

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 میلی‌تسلا 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 میلی‌تسلا 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 میلی‌تسلا باعث کاهش پارامترهای جوانه‌زنی در گیاهان مورد آزمایش شد. تأثیر میدان مغناطیسی روی بذرهای گیاه خرفه و تاج‌خروس 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 آنتی‌اکسیدانسی، 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 چغندر قند 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 تحریک‌کننده داشته باشد، با توجه به اثرات بسیار مهم و مثبت میدان مغناطیسی بر پارامترهای فیزیولوژیک و

بدست آمده از این آزمایش تأثیر معنی‌دار این میدان بر قدرت جوانه‌زنی و رشد بوته را نشان داد، همچنین افزایش معنی‌داری در عملکرد بذرهاى تیمار شده مشاهده گردید (۲۰). اثر معنی‌دار میدان مغناطیسی با شدت ۱۵ تسلا بر قدرت جوانه‌زنی بذرهاى توتون گزارش شده است (۳). اثر میدان الکتریکی نیز بر بذرهاى 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، تربیتی‌کاله، ذرت و سویا نشان داد که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند به‌عنوان روشی برای بهبود بنیه‌ی بذر به‌کار روند (۲۲).

یکی از ویژگی‌های خاص و مهم علف‌های هرز که کنترل آنها را بسیار دشوار کرده وجود خواب در بذرهاى 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 بذرهاى تاج خروس (*Amaranthus spp.*)، خرفه (*Portulaca oleracea*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و یولاف وحشی (*Avena fatua*) که جزء علف‌های هرز رایج و مهم

(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 بذرهاى 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 بذرهاى تیمار شده نسبت به بذرهاى 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 بذرها 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

سنجش فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپراکسیددسموتاز، پراکسیداز و پراکسیداسیون لیپیدی غشاء مالون دی آلدئید به ترتیب به روش‌های 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) عصاره‌گیری و همگنان حاصل در $12000 \times g$ و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. از محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیمی استفاده شد. به $100 \mu L$ 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 240 nm سنجیده و به ازای میلی گرم پروتئین عصاره آنزیمی محاسبه شد (۵). به منظور سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز 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 عصاره‌گیری شد. همگنانی حاصل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد ($15000 \times g$) به مدت ۱۵ دقیقه. بخش رویی برای سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مورد استفاده قرار گرفت و به آن بافر HEPES-KOH (۵۰mM) با $7/8 \text{ pH}$ 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 می‌گردد 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 سانتی‌گراد عصاره‌گیری شد و بعد همگنان

مزارع کشت گیاه گلرنگ می‌باشد 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 جوانه‌زنی 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 میدان‌ها طبق پژوهش‌های انجام شده در این زمینه (۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۵) بود که میانگین قدرت مغناطیسی در این پژوهش‌ها 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 می‌تواند تحت تأثیر میدان مغناطیسی دو قطبی‌های موقت تشکیل دهد حدس زده می‌شد 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 می‌دهیم. مدت زمان اعمال تیمار شدت برای میدان مغناطیسی ۴ ساعت بود. بذرهایی که مورد تیمار میدان مغناطیسی قرار گرفتند و همچنین بذرهای شاهد در آزمایش‌های جوانه‌زنی 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 جوانه‌زنی از طریق رابطه زیر انجام شد که در این رابطه Ni تعداد بذرهای جوانه زده در روز Di می‌باشد (۱۴).

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Ni/Di$$

بذرهای خشک و تر شد. اما با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا واکنش بذرهای خشک و تر متفاوت بود. به طوری که در بذرهای خشک با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا درصد جوانه‌زنی نیز افزایش یافت ولی در بذرهای تر افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا 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 میلی‌تسلا باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در بذرهای خشک و تر شد، اما با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا واکنش بذرهای خشک و تر به میدان مغناطیسی متفاوت بود (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که در بذرهای تر با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، در حالی که در بذرهای خشک افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا تغییری در سرعت جوانه‌زنی ایجاد نکرد.

