



علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم / شماره اول / ۱۳۹۵ (۹۹ - ۱۰۹)



تأثیر مگنتوپرایمینگ بر جوانه‌زنی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت تنش اسمزی

رضوان محمدی^۱، پرتو روشندل^{۲*}، علی تدین^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۳

چکیده

در تحقیق حاضر تأثیر مگنتوپرایمینگ بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های گیاه دارویی زوفا از تیره نعناع در شرایط عادی و تنش اسمزی بررسی شده است. نتیجه تنش اسمزی، کم‌آبی سلول است. بذرهای پرایم‌شده با میدان مغناطیسی (۴۵، ۹۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌تسلا) در زمان‌های مختلف (۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) در حالت عادی یا تنش اسمزی ناشی از مانیتول (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار) برای ۱۰ روز در ظروف پتری اجازه جوانه‌زنی و رشد یافتند. در این آزمایش‌ها سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌رست‌ها و شاخص بنیه بذرها ارزیابی شد. در شرایط بدون تنش، میدان مغناطیسی (۲۰۰ میلی‌تسلا/۵ دقیقه) باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی (۱۵+ درصد) و شاخص بنیه بذرهای (۴۲+ درصد) زوفا شد. علاوه بر این، میدان مغناطیسی بر وزن خشک دانه‌رست‌ها (۲۵ درصد) و طول ریشه‌چه (۳۶ درصد) را به‌طور معنی‌داری افزود. تحت تنش اسمزی، میدان مغناطیسی ۱۴ درصد بر میزان جوانه‌زنی زوفا به‌نحو معنی‌دار افزود. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در حالت عادی، پرایمینگ بذرهای زوفا با شدت مطلوب میدان مغناطیسی، همگام با افزایش درصد جوانه‌زنی و تحریک رشد ریشه‌ها می‌تواند با استقرار قوی‌تر دانه‌رست‌ها و جذب عمیق‌تر آب، رشد گیاهچه‌های زوفا را بهبود بخشد. علاوه بر این، میدان مغناطیسی با تحریک جوانه‌زنی می‌تواند برای روبش این گیاه تحت تنش اسمزی و یا تنش رطوبتی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تحریک جوانه‌زنی بذر، تنش رطوبتی، زوفا، میدان مغناطیسی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* نویسنده مسئول: roshandelparto@gmail.com

مقدمه

زوفای (*Hyssopus officinalis* L.) گیاهی دارویی متعلق به تیره لامیاسه است. بخش‌های هوایی این گیاه علفی چندساله به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی از جمله ترپن‌ها، فلاوونوئیدها، روغن‌های فرار، هیسوپین، تانن‌ها و رزین برای بیماری‌های دستگاه تنفسی مانند سرفه، برونشیت و آسم مفید است (Naghbi et al., 2005). اساس زوفای خاصیت ضدقارچی و باکتریایی دارد. علاوه بر این، به دلیل نوش فراوانی که در گل‌های این گیاه وجود دارد، در ردیف گیاهان مولد عسل قرار دارد. اگرچه نواحی خشک و گرم، مناطق مناسبی برای کشت زوفای هستند ولی این گیاه در آغاز رویش همچنین پس از اولین برداشت به آب کافی نیاز دارد (Omid Beygi, 2005).

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته تحت تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی محیط اطراف خود قرار می‌گیرند. از جمله این تنش‌ها می‌توان به تنش رطوبتی اشاره کرد که به‌طور چشمگیر رشد و نمو گیاهان را محدود می‌کند. تنش رطوبتی از مهم‌ترین عوامل ناتوانی بذرها برای جوانه‌زنی در شرایط مزرعه است، زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد. گیاهان در شرایط مختلف دچار تنش رطوبتی می‌شوند. از آن جمله می‌توان به تنش اسمزی اشاره کرد. تنش اسمزی یا شوک اسمزی ناشی از یک تغییر ناگهانی در غلظت ترکیبات محلول در بخش خارجی سلول است که باعث تغییر در حرکت آب از خلال غشاء سلول می‌شود. تحت شرایطی که در محیط خارجی سلول، غلظت‌های بالای هر نمکی اعم از کلرید- سدیم یا دیگر نمک‌ها و محلول‌های شیمیایی وجود داشته باشد، آب از طریق اسمز از سلول بیرون کشیده می‌شود و سلول دچار تنش رطوبتی می‌شود. این اتفاق مشابه با حالتی است که به‌طور طبیعی گیاه در شرایط خشکی و کمبود آب قرار می‌گیرد. علاوه بر این، تنش اسمزی بخش اولیه رخداده تنش شوری نیز محسوب می‌شود که در آن مرحله با تجمع کلرید سدیم در فضای آپوپلاستی، آب سلول به بیرون کشیده می‌شود و سلول دچار کم‌آبی از نوع اسمزی می‌شود (Munnss, 2002). امروزه، تلاش کشاورزی نوین در پی یافتن فن‌آوری کارآمد و در عین حال بی‌ضرر بر پایه پرایمینگ بذر، برای افزایش بنیه بذر

