

تأثیر میدان مغناطیسی بر برخی صفات فیزیولوژیک و جوانه‌زنی بذرهای گیاه زراعی

گلرنگ و چهار گونه علف هرز مهم آن

الهام وثیقه شمس‌آبادی^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۱*}، سید مرتضی مدرس وامقی^۲ و حامد کشاورز^۱^۱ تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت^۲ تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه بیماری‌شناسی

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱

چکیده

بر اساس آزمایش‌های انجام شده میدان الکترومغناطیسی یک نوع تنش محسوب می‌شود که می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. لذا برای مطالعه تأثیر میدان مغناطیسی روی بذرهای گیاه زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorious*) رقم گلدشت و چهار گونه علف هرز مهم آن شامل تاج‌خروس (*Amaranthus spp.*)، خرفه (*Portuloca oleracea*)، یولاف وحشی (*Avena fatua*) و سلمه‌تره (*Chenopodium album*) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در میدان مغناطیسی ۱۰ و ۲۰ میلی تسلا به مدت زمان ۴ ساعت، روی بذرهای یادشده به صورت تر و خشک اعمال گردید. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که میدان مغناطیسی ۱۰ میلی تسلا در بذرهای خشک و تر تمام گیاهان مورد آزمایش سبب افزایش پارامترهای جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه) و همچنین افزایش وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی و شاخص وزنی بنیه گیاهچه گردید. میدان ۲۰ میلی تسلا باعث کاهش پارامترهای جوانه‌زنی در گیاهان مورد آزمایش شد. تأثیر میدان مغناطیسی روی بذرهای گیاه خرفه و تاج خروس نسبت به سایر گیاهان مورد آزمایش به‌ترتیب کمتر و بیشتر بود. همچنین کاربرد میدان مغناطیسی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانسی (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز) و کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید گردید.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، جوانه‌زنی، فیزیولوژی میدان مغناطیسی

* نویسنده مسئول: تلفن تماس، ۰۲۱۴۸۲۹۲۰۹۵، پست الکترونیکی: modaresa@modares.ac.ir

مقدمه

مورفولوژیک، ضرورت تحقیق و مطالعه بیشتر در این مورد در کشورمان ضروری می‌باشد (۵، ۷ و ۸).

بر اساس آزمایش‌های انجام شده میدان‌های مغناطیسی یک نوع تنش محسوب می‌شود که می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. نشان داده شده است که قراردادن بذرهای چغندرقد در میدان‌های الکتریکی سبب افزایش وزن ریشه (۹۴ درصد)، سطح برگ

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با شدت متغیر می‌تواند با تحریک گیرنده‌های مغناطیسی بذرها سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، پارامترهای رشد و در نهایت عملکرد آنها شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد، سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی می‌تواند روی بسیاری از ارقام گیاهی اثر تحریک کننده داشته باشد، با توجه به اثرات بسیار مهم و مثبت میدان مغناطیسی بر پارامترهای فیزیولوژیک و

(حدود ۰/۵۲ درصد) و مقدار قند در چغندر (حدود ۰/۷ درصد) می‌شود (۱۵). همچنین افزایش ۵ تا ۲۵ درصدی در عملکرد سویا و افزایش ۱۳/۲ تا ۱۷/۳ درصدی در مقدار چربی و پروتئین دانه‌ی آفتابگردان تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی قرار گرفته است (۶). تیمار بذر پنبه قبل از کاشت با ولتاژ بالا (۳۰ کیلو ولت در ۳۰ ثانیه) باعث افزایش وزن هر دانه و همچنین عملکرد دانه‌ی پنبه شده است (۸). در آزمایش دیگری با استفاده از ولتاژ بالا باعث زودرسی ارقام پنبه شد (۱۰). همچنین با ایجاد شوک مغناطیسی روی بذرهای ارقام مختلف پنبه قبل از کاشت، چسبندگی و برخی صفات الیاف پنبه در منطقه‌ای از ترکیه مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج تحقیقات پس از دو سال نشان داد که ایجاد شوک مغناطیسی تحت این شرایط معنی‌دار نبوده و ایجاد شوک از طریق اعمال میدان الکتریکی باعث کاهش میزان چسبندگی در بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد گردید (۱۶).

نتایج نشان داده‌اند که برای قرارگیری بذر لوبیا در میدان الکتریکی بر نتایج حاصل از آزمایش مؤثر است، به همین دلیل برای رسیدن به نتیجه‌ی مطلوب باید در طول مدت آزمایش برای قرارگیری بذر در میدان ثابت باشد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که طول ریشه و ارتفاع ساقه در شدت میدان مغناطیسی ۲۵ کیلو ولت بر متر در مقایسه با سایر شدت‌های میدان مغناطیسی و شرایط کنترل شده (عدم کاربرد شدت میدان) بیشترین افزایش را داشته است و ارتفاع ساقه در بذرهایی که در معرض شدت جریان قرار گرفته بودند بلندتر از بذرهایی بود که در آنها از میدان الکتریکی استفاده نشده بود (۱۳).

اثرات میدان‌های مغناطیسی روی قدرت جوانه‌زنی و وسعت رشد بوته‌ی دو رقم لوبیا در سه سطح (بدون تیمار، قرار دادن بذر در میدانی با شدت ۳۰ میلی‌تسلا برای مدت ۱۵ ثانیه و قرارگیری بذر در میدانی با شدت ۸۵ میلی‌تسلا برای مدت ۱۵ ثانیه) مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج

بدست آمده از این آزمایش تأثیر معنی‌دار این میدان بر قدرت جوانه‌زنی و رشد بوته را نشان داد، همچنین افزایش معنی‌داری در عملکرد بذرهای تیمار شده مشاهده گردید (۲۰). اثر معنی‌دار میدان مغناطیسی با شدت ۱۵ تسلا بر قدرت جوانه‌زنی بذرهای توتون گزارش شده است (۳). اثر میدان الکتریکی نیز بر بذرهای سیب‌زمینی باعث رشد و عملکرد گیاه شده، در نتیجه افزایش تعداد و کیفیت چشم‌های موجود در غده‌ها را دربرداشت (۲۱).

تأثیر میدان مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی، عملکرد و درصد پروتئین گندم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تأثیر میدان بر عملکرد محصول معنی‌دار می‌باشد (۱۹). مطالعات انجام شده روی جوانه‌زنی گندم، ترتیکاله، ذرت و سویا نشان داد که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند به‌عنوان روشی برای بهبود بیهی بذر به‌کار روند (۲۲).