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

حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. مخلوط واکنش شامل مقدار مناسب از بخش روشناور، بافر پتاسیم فسفات ۶۰ میلی‌مولار حاوی گایاکول ۲۸ میلی‌مولار و پراکسید هیدروژن ۵ میلی‌مولار 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 میلی‌گرم پروتئین بیان شد (۱۱).

برای سنجش پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، مالون دی‌آلدئید (MDA) به‌عنوان فرآورده نهایی این پراکسیداسیون، مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌های منجمد به میزان ۰/۲ گرم در ۳ میلی‌لیتر TCA (تری‌کلرواستیک اسید) ۱۰٪ عصاره‌گیری شدند. سپس به یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون صاف شده، ۱ میلی‌لیتر TBA (تیوباریبی‌توریک اسید) ۰/۵ درصد اضافه شد و در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. در نهایت میزان مالون‌دی‌آلدئید 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 به‌عنوان 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 دی‌آلدئید تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۱). اما حداکثر میانگین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در بذرهای سلمه‌تره و خرفه مشاهده شد و یولاف‌وحشی و تاج‌خروس درصد جوانه‌زنی مشابهی داشتند (جدول ۲). اولین سطح تیمار میدان مغناطیسی (۱۰ میلی‌تسلا) باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در

جدول ۱- میانگین مربعات پارامترهای فیزیولوژیک و جوانه‌زنی گلرنگ و چهار نوع حلقه‌های همز رایج

منبع	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	تعداد بذور نرمال	شاخص بیه وزنی	طول ریشه‌چه	طول ساقچه	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	شاخص بیه طولی
نوع بذر	۴	۸۹/۴۰**	۳۰۵/۸۷**	۳۳۸/۰۴**	۳۵۶/۶۸**	۵/۴۴**	۴۱/۰۴**	۷۳/۳۵**	۰/۰۱۷۱**	۲/۵۷**
شدت میدان مغناطیسی	۲	۷۶۰/۸۰۳**	۱۱۹۸/۱۷**	۲۹۵/۸۱**	۱۴۰/۷۳**	۵/۵۱**	۲۰/۸۳**	۴۷/۵۷**	۰/۰۰۵۴**	۱۴/۴۳**
تر و خشک بودن بذر	۱	۳۴۴/۸۸**	۱۱۰/۱۱*	۱۳۹/۳۸**	۱۸۵/۱۵۰**	۲/۷۰**	۷/۹۳**	۱۹/۸۷**	۰/۰۰۰۱۸**	۷/۷۸**
PI	۸	۲۰/۴۳**	۳/۹۷**	۱۵۵/۶۹**	۶۴/۳۰**	۰/۱۲**	۰/۸۴**	۱/۱۱**	۰/۰۰۰۱۸*	۰/۰۰۹**
PM	۴	۱/۶۱**	۳/۶۵**	۶۰/۳۸**	۵۴/۲۵*	۰/۰۷**	۰/۴۴**	۰/۴۲*	۰/۰۰۰۲۱*	۰/۰۳**
IM	۲	۱۱۳۸/۴۸**	۹۶/۲۵**	۳/۸۱**	۱۷۶/۳۳**	۰/۳۴**	۰/۳۳**	۰/۷۹**	۰/۰۰۰۴۴**	۰/۸۷*
PIM	۸	۲/۸۶**	۱/۰۵**	۳۶/۰۴**	۶/۴۹**	۰/۰۳**	۰/۰۲**	۰/۰۶**	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۵**
خطا	۶۰	۷۷/۲۱	۱۶/۷۱	۸/۲۹	۱۰/۷۵	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۸
c.v.		۷/۱۲	۱۰/۹۵	۱۳/۷۷	۱۶/۶۴	۷/۵۴	۹/۹۷	۶/۵۷	۱۳/۲۵	۱۷/۸۷