و پایایی گیاهان زراعی است. در تکنیک پرایمینگ، بذرها در برابر یک الیسیاتور قرار می‌گیرند که می‌تواند اثرات مضر تنش غیرزیستی را کاهش دهد و گیاه را در برابر محیط پر تنش آبی مقاوم‌تر سازد. نوع الیسیاتور بسته به نوع پرایمینگ، متنوع و متفاوت است. از آن جمله می‌توان به ترکیبات شیمیایی طبیعی یا مصنوعی و محیط فیزیکی بذر اشاره کرد. در این میان، در معرض میدان مغناطیسی قرار دادن بذر (مگنتوپرایمینگ) به‌عنوان یکی از تیمارهای بالقوه مطمئن و مقرون به صرفه برای تحریک جوانه‌زنی و افزایش رشد و نمو دانه‌رست و ایستایی محصول معرفی شده است (Vashisth and Nagarajan, 2010).

دیرزمانی است که اثرات مثبت میدان مغناطیسی بر گیاهان آشکار شده است. به‌عنوان مثال، تأثیر میدان مغناطیسی بر افزایش پارامترهای مربوط به جوانه‌زنی بذر گیاهانی نظیر *Zea mays* (Flórez et al., 2007)، *Aladjadjian and Ylieva, Nicotiana tabacco* (Martínez et al., 2003)، *Lycopersicon esculentum* (Martínez et al., 2009a)، *Lens culinaris* و *Pisum sativum* (Martínez et al., 2009)، *Cucumis sativus* (Shine et al., 2005)، *Glycine max* (Yinan et al., 2005) و *Salvia officinalis* (2012) گیاهان دارویی مانند *Calendula officinalis* (Flórez et al., 2010) گزارش شده است. همچنین مشاهده شده است وقتی بذرهای گندم به مدت ۴۰ ساعت در معرض میدان مغناطیسی با شدت ۱۰ میلی‌تسلا قرار گیرند، طول گیاه، وزن بذر در هر سنبله و متعاقباً میزان محصول افزایش می‌یابد (Harichand et al., 2003). در بذرهای آفتابگردان نیز اعمال شدت‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا برای دو ساعت باعث کاهش نشت سلولی و هدایت الکتریکی غشاهای سلولی این بذر، افزایش وزن خشک دانه‌رست‌ها و طول ریشه‌ها شد (Vashisth and Nagarajan, 2010). در برخی گزارشات به‌روشنی توضیح داده شده است که میدان مغناطیسی می‌تواند باعث تعدیل اثرات منفی تنش گرما و خشکی و افزایش تحمل به شوری گیاه شده و فرایند پیری را به تأخیر اندازد (Ruzic and Jerman, 2003; Yanin et al., 2005). رادهاکریشنان و همکاران (Radhakrishnan et al., 2012) بر تأثیر مثبت تیمار میدان مغناطیسی روی تولید و رشد کالوس از بذر سویا، تغییرات بیوشیمیایی و مرگ سلول‌ها تحت تنش شوری

زوفای انجام شد. ابتدا بذرهای زوفای با اتانل (۷۰ درصد) به مدت دو دقیقه و سپس محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت یک دقیقه ضدعفونی و چند بار با آب مقطر استریل شستشو و پس از آن در دمای اتاق خشک شدند. سپس بذرهای در ظرف لاکتی به ابعاد ۱/۵ سانتی‌متر مکعب و در شکاف دستگاه مولد میدان مغناطیسی قرار داده شدند. شدت‌های میدان مغناطیسی عبارت بود از: ۰، ۴۵، ۹۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی‌تسلا با مدت زمان‌های ۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه. پس از آن بذرهای جوانه‌زنی بر روی کاغذ صافی مرطوب درون ظروف پتری به تعداد ۲۵ بذر در هر ظرف و سه تکرار برای هر تیمار قرار داده شدند. ویژگی‌های شرایط آزمایشگاهی برای جوانه‌زنی عبارت از ۱۶ ساعت تاریکی / ۲۳°C و ۸ ساعت نور / ۳۰°C بود. پارامترهای مورد ارزیابی برای دانه‌رست‌های ۱۰ روزه عبارت بود از سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نیز محاسبه شاخص بنیه بذر. محاسبه‌ها طبق روابط زیر صورت گرفت (Vashista and Nagarajan, 2010). طول دانه‌رست‌ها با خط‌کش مدرج میلی‌متری اندازه‌گیری شد. برای دانه‌رست‌ها، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آن ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

بخش دوم: بررسی تأثیر سطوح مختلف مانیتول بر شاخص بنیه بذر زوفای ده روزه

به منظور ارزیابی تأثیر تنش اسمزی بر شاخص‌های جوانه‌زنی از محلول مانیتول (با غلظت‌های ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ میلی‌مولار) استفاده شد. آماده‌سازی بذر و شرایط محیطی برای جوانه‌زنی بذرهای مشابه با بخش اول آزمایش‌ها بود. در این بخش برای انتخاب سه سطح مانیتول جهت ایجاد تنش اسمزی در آزمایش‌های مرحله سوم، شاخص بنیه بذر مورد ارزیابی قرار گرفت زیرا این پارامتر معرف تغییرات درصد جوانه‌زنی و قدرت رشد و نمو دانه‌رست‌های تازه روییده می‌باشد.