یکی از ویژگی‌های خاص و مهم علف‌های هرز که کنترل آنها را بسیار دشوار کرده وجود خواب در بذرهای آنها می‌باشد (۱). تعداد زیادی از بذر علف‌های هرز که در خاک مدفون هستند تا سال‌ها به حالت خواب باقی می‌مانند و زمان دقیقی برای جوانه‌زنی آنها وجود ندارد. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر امواج میدان مغناطیسی بر برخی صفات جوانه‌زنی و صفات فیزیولوژیک علف‌های هرز مهم گلرنگ بود.

مواد و روشها

این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۸۸ در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. در این تحقیق، بذر ۴ گونه علف هرز شامل بذرهای تاج خروس (*Amaranthus spp.*)، خرفه (*Portulaca oleracea*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و یولاف وحشی (*Avena fatua*) که جزء علف‌های هرز رایج و مهم

مزارع کشت گیاه گلرنگ می باشد به همراه بذر گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorious*) رقم گلدشت (تهیه شده از مؤسسه تحقیقات نهال و بذر) تحت میدان مغناطیسی قرار گرفتند. برای تعیین اثرات شدت میدان مغناطیسی بر جوانه زنی بذرهای ذکر شده، شدت میدان ۱۰ و ۲۰ میلی تسلا به مدت ۴ ساعت روی هر دو حالت از بذر به صورت تر و خشک اعمال گردید. انتخاب این میدان ها طبق پژوهش های انجام شده در این زمینه (۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۵) بود که میانگین قدرت مغناطیسی در این پژوهش ها ملاک عمل در آزمایش ما قرار گرفت. همچنین بذرهای تیمار نشده نیز به عنوان شاهد در آزمایش بکار گرفته شدند. با توجه به اینکه آب یک ماده دیامگنتیک است و می تواند تحت تأثیر میدان مغناطیسی دوقطبی های موقت تشکیل دهد حدس زده می شد که تیمار بذرها به شکل خشک یا در حضور آب به پاسخهای متفاوتی منجر گردد، لذا یک گروه از بذرها به شکل خشک و گروه دیگر در داخل ظروف پتری حاوی آب در میدان قرار داده شدند. قرار گرفتن بذرها به صورت افقی یعنی همراستا با خطوط میدان مغناطیسی بود. بدین منظور با استفاده از میکروسک اپتیک و سوزن یا پنس بذرها را به صورت افقی قرار می دهیم. مدت زمان اعمال تیمار شدت برای میدان مغناطیسی ۴ ساعت بود. بذرهایی که مورد تیمار میدان مغناطیسی قرار گرفتند و همچنین بذرهای شاهد در آزمایش های جوانه زنی و قوه نامیه بذر مطالعه شدند. برای ایجاد میدان مغناطیسی از دستگاه مولد میدان مغناطیسی ایستا با توان یک کیلو وات و حداکثر جریان عبوری ۵۰ آمپر و قابلیت تولید میدان مغناطیسی مستقیم تا شدت ۵۰ میلی تسلا استفاده گردید. دستگاه مذکور با استفاده از تسلا متر (Phywe Germany) کالیبره شد. محاسبه سرعت جوانه زنی از طریق رابطه زیر انجام شد که در این رابطه Ni تعداد بذرهای جوانه زده در روز Di می باشد (۱۴).

$$= N1/D1 + N2/D2 + \dots + Ni/Di$$

سرعت جوانه زنی

سنجش فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپراکسیددسموتاز، پراکسیداز و پراکسیداسیون لیپیدی غشاء مالون دی آلدئید به ترتیب به روش های زیر انجام شد. فعالیت آنزیمی به ازای میلی گرم پروتئین بیان شد (۱۱). برای سنجش آنزیم کاتالاز، ۰/۲ گرم نمونه منجمد در ۳ میلی لیتر بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی مولار (با اسیدیته ۶/۱) عصاره گیری و همگنان حاصل در ۱۲۰۰۰ xg و دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. از محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیمی استفاده شد. به ۱۰۰ μ L از عصاره آنزیمی بافر فسفات ۲۵ میلی مولار و هیدروژن پراکسید ۱۰ میلی مولار اضافه گردید. فعالیت کاتالاز با توجه به روند تجزیه H_2O_2 و در نتیجه کاهش جذب در ۲۴۰ nm سنجیده و به ازای میلی گرم پروتئین عصاره آنزیمی محاسبه شد (۵). به منظور سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز ۰/۲ گرم نمونه منجمد در ۳ میلی لیتر بافر HEPES-KOH (N-2-Hydroxy ethylpiperazine-N-2-) با اسیدیته ۷/۸ حاوی EDTA ۰/۱ میلی مولار عصاره گیری شد. همگنانی حاصل در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شد (۱۵۰۰۰ xg) به مدت ۱۵ دقیقه. بخش رویی برای سنجش فعالیت سوپراکسید دسموتاز مورد استفاده قرار گرفت و به آن بافر HEPES-KOH (۵۰mM) با ۷/۸ pH حاوی EDTA (۰/۱ میلی-مولار)، Na_2CO_3 (۵۰ میلی مولار) با اسیدیته ۱۰/۲، L- متیونین (۱۲ میلی مولار)، NBT) نیترو بلوترازولیوم (۷۵ میلی مولار)، ریبوفلاوین (۱ میکرومولار) اضافه گردید. یک واحد فعالیت SOD به عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰ درصد احیای نوری نیتروبلوترازولیوم می گردد و فعالیت آن به میلی گرم بر گرم پروتئین وزن تر بر حسب تغییرات جذب در دقیقه بیان شد (۱۲).

برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز ۰/۲ گرم از نمونه در بافر پتاسیم فسفات ۲۵ میلی مولار (با اسیدیته ۶/۱) در دمای ۴ درجه سانتی گراد عصاره گیری شد و بعد همگنان

حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. مخلوط واکنش شامل مقدار مناسب از بخش روشناور، بافر پتاسیم فسفات ۶۰ میلی مولار حاوی گایاکول ۲۸ میلی مولار و پراکسید هیدروژن ۵ میلی مولار بود. افزایش جذب محلول در طول موج ۴۷۰ نانومتر در طول زمان ۱ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد. فعالیت آنزیمی بر حسب تغییرات جذب در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین بیان شد (۱۱).