منبع	درجه آزادی	شاخص بیه وزنی	تعداد بذور نرمال	پراکندگی	سوپراکسید دیسوتاز	کاتالاز	مارون دی آلدئید
نوع بذر	۴	۰/۰۰۱۰۵۷**	۳۳۸/۰۴**	۳۵۶/۶۸**	۱۳۵۷۲/۱۵**	۲۰۷/۹۵**	۰/۲۲۸۹۴**
شدت میدان مغناطیسی	۲	۰/۰۰۱۳۵۱**	۲۹۵/۸۱**	۱۴۰/۷۳**	۱۸۶۱۴/۸۴**	۵۲۵/۲۴**	۰/۵۷۱۰۰**
تر و خشک بودن بذر	۱	۰/۰۰۱۴۴۸**	۱۳۹/۳۸**	۱۸۵/۱۵۰**	۱۶۰۶۶/۲۰**	۲۲۸/۳۳**	۰/۰۰۰۰۰۱**
PI	۸	۰/۰۰۰۰۰۰۸**	۱۵۵/۶۹**	۶۴/۳۰**	۱۴۱/۸۹**	۷/۷۶**	۰/۰۰۵۹۶۸**
PM	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۸**	۶۰/۳۸**	۵۴/۲۵*	۱۰۵/۸۰**	۸/۴۱**	۰/۰۰۰۹۰۱۳**
IM	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳۷**	۳/۸۱**	۱۷۶/۳۳**	۳۶۹۰/۲۷**	۳۴/۳۱*	۰/۰۷۸۰۸۴**
PIM	۸	۰/۰۰۰۰۰۰۱**	۳۶/۰۴**	۶/۴۹**	۷۱/۸۸**	۲/۹۷**	۰/۰۰۱۴۳۳**
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: معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی دار

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

میزان مالون و آلدید ^۱	میزان آنزیم کاتالاز ^۲	فعالیت آنزیم کاتالاز ^۲	میزان مالون	فعالیت آنزیم کاتالاز ^۲	فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسوتاز ^۳	بیه وزنی گیاهی	بیه طولی گیاهی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	درصد جوانه زنی بذور	نوع گیاه
۰/۴۷۶۷ b	۱۰/۴۲۲۴ d	۱۲/۶۵۴ c	۱۲/۳۰۱۱۱ d	۰/۰۳۰۱۱۱ d	۰/۰۳۰۱۱۱ d	۰/۰۳۰۱۱۱ d	۰/۰۳۰۱۱۱ d	۳۳/۵۳۵ d	۳۳/۵۳۵ d	۶۴/۲۲۴ c	گلریگ
۰/۳۰۲۲ d	۱۵/۲۰۹۲ bc	۱۲۷/۲۰۵ a	۱۲۷/۲۰۵ a	۰/۰۴۷۶۷ a	۰/۰۴۷۶۷ a	۰/۰۴۷۶۷ a	۰/۰۴۷۶۷ a	۲۳/۸۳۵ a	۲۳/۸۳۵ a	۷۲/۶۱۸	سلمه تره
۰/۶۱۳۹ a	۱۶/۴۶۵۶ b	۱۰۰/۶۱۸ d	۱۰۰/۶۱۸ d	۰/۰۳۵۱۶۷ c	۰/۰۳۵۱۶۷ c	۰/۰۳۵۱۶۷ c	۰/۰۳۵۱۶۷ c	۳۹/۱۲۳ b	۳۹/۱۲۳ b	۶۹/۱۶۷ b	یولاف وحشی
۰/۴۳۲۲ c	۱۴/۲۲۲۲ c	۱۳۰/۵۵۸ b	۱۳۰/۵۵۸ b	۰/۰۴۲۲۶۷ b	۰/۰۴۲۲۶۷ b	۰/۰۴۲۲۶۷ b	۰/۰۴۲۲۶۷ b	۳۶/۱۱۳ c	۳۶/۱۱۳ c	۶۷/۲۲۲ bc	تاج خروس
۰/۴۹۶۷ b	۱۹/۷۸۲۲ a	۷۴/۱۸۲ e	۷۴/۱۸۲ e	۰/۰۳۰۳۸۹ d	۰/۰۳۰۳۸۹ d	۰/۰۳۰۳۸۹ d	۰/۰۳۰۳۸۹ d	۳۲/۸۲۱ d	۳۲/۸۲۱ d	۵۲/۱۱۱ d	خرهف