بخش سوم: بررسی تأثیر میدان مغناطیسی بر فیزیولوژی بذرهای زوفای تحت تنش اسمزی

بذرهای زوفای پس از آماده‌سازی تحت تیمار شدت میدان

تأکید کردند. در آزمایش‌های دیگری نیز تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی سویا، رشد دانه‌رست‌ها و جمعیت میکروبی خاک مورد مطالعه قرار گرفت (Radhakrishnan and Ranjitha Kumari, 2013). علاوه بر این، نشان داده شده است که مگنتوپرایمینگ بذرهای نخود می‌تواند برای تخفیف اثرات مضر تنش شوری حین جوانه‌زنی و رشد دانه-رست‌ها مفید باشد. از طرف دیگر، برخی گزارشات حاکی از مضر بودن تیمار میدان مغناطیسی در گیاهان است. به عنوان مثال، جوانی و همکاران (Javani et al., 2008) گزارش کردند در گیاه باقلا، میدان مغناطیسی ایستا با شدت ۱۵ میلی‌تسلا می‌تواند در سیستم آنتی اکسیدان گیاه اختلال ایجاد کند. ایشان بیان داشتند گیاهان تیمار-شده با میدان مغناطیسی باعث کاهش محتوای فلاوونوئیدی و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان شده است. شواهدی دیگر وجود دارد که میدان مغناطیسی منجر به کاهش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ‌های لوبیا می‌شود (Belyavskaya, 2004).

در تحقیق حاضر به منظور یافتن روشی مناسب برای افزایش مقاومت به تنش رطوبتی در گیاه زوفای (*H. officinalis*) حین جوانه‌زنی، تأثیر پرایمینگ با میدان مغناطیسی مورد بررسی و این موارد مورد توجه قرار گرفت: (۱) تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه این گونه، (۲) بررسی تأثیر تنش اسمزی بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های این گیاه و (۳) بررسی تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های زوفای تحت تنش اسمزی.

مواد و روش‌ها

بذرهای زوفای (*H. officinalis* L. var *officinalis*) از بخش تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شهرکرد تهیه شد. آزمایش‌های مربوط به این پژوهش در دانشکده علوم دانشگاه شهرکرد (در سال ۱۳۹۱) در سه بخش انجام شد.

بخش اول: بررسی تأثیر میدان مغناطیسی بر فیزیولوژی بذرهای زوفای

آزمایش‌های این مرحله به منظور ارزیابی اثر میدان مغناطیسی ایستا بر فیزیولوژی بذر و نمو دانه‌رست‌های گیاه

رابطه (۱) $100 \times \text{تعداد بذرهای جوانه‌زده در آخرین روز} / \text{کل بذرها} = \text{درصد جوانه‌زنی}$

رابطه (۲) $(\text{روز } n / \text{تعداد بذر جوانه‌زده در روز } n) \times \text{سرعت جوانه‌زنی}$

رابطه (۳) $\text{وزن خشک دانه‌رست‌ها} \times \text{درصد جوانه‌زنی} = \text{شاخص بنیه بذر}$

برای درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد در رتبه اول قرار داشت (شکل ۱).

آنالیز داده‌های به‌دست آمده حاکی از آن بود که تیمار بذرهای زوفا با اعمال میدان مغناطیسی، بر افزایش وزن خشک و طول ریشه‌چه دانه‌رست‌ها اثر معنی‌داری دارد (جدول ۱ و شکل ۲). مؤثرترین شدت میدان ۲۰۰ میلی-تسلا بود که سبب افزایش ۳۶ درصدی طول ریشه‌چه و افزایش ۲۵ درصدی وزن خشک ریشه‌چه دانه‌رست‌های ده روزه زوفا شد ($p < 0.05$). علاوه بر این، همانند وزن خشک و طول ریشه‌چه، مؤثرترین شدت میدان مغناطیسی که بیش از بقیه باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر شد، شدت ۲۰۰ میلی‌تسلا بود که ۴۲ درصد باعث افزایش این پارامتر نسبت به شاهد شد (شکل ۳). دیگر شدت‌های میدان نیز در رتبه‌های پایین‌تر باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر شد. به این ترتیب، با وجودی که مؤثرترین شدت میدان مغناطیسی برای جوانه‌زنی بهتر بذرهای زوفا، ۹۰ میلی‌تسلا بود ولی میزان این پیش‌تیمار برای افزایش وزن خشک و طول ریشه‌چه و متعاقباً شاخص بنیه بذر ۲۰۰ میلی‌تسلا به‌دست آمد.

تأثیر سطوح مختلف مانیترول بر شاخص بنیه بذر زوفای ده روزه

نتایج بررسی تأثیر تنش اسمزی ناشی از ۷ غلظت مانیترول (شکل ۴) نشان داد که با افزایش غلظت مانیترول از میزان شاخص بنیه بذر زوفای ۱۰ روزه به‌صورت معنی‌داری کاسته شد. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار مانیترول میزان شاخص بنیه بذرها تا ۵۰ درصد کاهش یافت. مانیترول ۱۵۰ میلی‌مولار بر شاخص بنیه بذر تأثیر معنی‌داری با مقدار آن در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار نداشت ولی در سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار - به‌ترتیب ۷۵/۶ و ۸۳/۵ درصد- از میزان شاخص بنیه بذر کاسته شد. از این‌رو غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار مانیترول به‌عنوان سطوح بعدی برای آزمایش‌های مرحله سوم انتخاب شد ولی برای این مرحله، از سطوح ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار مانیترول چشم‌پوشی شد زیرا میزان شاخص بنیه بذر تقریباً به صفر رسید.