برای سنجش پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان فراورده نهایی این پراکسیداسیون، مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌های منجمد به میزان ۰/۲ گرم در ۳ میلی لیتر TCA (تری کلرواستیک اسید) ۱۰٪ عصاره‌گیری شدند. سپس به یک میلی لیتر از سوسپانسیون صاف شده، ۱ میلی لیتر TBA (تیوباربی توریک اسید) ۰/۵ درصد اضافه شد و در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. در نهایت میزان مالون دی آلدئید با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی ($\epsilon = 155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) محاسبه شد (۵). میزان پروتئین موجود در گیاهچه‌ها برای اندازه‌گیری آنزیم‌ها به روش برادفورد و با استفاده از آلبومین سرم گاوی به عنوان استاندارد انجام شد (۴).

نتایج

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن بود که تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی داشتند. اگرچه تیمار تر و خشک بودن بذر در صفات وزن خشک گیاهچه و میزان مالون دی آلدئید تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۱). اما حداکثر میانگین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در بذرهای سلمه‌تره و خرفه مشاهده شد و یولاف وحشی و تاج‌خروس درصد جوانه‌زنی مشابهی داشتند (جدول ۲). اولین سطح تیمار میدان مغناطیسی (۱۰ میلی تسلا) باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در

بذرهای خشک و تر شد. اما با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا واکنش بذرهای خشک و تر متفاوت بود. به‌طوری‌که در بذرهای خشک با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا درصد جوانه‌زنی نیز افزایش یافت ولی در بذرهای تر افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا سبب کاهش درصد جوانه‌زنی گردید (جدول ۳).

در بین گیاهان استفاده شده در این تحقیق بذرهای سلمه‌تره دارای بالاترین سرعت جوانه‌زنی بوده و بین بذرهای تاج‌خروس و خرفه با گلرنگ تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد. شدت میدان مغناطیسی تا ۱۰ میلی تسلا باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در بذرهای خشک و تر شد، اما با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا واکنش بذرهای خشک و تر به میدان مغناطیسی متفاوت بود (جدول های ۲ و ۳). به طوری که در بذرهای تر با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، در حالی که در بذرهای خشک افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا تغییری در سرعت جوانه‌زنی ایجاد نکرد.

مطالعات انجام شده نشان داد که شدت میدان مغناطیسی ۱۰ میلی تسلا باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه در بذرهای خشک و تر می‌شود، اما افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا در بذرهای خشک و تر باعث کاهش طول ریشه‌چه شد (جدول ۳). اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی و رطوبت بذرها در صفت طول ساقه‌چه معنی‌دار نشد (جدول ۱). میدان مغناطیسی ۱۰ میلی تسلا موجب افزایش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه در تمامی بذرهای مورد استفاده شد. در صورتی که میدان مغناطیسی ۲۰ میلی تسلا طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه را کمتر از میدان ۱۰ میلی تسلا افزایش داد (شکل های ۱ تا ۳). همچنین رطوبت بذرها در زمان اعمال تیمار میدان مغناطیسی، موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه شد (شکل ۴).

جدول ۱- میانگین مربعات پارامترهای فیزیولوژیک وجوانه‌زنی گلرنگ و چهار نوع حلقه‌های هرز رایج

منبع	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقچه	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	شاخص بیه طولی
نوع بذر	P	۴	۳۰۵/۸۷ ^{ns}	۵/۲۴ ^{ns}	۴۱/۰۴ ^{ns}	۷۳/۳۵ ^{ns}	۰/۰۱۷۱ ^{ns}	۲/۵۷ ^{ns}
شدت میدان مغناطیسی	I	۲	۷۶۰/۸۰۳ ^{ns}	۵/۵۱ ^{ns}	۲۰/۸۳ ^{ns}	۴۷/۵۷ ^{ns}	۰/۰۰۵۲ ^{ns}	۱۴/۴۳ ^{ns}
تر و خشک بودن بذر	M	۱	۳۴۴/۸۸ ^{ns}	۲/۷۰ ^{ns}	۷/۹۳ ^{ns}	۱۹/۸۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۸ ^{ns}	۷/۷۸ ^{ns}
PI	۸	۳/۹۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۱/۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}
PM	۴	۱/۲۱ ^{ns}	۳/۶۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
IM	۲	۱۱۳۸/۴۸ ^{ns}	۹۶/۷۵ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۴۴ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}
PIM	۸	۲/۷۶ ^{ns}	۱/۰۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}
خطا	۶۰	۷۲/۲۱	۱۶/۷۱	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۱۸
c.v.		۷/۱۲	۱۰/۹۵	۷/۵۴	۹/۹۷	۶/۵۷	۱۳/۲۵	۱۷/۸۷

منبع	درجه آزادی	شاخص بیه وزنی	تعداد بذر نرمال	پراکندگی	سوپراکسید دیسوتاز	کاتالاز	مالون دی آلدئید
نوع بذر	P	۴	۳۳۸/۰۴ ^{ns}	۳۵۶/۶۸ ^{ns}	۱۳۵۷۲/۱۵ ^{ns}	۲۰۷/۹۵ ^{ns}	۰/۲۲۸۹۴ ^{ns}
شدت میدان مغناطیسی	I	۲	۲۹۵/۸۱ ^{ns}	۱۴۰/۲۳ ^{ns}	۱۸۶۱۴/۸۴ ^{ns}	۵۲۵/۲۴ ^{ns}	۰/۵۷۱۰۸ ^{ns}
تر و خشک بودن بذر	M	۱	۱۳۹/۳۸ ^{ns}	۱۸۵/۱۵۰ ^{ns}	۱۶۰۶۶/۲۰ ^{ns}	۲۴۸/۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}
PI	۸	۰/۰۰۰۰۰۰۸ ^{ns}	۱۵۵/۶۹ ^{ns}	۶۴/۳۰ ^{ns}	۱۴۱/۸۹ ^{ns}	۷/۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۵۹۶۸ ^{ns}
PM	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۸ ^{ns}	۶۰/۳۸ ^{ns}	۵۴/۲۵ ^{ns}	۱۰۵/۸۰ ^{ns}	۸/۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۰۱۳ ^{ns}
IM	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳۷ ^{ns}	۳/۸۱ ^{ns}	۱۷۶/۲۳ ^{ns}	۳۶۹۰/۲۷ ^{ns}	۳۴/۳۱ ^{ns}	۰/۰۰۷۸۰۸۴ ^{ns}
PIM	۸	۰/۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۳۶/۰۴ ^{ns}	۶/۴۹ ^{ns}	۷۱/۸۸ ^{ns}	۷/۹۷ ^{ns}	۰/۰۰۱۴۳۳ ^{ns}
خطا	۶۰	۰/۰۰۰۰۰۱۳	۸/۲۹	۱۰/۷۵	۱۱۷/۷۴	۴/۲۰	۰/۰۰۳۶۴۱
c.v.		۹/۶۶	۱۳/۷۷	۱۶/۶۴	۹/۳۳	۱۳/۴۶	۱۳/۰۰

ns و *، ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ۲ - مقایسه میانگین صفات مختلف جوانه‌زنی و آنزیم‌ها در بذور گیاهان مورد آزمایش

