Naoya S., Takuya M. and Yoshiro U., (2004), Effects of Combination DC and AC Magnetic Fields on germination of Hornwort Seeds, Bioelectromagnetics 25:552-559.
3. Pittman UJ. (1977), Effects of magnetic seed treatment on yields of barley, wheat, and oats in southern Alberta. Can J Plant Sci 57:37-45.
4. Kuzin AM., Vaggabova ME., Vilenchik MM. and Gogvadze VG., (1986), Stimulation of plant growth by exposure to low level γ-radiation and magnetic field, and their possible mechanism of action. Environ. Exp. Bot. **26**, 163-167.
5. Jae- Duk M., Hwa-Sook C. (2000), Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. Journal of electrostatics. **48**, 103-114.
6. Gusta, L. V., Kirkland, K. J. and Austenson, H. M., (1978), Effects of a brief magnetic exposure on cereal germination and seedling growth, Can J. plant sci, **58**, 79-86 .
7. Nisimura, M., (1991), Effects of flexible magnetic field on growth of roots. IEEE Trans, Magn, **28**(4), 1996-2000.

Archive of SID
www.SID.ir

8. Akira, Y., Eiko, H., Kazuhiro, F. and Mitsuo, L., (2001), Induction of primary root curvature in radish seedling in a static magnetic field. Bioelectromagnetic, **22**, 194-199.
9. Vakharia, D. N., (1991), Influence of magnetic treatment on groundnut yield attributes, indian J. Plant. Physoil, **XXXIV**(2), 131-136.
10. Racuciu, M., Calugaru, Gh. and Creanga, D.E., (2006), Static magnetic field influence on some plant growth, Rom. Journ. Phys. VDL. 51, Nos.1-2, p.245-251, Bucharest.
11. Yaycili, O. and Alikamanoglu, S., (2005), The effect of magnetic field on Paulownia tissue cultures, Department of Biology.
12. Tsong, T. Y ., Molecular recognition and processing of periodic signals in cells, study of activation of membrance Atpase by alternating electric fields . BBA. 1992, 1113:53-70 .
13. Alberts, B., Brady, Lewis, J. and Watson, D., (1989), Molecular Biology of the cell. 2nd ed., New York. Galtand Publishing Inc, PP 721-785.
14. Geletyuk, V. I., Kazachenko, V. N., chemevis, N. K. and Fesenko, E. E., (1995), Dual effects of microwave on single Ca^{2+} - activated K^{+} Channels in cultured kidney cells vero, FEBS lett. **359**, 85 - 88.
15. Lacy-Hulbert, A., Metcalfe, J. C. and Hesketh, R., (1998), Biological responses to electromagnetic fields. FASEB, J. **12** (6), 395-420.

Archive of SID

www.SID.ir