میدان مغناطیسی (مطابق بخش اول) و پس از آن طی ۱۰ روز جوانه‌زنی در ظروف پتری تحت تنش اسمزی (محلول مانیترول با غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ میلی‌مولار) قرار داده شدند (به دلیل عدم جوانه‌زنی بذرها در غلظت‌های ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار مانیترول، کاربرد غلظت‌های مذکور در این بخش حذف شد). در این مرحله برای اعمال شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی، فقط مدت زمان ۵ دقیقه به‌کار رفت، زیرا تجزیه آماری در بخش اول آزمایش‌ها نشان داد اثر متقابل شدت و زمان کاربرد میدان مغناطیسی تأثیر معنی‌دار ندارد و از این‌رو کوتاه‌ترین زمان اعمال میدان مغناطیسی انتخاب شد. آماده‌سازی بذر و شرایط محیطی برای جوانه‌زنی بذرها و پارامترهای مورد ارزیابی همانند بخش اول انجام پذیرفت.

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش‌های بخش اول و دوم به‌صورت ساده و در بخش سوم به شکل فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS (V.9.0) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج

تأثیر میدان مغناطیسی بر فیزیولوژی بذرهای زوفا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی بر ویژگی‌های درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و شاخص بنیه بذر در سطح ۵ درصد بود. تأثیر مدت زمان اعمال میدان مغناطیسی نیز به‌جز وزن خشک و طول ساقه‌چه، بر بقیه ویژگی‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌دار داشت ($p < 0.05$). نتایج تجزیه واریانس آشکار کرد تأثیر متقابل شدت میدان مغناطیسی و مدت زمان آن بر هیچ یک از ویژگی‌های مورد ارزیابی معنی‌دار نیست. علاوه بر این، شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی، مدت زمان اعمال آن و اثر متقابل این دو صفت نیز تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای زوفا نداشت.

نتایج نشان داد همه شدت‌های میدان مغناطیسی به‌کار رفته (۹۰، ۲۰۰، ۲۴۰ میلی‌تسلا) باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذرهای زوفا می‌شود (جدول ۱). در این میان، شدت ۹۰ میلی‌تسلا با افزایش ۱۵ درصدی

تأثیر میدان مغناطیسی بر فیزیولوژی بذر و دانه‌رست‌های ده روزه زوفا تحت تنش اسمزی

نتایج این بخش نشان داد (جدول ۲) تنش اسمزی ناشی از مانیتول بر همه پارامترهای مورد بررسی یعنی درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه دانه‌رست-های زوفا و نیز درجات مختلف شدت میدان مغناطیسی بر همه صفات فوق به‌جز طول ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی

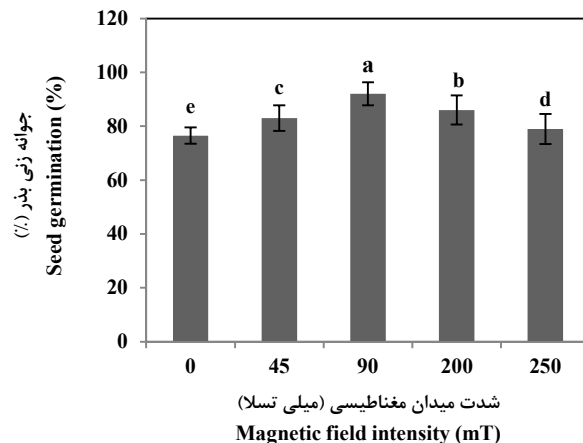
تأثیر معنی‌دار داشته است. با این وجود، اثر متقابل تیمار تنش اسمزی و شدت میدان مغناطیسی تنها در مورد درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها برای صفت درصد جوانه‌زنی بذره‌های زوفا تحت هر دو تیمار میدان مغناطیسی و تنش اسمزی (شکل ۵) نشان داد شدت میدان مغناطیسی در سطوح ۴۵ و ۲۰۰ میلی‌تسلا باعث افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد می‌شود ولی بین این دو سطح اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌رست‌های زوفا تحت تأثیر میدان مغناطیسی.