میزان مالون و آلدید ^۲	فعالیت آنزیم کاتالاز ^۲	فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسوتاز ^۱	بیه وزنی گیاهچه	بیه طولی گیاهچه	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	درصد جوانه زنی بذور	نوع گیاه
۰/۴۶۶۷ b	۱۰/۴۲۴۴ d	۱۲/۶۵۴ c	۰/۰۳۰۱۱۱ d	۲/۰۹۵۰ c	۳۳/۵۳۲ d c	۶۴/۲۲۲ c	گلریزک
۰/۳۰۲۲ d	۱۵/۲۰۹۲ b c	۱۲۷/۲۰۵ a	۰/۰۴۶۶۷ a	۲/۹۰۶۱ a	۲۳/۸۳۲ a	۷۲/۶۱ a	سلمه تره
۰/۶۱۳۹ a	۱۶/۴۶۵۶ b	۱۰۸/۶۱۸ d	۰/۰۳۵۱۶۷ c	۲/۴۶۸۳ b	۳۹/۱۲۳ b	۶۹/۱۶۷ b	یولاف وحشی
۰/۴۳۲۲ c	۱۴/۲۲۲۲ c	۱۳۰/۵۵۸ b	۰/۰۴۲۴۶۷ b	۲/۳۹۳۹ b	۳۶/۲۱۳ c	۶۷/۲۲۲ b c	تاج خروس
۰/۴۹۶۷ b	۱۹/۷۸۲۲ a	۷۴/۱۸۲ e	۰/۰۳۰۳۸۹ d	۱/۹۲۲۲ c	۳۲/۸۲۱ d	۵۲/۱۱۱ d	خرقه

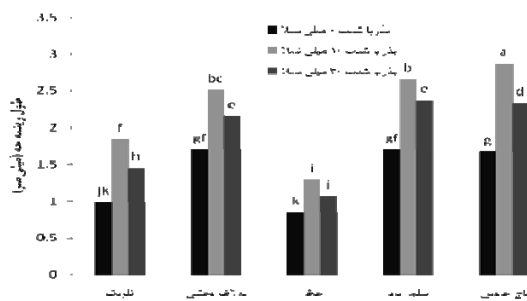
^۱ واحد بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ^۲ تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ^۳ میلی مول بر گرم وزن تر در هر ستون حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگینها است (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪)

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده روی جوانه‌زنی بذور گیاهان مختلف تحت تاثیر شدت میدان مغناطیسی و رطوبت

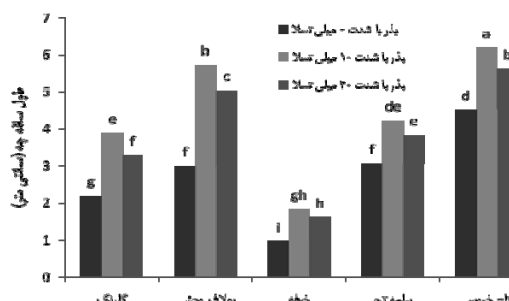
درصد	درصد بذرهای غیر نرمال	میزان مالون و آلدید ^۲	فعالیت آنزیم کاتالاز ^۲	فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسوتاز ^۱	فعالیت آنزیم پراکسیداز ^۱	بیه طولی گیاهچه	بیه خشک (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	طول گیاهچه (سانتی متر)	ریشه چه (سانتی متر)	ریشه در (روز)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز)	درصد جوانه زنی	شدت
۱۸/۸۰۰ d	۴/۱۳۳ b	۰/۵۱۹ c	۱۱/۹۲ d	۱۰۱/۲۹ c	۱۴/۸۴ d	۲/۱۲ d	۰/۰۵۵۸ d	۶/۱۲ b	۱/۶۷ d	۳۲/۸۷ c	۵۲/۳۳ e	۰	۵۲/۳۳ e	تر
۲۲/۲۰۰ a	۴/۵۳۳ a	۰/۳۱۰ e	۲۱/۰۸ a	۱۵۴/۷۸ a	۲۰/۹۳ a	۳/۳۲ a	۰/۰۴۲۸ a b	۷/۰۷ a	۲/۳۲ a	۳۳/۷۱ a	۸۴/۵۳ a	۱۰	۸۴/۵۳ a	تر
۲۰/۶۶۷ b	۴/۰۶۷ b	۰/۵۵۵ b	۱۷/۶۳ b	۱۳۲/۸۷ b	۲۶/۹۶ b	۲/۵۲ c b	۰/۰۶۷۴ c	۵/۴۵ c	۲/۰۲ c	۳۸/۷۹ b	۶۵/۲۰ d	۲۰	۶۵/۲۰ d	تر
۱۰/۵۳۳ c	۳/۳۳۳ c	۰/۶۲۲ a	۸/۹۹ e	۷۳/۵۵۲ d	۸/۷۶ e	۱/۱۸ e	۰/۰۴۲۲ e	۴/۷۶ d	۱/۰۹ e	۲۷/۵۵ d	۴۲/۸۳ f	۰	۴۲/۸۳ f	خشک
۲۰/۴۶۷ b	۴/۲۶۷ b	۰/۳۰۷ e	۱۵/۵۴ c	۱۰۶/۲۹ c	۱۶/۲۷ d	۲/۷۵ b	۰/۰۷۶۳ a	۳/۴۹ c	۲/۱۵ b	۴۰/۵۵ b	۷۲/۱۰۰ c	۱۰	۷۲/۱۰۰ c	خشک
۱۹/۰۰۰ c	۳/۹۳۳ b	۰/۴۴۴ d	۱۶/۱۳ b c	۱۲۸/۷۲ b	۲۰/۲۹ c	۲/۲۶ c d	۰/۰۶۹۱ b c	۶/۰۷ b	۱/۷۴ d	۴۰/۵۵ b	۷۵/۶۰ b	۲۰	۷۵/۶۰ b	خشک