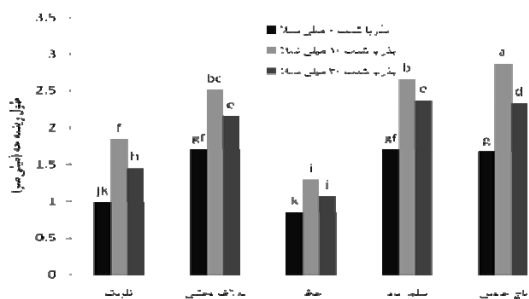
۱ واحد بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ۲ تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر بر میلی گرم پروتئین در دقیقه، ۳ میلی مول بر گرم وزن تر در هر ستون حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگینها است (بر اساس آزمون LSD. در سطح احتمال ۵٪)

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

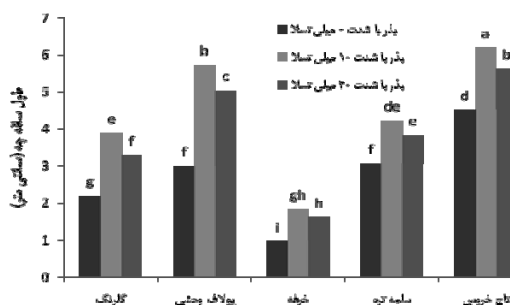
درصد بذورهای غیر نرغال	درصد بذورهای غیر نرغال	میزان مالون	فعالیت آنزیم کاتالاز ^۲	فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسوتاز ^۳	فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسوتاز ^۳	بیه طولی گیاهی	بیه طولی گیاهی	وزن خشک گیاهی (گرم)	طول گیاهی (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز)	درصد جوانه زنی (بذر در روز)	نوع گیاه
۱۸/۸۰۰ d	۴/۱۳۳ b	۰/۵۱۹ c	۱۱/۹۲ d	۱۰/۱۲۹ c	۱۲/۸۴ d	۲/۱۲ d	۲/۱۲ d	۰/۰۵۵۸ d	۶/۱۲ b	۱/۶۷ d	۳۲/۸۷ c	۵۲/۳۳ e	تر
۲۲/۲۰۰ a	۴/۵۳۳ a	۰/۳۱۰ e	۲۱/۰۸ a	۱۵۲/۷۸ a	۲۰/۸۳ a	۳/۳۲ a	۳/۳۲ a	۰/۰۴۲۸ ab	۷/۰۷ a	۲/۳۲ a	۳۳/۷۱ a	۸۴/۵۳ a	۱۰
۲۰/۶۶۷ b	۴/۰۶۷ b	۰/۵۶۵ b	۱۷/۶۲ b	۱۳۲/۸۷ b	۲۶/۹۶ b	۲/۵۲ cb	۲/۵۲ cb	۰/۰۶۷۴ c	۵/۲۵ c	۲/۰۲ c	۳۸/۷۹ b	۶۵/۲۰ d	۲۰
۱۰/۵۳۳ e	۳/۳۳۳ c	۰/۶۲۲ a	۸/۹۹ e	۷۳/۵۵۲ d	۸/۷۶ e	۱/۸۸ e	۱/۸۸ e	۰/۰۴۲۲ e	۴/۷۶ d	۱/۰۹ e	۲۷/۵۵ d	۲۲/۸۴ f	۰
۲۰/۴۶۷ b	۴/۲۶۷ b	۰/۳۰۷ e	۱۵/۵۴ c	۱۰۶/۲۹ c	۱۶/۲۷ d	۲/۷۵ b	۲/۷۵ b	۰/۰۷۶۳ a	۳/۴۹ c	۲/۱۵ b	۴۰/۵۵ b	۷۲/۰۰ c	۱۰
۱۹/۰۰۰ c	۳/۹۳۳ b	۰/۴۴۴ d	۱۶/۱۳ bc	۱۲۸/۷۲ b	۲۰/۲۹ c	۲/۲۶ cd	۲/۲۶ cd	۰/۰۶۹۱ bc	۶/۰۷ b	۱/۲۴ d	۲۰/۵۵ b	۷۵/۶۰ b	۲۰