Table 1. Analysis of variances (mean squares) of germination percentage, seed vigor index, length and dry weight of radicle and plumule in 10-day seedlings of *H. officinalis* under magnetic field

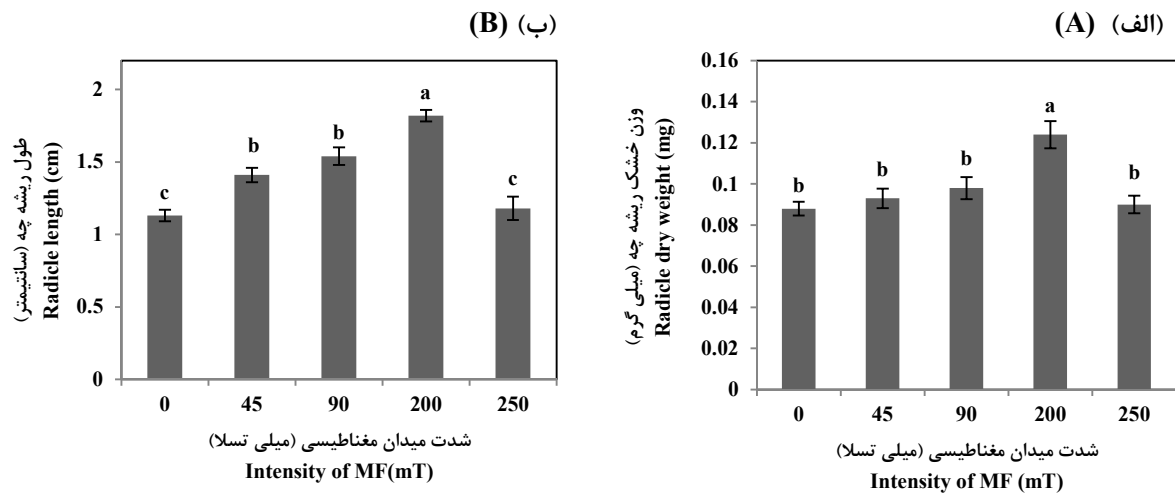
| S.O.V | منبع تغییرات | درجه آزادی Df | درصد جوانه‌زنی Germination percentage | شاخص بنیه بذر Seed vigor index | وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight | وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight | طول ریشه‌چه Radicle length | طول ساقه‌چه Plumule length | سرعت جوانه‌زنی Rate of germination |
|---------------------|--------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| MF intensity | شدت میدان مغناطیسی | 4 | 534.64** | 1857.6** | 0.17** | 0.0043 ^{ns} | 2.27** | 0.0034 ^{ns} | 7252.35 ^{ns} |
| Exposure time of MF | زمان اعمال میدان | 4 | 92/11** | 1469.7** | 0.0077* | 0.018 ^{ns} | 0.37** | 0.0067 ^{ns} | 50205.82 ^{ns} |
| Intensity × Time | شدت × زمان | 16 | 23.41 ^{ns} | 161.4 ^{ns} | 0.0031 ^{ns} | 0.0021 ^{ns} | 0.085 ^{ns} | 0.0029 ^{ns} | 35094.96 ^{ns} |
| Error | خطا | 50 | 9.11 | 28.4 | 0.002 | 0.0018 | 0.61 | 0.0001 | 32.1 |
| CV (%) | ضریب تغییرات (%) | | 4.12 | 20.7 | 25.39 | 16.68 | 13.97 | 2.64 | 16.15 |

* و ** به ترتیب نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ^{ns} برای عدم معنی‌داری ns, * and ** show significant differences at levels of 5%, 1% and not difference, respectively

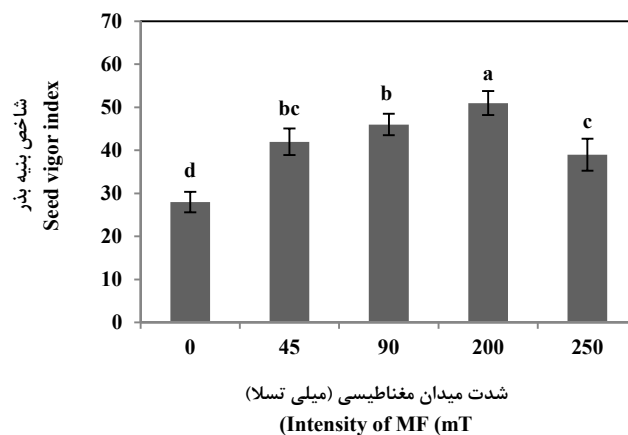


شکل ۱- تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی بذره‌های زوفا. میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Figure 1. Effects of different intensities of MF on germination percentage of *H. officinalis*. Means with the same letter are not significantly different at the level of 5%.



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک (الف) و طول ریشه‌چه (ب) دانه‌رست‌های ده روزه زوفا تحت شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی. میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند. Figure 2. The mean comparisons of radicle dry weight (A) and length (B) of 10-day-old seedlings of *H. officinalis* under different MF intensities. Means with the same letters are not significant at the level of 5%.



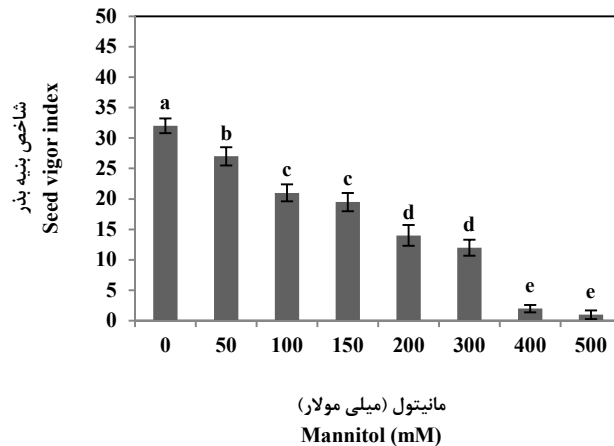
شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص بنيه بذر زوفای ده روزه تحت تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی. میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Figure 3. The mean comparisons of seed vigor index of 10-day-old seedlings of *H. officinalis* under different intensity (A) and exposure time (B) of MF. Means with the same letters are not significant at the level of 5%.