^۱ تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ^۲ واحد بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ^۳ تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ^۴ میلی مول بر گرم وزن تر

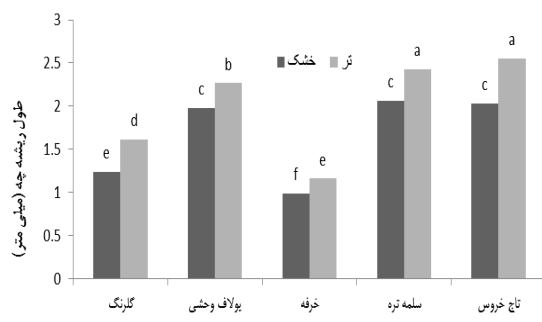
در هر ستون حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگینها است (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪)



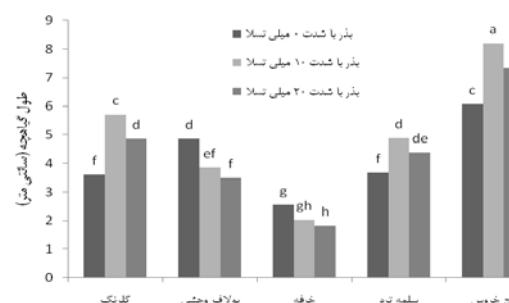
شکل ۲- اثر شدت‌های میدان مغناطیسی بر طول ریشه‌چه



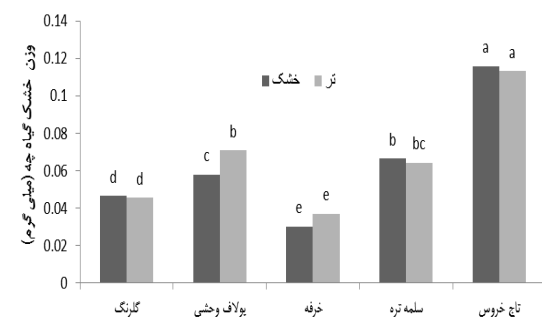
شکل ۱- اثر شدت‌های میدان مغناطیسی بر طول ساقه‌چه



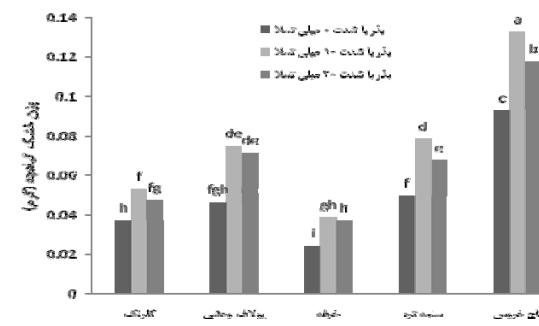
شکل ۴ تأثیر رطوبت بذور بر طول ریشه‌چه



شکل ۳ اثر شدت‌های میدان مغناطیسی بر طول گیاهچه



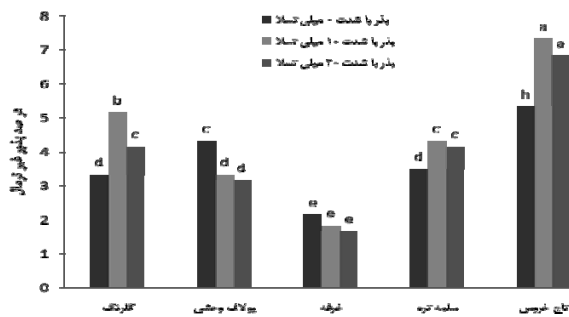
شکل ۶ تأثیر رطوبت بذور بر وزن خشک گیاهچه



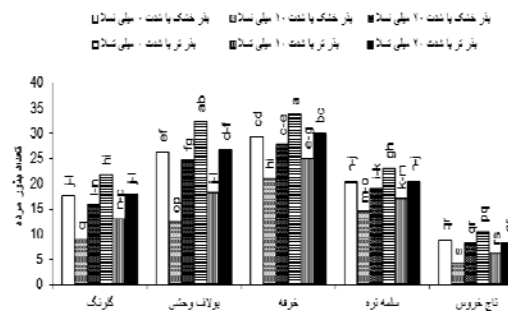
شکل ۵ تأثیر شدت‌های میدان مغناطیسی بر وزن خشک گیاهچه

وزن خشک بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها بود (شکل‌های ۶ و ۷)، البته این اختلاف در وزن خشک گیاهچه می‌تواند به دلیل تفاوت در پتانسیل رشد گیاهان مختلف باشد. بدین ترتیب که پتانسیل رشد گیاه تاج‌خروس در شرایط طبیعی با گذشت از مراحل ابتدایی رشد نسبت به یولاف وحشی و خرفه بیشتر است.

شدت میدان مغناطیسی تا ۱۰ میلی‌تسلا باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه در بذره‌های خشک و تر کلیه گیاهان مورد آزمایش شد. همچنین با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا واکنش کلیه بذره‌های خشک و تر گیاهان مختلف یکسان و کاهشی بود (بجز بذر خشک یولاف وحشی). در بین گیاهان مختلف تاج‌خروس بیشترین واکنش را به میدان مغناطیسی از خود نشان داد و دارای