۱ تغییرات جذب در ۴۷۰ 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

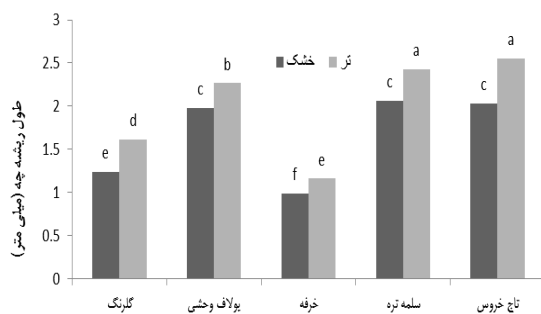
در هر ستون حروف مشابه نشاندهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگینها است (بر اساس آزمون LSD. در سطح احتمال ۵٪)



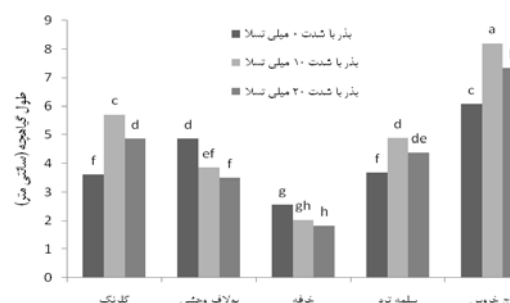
شکل ۲- اثر شدت‌های میدان مغناطیسی بر طول ریشه‌چه



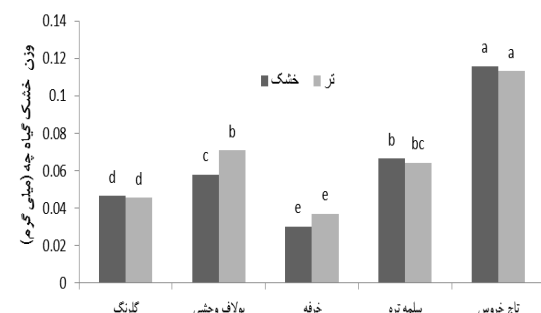
شکل ۱- اثر شدت‌های میدان مغناطیسی بر طول ساقه‌چه



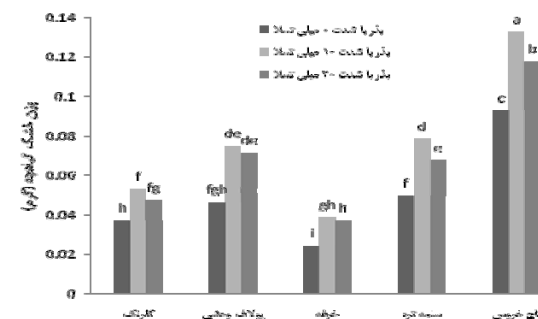
شکل ۴ تأثیر رطوبت بذر بر طول ریشه‌چه



شکل ۳ اثر شدت‌های میدان مغناطیسی بر طول گیاهچه



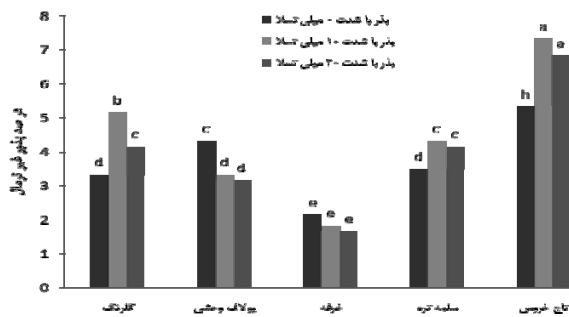
شکل ۶ تأثیر رطوبت بذر بر وزن خشک گیاهچه



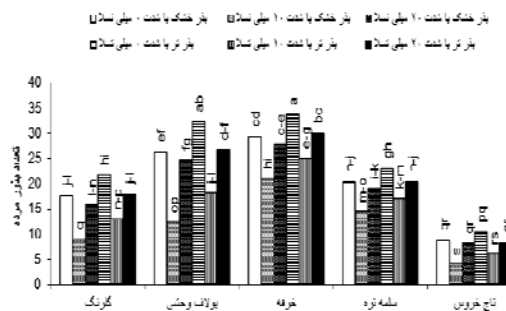
شکل ۵ تأثیر شدت‌های میدان مغناطیسی بر وزن خشک گیاهچه

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 یولاف‌وحشی و خرفه بیشتر است.