بجث
 نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های تحقیق حاضر حاکی از تأثیر مثبت پیش‌تیمار مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهان زوفا در مراحل اولیه بعد از جوانه‌زنی است. به‌کارگیری پیش‌تیمار مغناطیسی به‌عنوان محرکی بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌ها که در این مقاله گزارش شده است با نتایج حاصل از کار دیگر محققین هم‌خوانی دارد. در این میان می‌توان به نتیجه تحقیقات واشیتس و نگراجان (Vashisth and Nagarajan, 2008) اشاره کرد که گزارش کردند در گیاه نخود (*Cicer arietinum*) کاربرد میدان مغناطیسی با شدت صفر تا ۲۵۰ میلی‌تسلا با مراحل ۵۰ میلی‌تسلایی به‌مدت ۱ تا ۴ ساعت توانست سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک دانه‌رست‌ها را نسبت به گیاهان شاهد به نحو معنی‌دار افزایش دهد. در پژوهشی دیگر اقبال و همکاران (Iqbal et al., 2012) دریافتند که شدت میدان مغناطیسی ۶۰ و ۱۸۰

خطی افزایش یافته است. تاکنون شواهد مختلفی در مورد مکانیزم اثر میدان مغناطیسی به‌دست آمده است. به‌عنوان مثال معلوم شده است در گندم‌های تیمار شده با میدان مغناطیسی، میزان فعالیت هیدرولازها و استرازها افزایش می‌یابد. علاوه بر این، pH ژله اطراف بذرهای گندم که با میکروالکتروود اندازه‌گیری شد، تغییر می‌یابد که به‌دلیل اثر میدان بر روی فعالیت پمپ‌های یونی غشاء است (Harichand *et al.*, 2002).

میلی‌تسلا برای ۵ دقیقه پارامترهای جوانه‌زنی خود فرنگی (*Pisum sativum*) را که در تسریع جوانه‌زنی مؤثر هستند، تحریک می‌کند. علاوه بر این، در تحقیق دیگر مهاجان و پندی (Mahajan and Pandey, 2014) دریافتند که در بذرهای لوبیا چشم بلبلی (*Vigna radiate*) که به‌صورت توده‌ای در برابر میدان مغناطیسی ۸۷ تا ۲۲۶ میلی‌تسلا برای ۱۰۰ دقیقه قرار گرفته بودند همگام با افزایش شدت میدان، جوانه‌زنی بذرها نیز به‌صورت



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص بنیه بذر در دانه‌رست‌های ده روزه زوفا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف مانیتول. میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

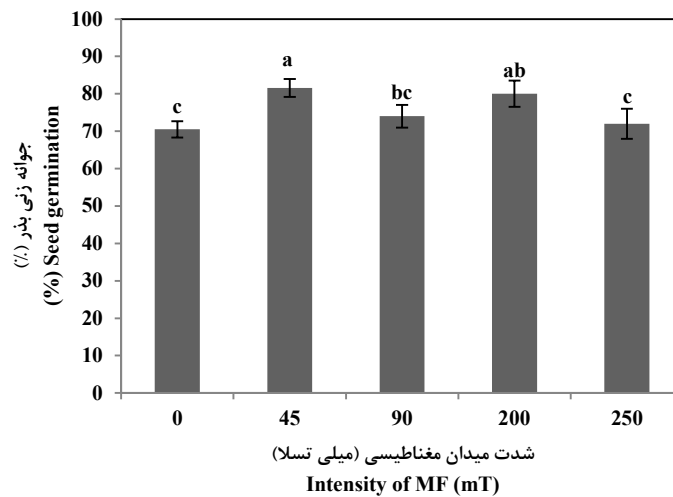
Figure 4. The mean comparisons of seed vigor index of 10-day-old seedlings of *H. officinalis* under different concentrations of mannitol. Means with the same letters are not significant at the level of 5%.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های درصد جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست ده روزه زوفا تحت تیمار توام میدان مغناطیسی و تنش اسمزی