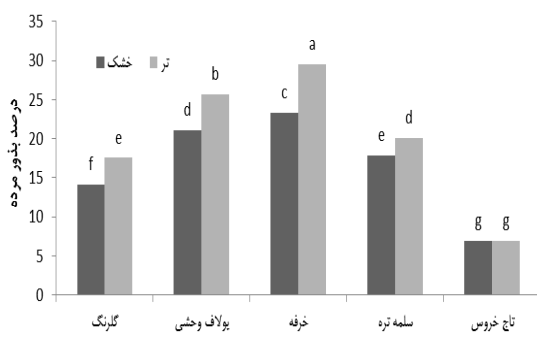


شکل ۸ تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی در بذور غیر نرمال

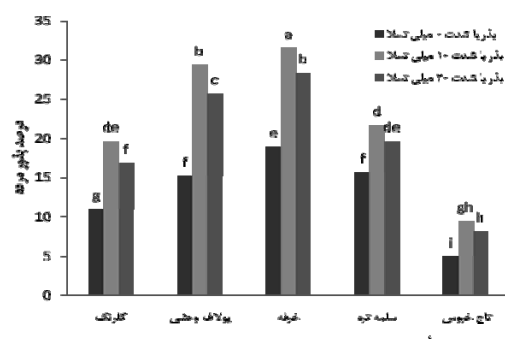


شکل ۷ تأثیر شدت‌های میدان مغناطیسی و رطوبت بذور بر تعداد

بذور نرمال



شکل ۱۰ تأثیر رطوبت بذور بر درصد بذور مرده



شکل ۹ تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی بر درصد بذور

مرده

گیاه خرفه یکسان بوده و تعداد گیاهچه‌های عادی کاهش یافت. در بین گونه‌های مختلف نیز تعداد گیاهچه‌های عادی به ترتیب در علف‌های هرز تاج‌خروس و سلمه‌تره در اثر کاربرد میدان مغناطیسی بیشتر از سایر گیاهان افزایش یافت و کمترین تأثیر برای این صفات نیز در گیاه خرفه مشاهده شد. بعد از خرفه نیز کمترین تأثیر کاربرد میدان مغناطیسی در گیاه زراعی گلرنگ مشهود بود (شکل ۷).

افزایش شدت میدان مغناطیسی تا ۱۰ میلی‌تسلا باعث افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم‌ها در بذرهای خشک و تر همه‌ی گیاهان گردید. اما با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا واکنش بذرهای خشک و تر متفاوت بود. به طوری که با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز همچنین آنزیم کاتالاز به‌صورت غیر معنی‌دار بود. اما در بذرهای تر، میزان فعالیت این آنزیم‌ها کاهش یافت (جدول

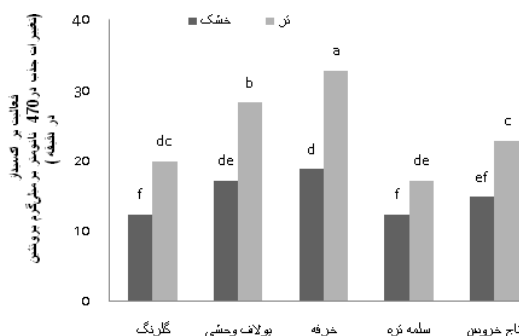
در شدت میدان مغناطیسی ۱۰ میلی‌تسلا، شاخص بنیه‌ی طولی و شاخص بنیه وزنی گیاهان مورد آزمایش افزایش یافت. نتایج حاصل از آزمایش نشان‌داد که با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا شاخص بنیه طولی و شاخص بنیه وزنی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۴- تأثیر شدت‌های میدان مغناطیسی بر بنیه وزنی گیاهچه

شدت میدان مغناطیسی	میانگین بنیه وزنی گیاهچه
۰ میلی‌تسلا	۰/۰۲۹۸ c
۱۰ میلی‌تسلا	۰/۰۴۳۱ a
۲۰ میلی‌تسلا	۰/۰۳۸۴ b

شدت میدان مغناطیسی ۱۰ میلی‌تسلا باعث افزایش معنی‌دار در تعداد گیاهچه‌های عادی کلیه‌ی گیاهان به‌جز گیاه خرفه گردید. در این گیاه بیشترین تعداد بذرهای عادی در بذرهای خشکی که تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار نگرفته بودند، مشاهده شد. با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا واکنش بذرهای خشک و تر کلیه گیاهان به‌جز

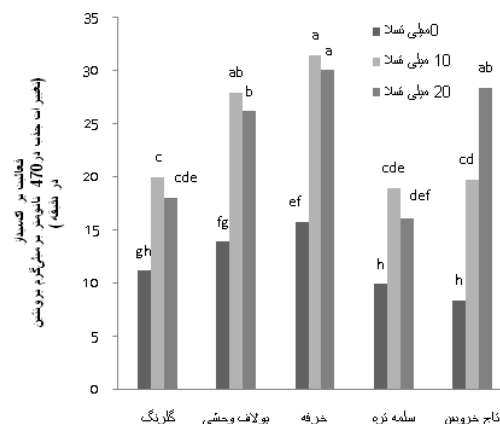
بر فعالیت آنزیم پراکسیداز داشت. به گونه‌ای که وجود رطوبت باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در تمام گیاهان شد. در این بین بذر خرفه بیشترین و بذر سلمه‌تره کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را داشتند (شکل ۱۱).



شکل ۱۲ تاثیر رطوبت بذور بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

افزایش شدت میدان مغناطیسی می‌تواند در جوانه‌زنی بذرها مؤثر باشد. در مطالعاتی بذر خیار را تحت میدان مغناطیسی ۰/۲ تا ۰/۴ تسلا قرار دادند، میدان ۰/۴ تسلا، ۴۹٪ جوانه‌زنی را افزایش داد و بیشترین تأثیر را روی جوانه‌زنی بذر داشت (۲۸). گزارش حاصل از یک تحقیق نشان داد که کاربرد میدان مغناطیسی ۴۰ میلی تسلا سبب تسریع در جوانه‌زنی گیاهان گندم، جو، ذرت و برنج می‌شود که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد (۱۶). گزارش شده است که رشد و نمو سلول تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی قرار می‌گیرد. البته اثرات این میدان‌ها به شدت میدان مغناطیسی و همچنین مدت زمان کاربرد آنها بستگی دارد (۲۴). همچنین آزمایش‌های دیگری روی گیاهان سویا، ذرت، نخود و لوبیا انجام شده که به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۷). وانگ و همکاران (۲۰۰۵) در طی تحقیقات خود روی گونه‌های مختلف به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۷).

۳). میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به ترتیب در گیاهان خرفه و یولاف وحشی در اثر کاربرد میدان مغناطیسی نسبت به سایر گیاهان افزایش یافت و کمترین تأثیر نیز در گیاه سلمه‌تره مشاهده شد (شکل ۱۱). وجود رطوبت در زمان قراردادن بذرها در شرایط میدان مغناطیسی تأثیر معنی‌داری



شکل ۱۱ تاثیر شدت‌های میدان مغناطیسی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

همچنین بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به ترتیب در گیاهان خرفه و یولاف وحشی در اثر کاربرد میدان مغناطیسی، بیشتر از سایر گیاهان افزایش یافت و کمترین میزان فعالیت این آنزیم در گیاه زراعی گلرنگ مشاهده شد. بیشترین میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به ترتیب در گیاهان سلمه‌تره و تاج‌خروس در اثر کاربرد میدان مغناطیسی بود و کمترین تأثیر برای هر دوی این صفات نیز در گیاه خرفه مشاهده شد (جدول ۲).