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

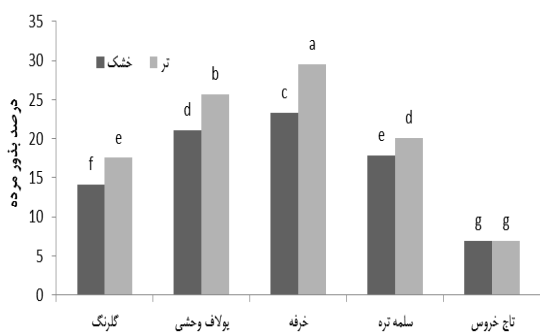


شکل ۸ تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی در بذور غیر نرمال

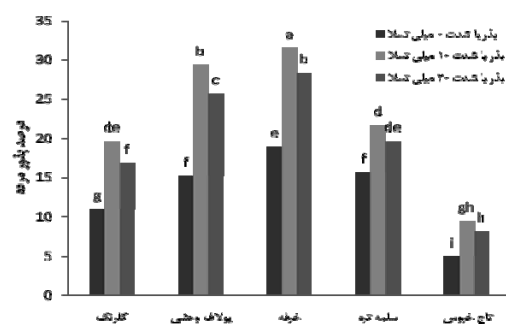


شکل ۷ تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی و رطوبت بذور بر تعداد

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

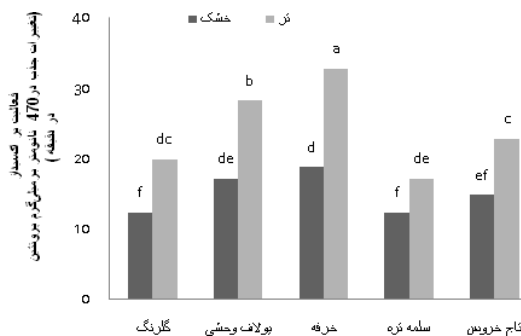
در شدت میدان مغناطیسی ۱۰ میلی‌تسلا، شاخص بنیه‌ی طولی و شاخص بنیه وزنی گیاهان مورد آزمایش افزایش یافت. نتایج حاصل از آزمایش نشان‌داد که با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا شاخص بنیه طولی و شاخص بنیه وزنی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدولهای ۳ و ۴).

جدول ۴- تأثیر شدت‌های مختلف 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

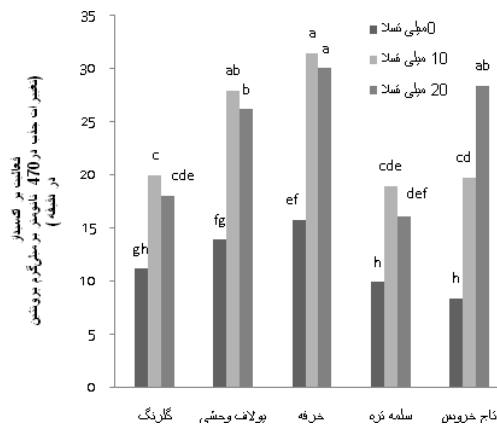
بر فعالیت آنزیم پراکسیداز داشت. به گونه‌ای که وجود رطوبت باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در تمام گیاهان شد. در این بین بذر خرفه بیشترین و بذر سلمه‌تره کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را داشتند (شکل ۱۱).



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).

میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به ترتیب در گیاهان خرفه و بولاف 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 بولاف 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 تاج خروس 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 دی‌آلدئید 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 دی‌آلدئید 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

افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط نامساعد می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در نظر گرفته شود. در این مطالعه کاربرد میدان مغناطیسی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده، در نتیجه می‌توان گفت که سبب کاهش تولید این رادیکال‌های آزاد شده است. مشابه این نتایج در افزایش فعالیت آنزیم‌ها با کاربرد میدان‌های مغناطیسی در گیاهان توتون در شرایط درون شیشه‌ای گزارش شده است (۲۵). همچنین در اثر کاربرد شدت‌های متفاوت میدان‌های مغناطیسی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز تغییر می‌کند که در این میان آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز نقش اصلی را در کاهش رادیکال‌های آزاد در گیاه توتون دارد. تأثیر میدان مغناطیسی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در این آزمایش نشان از افزایش توانایی این بذرها برای جوانه‌زنی دارد.

وانگ و همکاران (۲۷) نیز گزارش کردند که با افزایش شدت میدان‌های مغناطیسی تا ۱۵ میلی‌تسلا و بیشتر از آن میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسیددیسموتاز افزایش می‌یابد و به‌تبع آن میزان خسارت اکسایشی وارده به گیاه نیز کاهش پیدا می‌کند. آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز یکی از مهمترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان 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 می‌یابد. به علاوه اینکه میزان رطوبت بذر تأثیر معنی‌داری بر میزان آنزیم پراکسیداز در بذرها گیاهان مختلف داشت (شکل ۱۲).

در بذرها تر با افزایش شدت میدان تا ۲۰ میلی‌تسلا محتوای مالون دی‌آلدهید در کلیه گیاهان افزایش یافت، به طوری که با گیاهان شاهد تیمار شده با شدت ۱۰ میلی‌تسلا اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان (۲۵، ۲۶) بدست

به علت افزایش طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی در بذرها تیمار شده در میدان مغناطیسی ۱۰ میلی‌تسلا، افزایش وزنی و طولی شاخص بنیه گیاهچه قابل انتظار بود، به طوری که گان‌مور (۱۰) نیز پس از بررسی‌های فراوان نشان داد که تحریک رشد و تقسیم سلولی در گیاهان قرارگرفته در مجاورت میدان‌های مغناطیسی با شدت میدان‌های کم، سبب تحریک بذرها و افزایش جوانه‌زنی می‌شود. در نتیجه این افزایش سرعت جوانه‌زنی، شاخص طولی بنیه و شاخص وزنی بنیه تحت تأثیر قرار گرفته و به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. واشیست و نگاراجان (۲۶) گزارش کردند که کاربرد میدان‌های مغناطیسی با شدت ۵۰ میلی‌تسلا در آفتاب‌گردان با افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، پروتئاز و دهیدروژناز سبب تسریع در جوانه‌زنی، استقرار و تولید گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر می‌گردد.

همچنین بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی‌های 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 می‌دهد که به‌علت تغییر در ساختار کروموزوم‌ها باعث تغییر در تعداد گیاهچه‌های نرمال و غیر نرمال می‌گردد. نحوه‌ی رشد و همچنین نحوه‌ی تکثیر گیاهان نیز ممکن است یکی از دلایل اختلاف در تعداد گیاهچه‌های عادی و غیر عادی و بذرها مرده در گیاهان مختلف باشد. برای مثال گیاه خرفه علاوه بر توانایی تکثیر از طریق بذر می‌تواند از طریق رویشی و حتی بعد از جداسدن ساقه‌ها از خاک نیز رشد کند. به بیان دیگر این اختلاف در بذرها غیر نرمال، حتی در شرایط بدون اعمال میدان مغناطیسی نیز قابل مشاهده است و به پتانسیل ژنتیکی آن گیاهان نیز بستگی دارد (شکل‌های ۸ و ۹). وجود رطوبت در زمان اعمال تیمار میدان مغناطیسی بر درصد بذرها مرده تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری که موجب افزایش درصد بذرها مرده در تمامی گیاهان به غیر از تاج‌خروس شد (شکل ۱۰).

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 زیست‌شناسی ایران. ۲۸(۱): ۲۸-۳۲-۱۲.
- 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 مزرعه‌ای تحت تأثیر اسید سالیسیلیک. مجله زیست‌شناسی 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. Superoxid 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 Kahramanmaras 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. Nediakov, 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.