Table 2. Analysis of variances (mean squares) of germination percentage, seed vigor index, length and dry weight of radicle and plumule in 10-day-old seedlings of *H. officinalis* under magnetic field and osmotic stress

| S.O.V | منبع تغییرات | درجه آزادی df | درصد جوانه‌زنی Germination percentage | شاخص بنیه بذر Seed vigor index | وزن خشک ریشه-چه Radicle dry weight | وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight | طول ریشه‌چه Radicle length | طول ساقه‌چه Plumule length | سرعت جوانه‌زنی Rate of germination |
|--------------------|--------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| MF intensity | شدت میدان مغناطیسی | 4 | 152.31** | 1488.96* | 0.000589** | 0.0168** | 0.015 ^{ns} | 0.037* | 24762.5 ^{ns} |
| Stress | تنش | 2 | 517.46** | 57721.45** | 0.00443** | 0.0593** | 1.2** | 1.57** | 358093.42** |
| Intensity × Stress | شدت × تنش | 8 | 128.57** | 901.05 ^{ns} | 0.000096 ^{ns} | 0.0011 ^{ns} | 0.223 ^{ns} | 0.0044 ^{ns} | 17533.2 ^{ns} |
| Error | خطا | 30 | 9.56 | 47.1 | 0.0001 | 0.05 | 0.006 | 0.002 | 22.5 |
| CV (%) | ضریب تغییرات (%) | | 9.16 | 12.3 | 0 | 0 | 17.86 | 9.41 | 18.23 |

* و ** به‌ترتیب نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ^{ns} برای عدم معنی‌داری ns, * and ** show significant differences at levels of 5%, 1% and not difference, respectively



شکل ۵- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی و تنش اسمزی. میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Figure 5. The mean comparisons of germination percentage of 10-day-old seedlings of *H. officinalis* under different intensity of MF and osmotic stress. Means with the same letters are not significant at the level of 5%.

بذرهای زوفا شد ولی در شدت ۲۰۰ میلی‌تسلا بود که بالاترین میزان برای طول ریشه‌چه، وزن خشک دانه‌رست‌ها و شاخص بنیه بذر حاصل شد. افزایش در بیوماس و طول ریشه باعث استقرار قوی‌تر ریشه دانه‌رست‌ها و قدرت نفوذپذیری آن‌ها در خاک برای جذب آب و املاح معدنی و نهایتاً ارتقای رشد و نمو زوفا می‌شود. همانند دانه‌رست‌های زوفا، برای بذرهای کاهو (Garcia and Arza, 2001)، ذرت (Racuciu *et al.*, 2006) و گندم (Hajinorouzi *et al.*, 2011) تأثیر میدان مغناطیسی بر افزایش طول ریشه‌چه گزارش شده است.

پیشنهاد شده است این افزایش مربوط به افزایش جذب آب و مواد غذایی در ریشه می‌باشد. از آنجایی که محاسبه شاخص بنیه بذر بر اساس درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه می‌باشد، حال که افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر همانند افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه در ۲۰۰ میلی‌تسلا رخ داده است و با در نظر گرفتن این نکته که وزن خشک ساقه‌چه در هیچ یک از درجات شدت میدان مغناطیسی تفاوت معنی‌داری نیافته است، نتیجه‌گیری می‌شود که تأثیر میدان مغناطیسی در ۲۰۰ میلی‌تسلا بر افزایش رشد و نمو دانه‌رست‌های زوفا بیش از شدت ۹۰ میلی‌تسلا می‌باشد. علاوه بر این، تأثیر متفاوت میدان

گفته می‌شود میدان مغناطیسی روی کشش سطحی آب تأثیر گذاشته و جذب آب در بذرهای افزایش می‌یابد، به این ترتیب بذرهای در مدت زمان کم‌تری نسبت به شاهد متورم می‌شوند (Yoshimas *et al.*, 2001). در برخی گزارش‌ها به تأثیر میدان مغناطیسی بر کانال‌های غشایی به‌ویژه کانال‌های انتقال کلسیم اشاره و بیان شده است که میدان مغناطیسی می‌تواند موجب باز شدن این کانال‌ها شده و موجب افزایش کلسیم درون سلولی شود. تغییرات غلظت کلسیم درون سیتوپلاسمی، به‌عنوان یک پیک ثانویه، بر بیان ژن مؤثر بوده و نهایتاً باعث تغییر در سنتز پروتئین‌ها و دیگر فعالیت‌های متابولیکی و زیستی سلول می‌شود (Lacy *et al.*, 1998). گفته می‌شود یون کلسیم خارجی مقاومت به خشکی را در گیاهان افزایش می‌دهد، متابولیسم هورمون‌های گیاهی را تنظیم می‌کند، سنتز اکسایدهای فعال را مهار و ساختار غشاهای سلولی و فتوسنتز نرمال را حفظ می‌کند (Abdel Fattah and Mohammad, 2011).

در تحقیق حاضر معلوم شد میدان مغناطیسی در شرایط بدون تنش می‌تواند باعث ارتقای شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی بذرهای زوفا شود. اگرچه شدت میدان ۹۰ میلی‌تسلا باعث به‌دست آمدن بالاترین درصد جوانه‌زنی

اسموپروتکتانت‌ها و در نتیجه جذب و حفظ آب در اندام‌های دانه‌رست باشد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر تأثیر پرایمینگ با میدان مغناطیسی برای افزایش مقاومت گیاه زوفا به تنش رطوبتی (با رویکرد به تنش اسمزی) در حین جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان اذعان نمود که اعمال شدت میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی-تسلا بر بذرها (حتی در کم‌ترین زمان اعمال شده یعنی مدت زمان ۵ دقیقه) نه تنها باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذرها در شرایط عادی می‌شود بلکه در افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها (حتی در کم‌ترین زمان اعمال شده) نیز می‌تواند نقش بسزایی داشته باشد. تکنیک پیشنهادی در این تحقیق می‌تواند به‌عنوان روشی مفید هنگام کشت گیاه زوفا در شرایط کمبود رطوبت یا افزایش شوری خاک در اثر بارش‌های بسیار کم یا نامنظم در مناطق خشک یا نیمه خشک مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در آزمایش‌های بعدی پاسخ‌های بیوشیمیایی بذر به این نوع پرایمینگ (مانند فعالیت آنزیم‌های درگیر در جوانه‌زنی و پراکسیداسیون لیپیدی) نیز بررسی شود.