افزایش شدت میدان مغناطیسی تا ۱۰ میلی تسلا باعث کاهش معنی‌دار محتوای مالون دی‌آلدهید در بذرها، خشک و تر شد و میزان این کاهش در بذرها، خشک نسبت به بذرها، تر بیشتر بود. با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا محتوای مالون دی‌آلدهید در بذرها، خشک کلیه گیاهان مورد آزمایش باز هم نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت، اما این کاهش نسبت به گیاهان تیمار شده با شدت میدان ۱۰ میلی تسلا به طور معنی‌داری کمتر بود.

بحث

به علت افزایش طول گیاهچه و درصد جوانه زنی در بذرهای تیمار شده در میدان مغناطیسی ۱۰ میلی تسلا، افزایش وزنی و طولی شاخص بنیه گیاهچه قابل انتظار بود، به طوری که گان مور (۱۰) نیز پس از بررسی های فراوان نشان داد که تحریک رشد و تقسیم سلولی در گیاهان قرار گرفته در مجاورت میدان های مغناطیسی با شدت میدان های کم، سبب تحریک بذر ها و افزایش جوانه زنی می شود. در نتیجه این افزایش سرعت جوانه زنی، شاخص طولی بنیه و شاخص وزنی بنیه تحت تأثیر قرار گرفته و به طور معنی داری افزایش می یابد. واشیست و نگاراجان (۲۶) گزارش کردند که کاربرد میدان های مغناطیسی با شدت ۵۰ میلی تسلا در آفتاب گردان با افزایش میزان فعالیت آنزیم های آلفا آمیلاز، پروتئاز و دهیدروژناز سبب تسریع در جوانه زنی، استقرار و تولید گیاهچه هایی با بنیه ی قوی تر می گردد.

همچنین بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی های واشیست و نگاراجان (۲۶) و رانتالا و بتچریا (۲۳)، میدان مغناطیسی با افزایش غلظت کلسیم درون سلولی و ارسال سیگنال به داخل سلول، تقسیم میتوز را افزایش می دهد که به علت تغییر در ساختار کروموزوم ها باعث تغییر در تعداد گیاهچه های نرمال و غیر نرمال می گردد. نحوه ی رشد و همچنین نحوه ی تکثیر گیاهان نیز ممکن است یکی از دلایل اختلاف در تعداد گیاهچه های عادی و غیر عادی و بذر های مرده در گیاهان مختلف باشد. برای مثال گیاه خرفه علاوه بر توانایی تکثیر از طریق بذر می تواند از طریق رویشی و حتی بعد از جدا شدن ساقه ها از خاک نیز رشد کند. به بیان دیگر این اختلاف در بذر های غیر نرمال، حتی در شرایط بدون اعمال میدان مغناطیسی نیز قابل مشاهده است و به پتانسیل ژنتیکی آن گیاهان نیز بستگی دارد (شکل های ۸ و ۹). وجود رطوبت در زمان اعمال تیمار میدان مغناطیسی بر درصد بذر های مرده تأثیر معنی داری داشت، به طوری که موجب افزایش درصد بذر های مرده در تمامی گیاهان به غیر از تاج خروس شد (شکل ۱۰).

افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در شرایط نامساعد می تواند به عنوان شاخصی برای افزایش تولید رادیکال های آزاد اکسیژن در نظر گرفته شود. در این مطالعه ی کاربرد میدان مغناطیسی سبب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان شده، در نتیجه می توان گفت که سبب کاهش تولید این رادیکال های آزاد شده است. مشابه این نتایج در افزایش فعالیت آنزیم ها با کاربرد میدان های مغناطیسی در گیاهان توتون در شرایط درون شیشه ای گزارش شده است (۲۵). همچنین در اثر کاربرد شدت های متفاوت میدان های مغناطیسی میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان نیز تغییر می کند که در این میان آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نقش اصلی را در کاهش رادیکال های آزاد در گیاه توتون دارد. تأثیر میدان مغناطیسی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در این آزمایش نشان از افزایش توانایی این بذر ها برای جوانه زنی دارد.

وانگ و همکاران (۲۷) نیز گزارش کردند که با افزایش شدت میدان های مغناطیسی تا ۱۵ میلی تسلا و بیشتر از آن میزان فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز افزایش می یابد و به تبع آن میزان خسارت اکسایشی وارده به گیاه نیز کاهش پیدا می کند. آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز یکی از مهمترین آنزیم های آنتی اکسیدان بوده که در شرایط تنش افزایش فعالیت آن در بیشتر گیاهان گزارش شده است. فعالیت این آنزیم با افزایش میزان یون سوپر اکسید درون سلولی افزایش می یابد. به علاوه اینکه میزان رطوبت بذر تأثیر معنی داری بر میزان آنزیم پراکسیداز در بذر های گیاهان مختلف داشت (شکل ۱۲).

در بذر های تر با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی تسلا محتوای مالون دی آلدید در کلیه ی گیاهان افزایش یافت، به طوری که با گیاهان شاهد تیمار شده با شدت ۱۰ میلی تسلا اختلاف معنی داری را نشان دادند (جدول ۳). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان (۲۵، ۲۶) بدست

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان این گونه نتیجه گرفت که میدان مغناطیسی به علت تغییراتی که در سطح سلولی ایجاد می‌کند و خسارتهایی که در غشاء به وجود می‌آورد باعث تغییر در فشار اسمزی و قدرت بافت سلولی برای جذب عناصر و مواد محلول می‌شود.

آمده است. از آنجایی که غشاء سلولی یک غشاء فسفولیپیدی می‌باشد، واکنش اکسیژن با آن سبب تخریب غشاء سلولی و نشت الکترولیت‌ها به بیرون سلول می‌شود (۲۱). اما کاربرد میدان مغناطیسی با شدت مناسب با تغییر در بارهای مثبت و منفی غشاء سلولی سبب کاهش اکسیداسیون در چربی‌های غشاء سلولی و کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدهید می‌گردد.

منابع

- اسدی، ع.م. و حشمتی غ.ع.، ۱۳۹۴. اثر تیمارهای مختلف بر شکستن خواب و تحریک جوانه زنی بذر آویشن خراسانی (*Thymus transcaucasicus* Ronn) و آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.). مجله زیست شناسی ایران. ۲۸(۱): ۲۸-۳۲.
- کشاورز، ح.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و زرین کمر، ف.، ۱۳۹۳. تفاوت در پاسخ آنتی‌اکسیدانی دو رقم کلزا پاییزه و بهاره (*Brassica Napus* L.) در شرایط مزرع‌ای تحت تأثیر اسید سالیسیلیک. مجله زیست شناسی ایران ۲۸۹-۲۸۸(۲): ۲۷.
- Aladjadjiyan, A. and Ylieva, T. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development on tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). J. Central European Agriculture. 4(2): 131-137.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry. 72: 248-254.
- Cakmak, I. and Horst, W.J. 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). Physiologia Plantarum. 83: 463-468.
- Crnobarc, J., Marinkovic, B., Tatic, M. and Malesevic, M. 2002. The effect of REIS on startup growth and seed yield of sunflower and soybean. Biophysics in Agriculture Production, University of Novi Sad, Tampograf.
- De vos, C.H.R., Schat, H. Waal, M., Vooijs. R. and Ernst, W. 1991. Increased resistance to copper-induced damage of the root cell plasmalemma in copper tolerant *Silene cucubalus*. Physiologia Plantarum. 82:523-528.
- Efe, L., Mustafayev, S.A. and Killi, F. 2004. Stimulative effect of high voltage electrical current on earliness, yield and fiber quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences. 7: 494-502.
- Eraman, H.M., 2003. Effect of shocking with high voltage electrical current on important agronomical and technological properties of five cotton (*Gossypium hirsutum* L) cultivars under Kahramanmaras conditions. MSc thesis, University of Kahramanmaras Sutcu Imam, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Field Crops, Turkey.
- Gan-Mor, G., 2003. Electrostatic pollen application development and tests for almond, kiwi, date and pistachio an overview. Applied Engineering in Agriculture. 19(2): 119-124.
- Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H. 2005. Effects of aluminum on the growth of tea plant and activation of antioxidant system, Plant and Soil 276:133-141.
- Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1997. Superoxide desmutase. I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology. 59: 309-314.
- Kiatgamjorn, P., Khan-Ngern, W. and Nitta, S. 2002. The effect of electric field on bean sprout growing. Research Center for Communications and Information Technology Ladkrabang Bangkok. pp. 237-241.
- Maguire, J.D. 1962. Seed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science 2: 176-177.
- Marinkovic, B., Ilin, Z. Marinkovic, J. Culibrk, M. and Jacimovic, G. 2002. Corn and sugarbeet yield in function variable electromagnetic field. Biophysics in Agriculture Production, University of Novi Sad, Tampograf. 154p

16. Mustafayev, S., Efe, L. and Killi, F. 2001. The effect of shocking treatment on cotton seeds before sowing by electrical current on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) stickiness and some fiber traits under Kahramanmaraş conditions. GOURLOT J.-P., FRYDRYCH R., éditeurs scientifiques, 2001. Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness. Actes du séminaire, 4-7 juillet 2001, Lille, France, CFC – ICAC – Cirad – IFTH – SCC - ARC.Montpellier, France, Cirad, CFC - Technical report.
17. Nedialkov, N., Nenov, S. and Parmakov, D. 2006. Pre-sowing treatment of seeds by magnetic field. Lithuanian Institute of Agricultural Engineering. 20: 4320.
18. Phirke, P., Kubde, A. and Umbarkar, S. 1996. The influence of magnetic field on plant growth. Seed Science and Technology. 24: 375-392.
19. Pietruszewski, S., 1996. Effects of magnetic biostimulation of wheat seeds on germination, yield and proteins. International Agrophysics. 10: 51-56.
20. Podleony, J., Pietruszewski, S. and Podleona, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. International Agrophysics. 18: 65-71.
21. Rakosy-Tican, L., Aurori, C. and Morariu, V. 2005. Influence of near null magnetic field on in vitro growth of potato and wild Solanum species. Bioelectromagnetics. 26: 548-557.
22. Rochalska, M., 2002. Magnetic field as a method of seeds vigour estimation (in Polish). Acta Agrophysica. 62: 103-111.
23. Runthala, P. and Bhattacharya, S. 1991. Effect of magnetic field on the living cells of *Allium cepa* L. Cytologia. 56: 63-72.
24. Sabo, J., Mirossay, L., Horovcak, L., Sarissky, M., Mirossay, A. and Mojzis, J. 2002. Effects of static magnetic field on human leukemic cell line HL-60. Bioelectrochemistry. 56: 227-231.
25. Sahebamei, H., Abdolmaleki, P. and Ghanati, F. 2007. Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells. Bioelectromagnetics. 28: 42-47.
26. Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal of Plant Physiology. 167: 149-156.
27. Wang, H.Y., Zeng, X.B., Guo, S.Y. and Li, Z.T. 2008. Effects of magnetic field on the antioxidant defense system of recirculation-cultured *Chlorella vulgaris*. Bioelectromagnetics. 29: 39-46.
28. Yao, Y., Li, Y., Yang, Y. and Li, C. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environmental and Experimental Botany. 54: 286-294.

Magnetic field effects on physiological traits and seed germination of safflower crop and its four important weed species

Vasigheh Shamsabadi E.¹, Modarres Sanavy S.A.M.¹, Modarres Vameghi S.M.² and Keshavarz H.¹

¹ Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of Iran

² Plant Pathology Dept., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

According to other experiments, electromagnetic field is considered as kind of tension that can affect directly or indirectly on plants. Thus, an experiment was conducted as completely randomized design arrangement in factorial with three factors including 5 plant seeds [crop seeds of safflower (*Carthamus tinctorious*) cultivar Goldasht and four species of weeds include pigweed (*Amaranthus spp.*), Portulaca (*Portulaca oleracea*), wild oat (*Avena fatua*), and Chenopodium (*Chenopodium album*)], magnetic field intensity (10 and 20 milli tesla for 4 hours), and seed status (wet and dry) to study the effect of magnetic field on mentioned plants seeds. The results of this experiment showed that magnetic field of 10 milli tesla increased germination traits (germination percentage, germination speed, length of root and shoot), weight and length vigor, and seedling dry weight. Magnetic field 20 of mili tesla decreased germination parameters in examined plants. Magnetic field had lower and higher effect on *Portulaca* and *Amaranthus* seeds in relative to the other plants seeds. Also, application of the magnetic field increased the activity of antioxidant enzymes (catalase, peroxidase and superoxide dismutase) and reduced of the malondialdehyde content in all seedlings.

Key words: magnetic field, germination, morphology, antioxidant enzymes.