مغناطیسی بر رشد و نمو اندام‌های هوایی و زیرزمینی افزایش وزن خشک و طول ریشه‌چه در کنار عدم تغییر قابل ملاحظه در وزن خشک و طول ساقه‌چه دانه‌رست‌های زوفا از دیگر نکات قابل تأمل در بررسی تأثیر میدان مغناطیسی است اما این وضعیت در شرایطی مشاهده شد که دانه‌رست‌ها بدون تنش اسمزی در حال رشد و نمو بودند. در شرایط تنش اسمزی نحوه تأثیر میدان مغناطیسی بر رشد و نمو اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهچه‌های زوفا متفاوت بود. در این شرایط، اثر متقابل میدان مغناطیسی و تنش اسمزی فقط بر روی درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد. تفاوت در این دو وضعیت می‌تواند حاکی از آن باشد که در گیاه زوفا میدان مغناطیسی در شرایط مختلف رشد به‌صورت متفاوت بر ارتقاء یا افزایش تحمل گیاه به تنش تأثیرگذار است. شایان ذکر است محتوای آب کل در دانه‌رست‌های زوفا در هنگام حضور و نیز در غیاب تنش اسمزی در اثر میدان مغناطیسی افزایش معنی‌دار یافت (داده‌ها نشان داده نشده است). افزایش محتوای آب کل می‌تواند از عوامل مؤثر در بقای دانه‌رست‌های در حال رشد تحت تنش اسمزی به‌شمار آید. احتمال می‌رود پرایمینگ با میدان مغناطیسی در راه‌اندازی مکانیزم‌هایی دخالت داشته باشد که باعث سنتز بیشتر اسمولیت‌ها و

منابع

- Abdel Fattah, H. and Mohammed, F. 2011. Physioanatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. *Acta Astronautica*, 69: 387-396. **(Journal)**
- Aladjadjian, A. and Ylieva, T. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds. *Journal of Central European Agriculture*, 4(2): 131-137. **(Journal)**
- Belyavskaya, N.A. 2004. Biological effects due to weak magnetic field of plants. 34: 1566-1574. **(Book)**
- Fischer, G., Tausz, M., Kock, M. and Grill, D. 2004. Effect of weak 16 HZ magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. *Bioelectromagnetics*, 25(8): 638-641. **(Journal)**
- Flórez, M., Carbonell, M.V. and Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 68-75. **(Journal)**
- Flórez, M., Martinez, E. and Carbonell, M.V. 2010. Effect of magnetic field treatment on germination of medicinal plants *Salvia officinalis* L. and *Calendula officinalis* L. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(1): 57-63. **(Journal)**
- Garcia, F. and Arza, L.I. 2001. Influence of stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical consideration. *Bioelectromagnetics*, 22(8): 598-595. **(Journal)**
- Harichand, K.S., Narula, V., Raj, D. and Singh, G. 2002. Effects of magnetic fields on germination, vigor and yield of wheat. *Seed Research*, 30 (2): 289-293. **(Journal)**

- Iqbal, M., Muhammad, D., Hag, Z.U., Jamil, Y. and Ahmad, M. 2012. Effect of pre-sowing magnetic field treatment to garden pea (*Pisum sativum* L.) seed on germination and seedling growth. *Pakistan Journal of Botany*, 44: 1851-1856. **(Journal)**
- Javani jooni, F., Abdol-maleki, P. and Ghanati, F. 2008. Investigation on the effects of static magnetic field on antioxidant enzymes level in *Vicia faba*. *Journal of Basic Sciences*, 35 (6): 195-208. (In Persian)**(Journal)**
- Lacy, A., Metcalfe, J. and Hesketh, R. 1998. Biological responses to electromagnetic fields. *FASEB Journal*, 12(6): 395-420. **(Journal)**
- Mahajan, T.S. and Pandey, O.P. 2014. Magnetic-time model at off-season germination. *International Agrophysics*, 28: 57-62. **(Journal)**
- Martínez, E., Carbonell, M.V., Flórez, M., Amaya, J.M. and Maqueda, R. 2009a. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *International Agrophysics*, 23: 45-49. **(Journal)**
- Martínez, E., Flórez, M., Maqueda, R., Carbonell, M.V. and Amaya, J.M. 2009b. Pea (*Pisum sativum* L.) and Lentil (*Lens culinaris* Medik.) growth stimulation due to exposure to 125 and 250 mT stationary fields. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(4): 657-663. **(Journal)**
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25 (2): 239-250. **(Journal)**
- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, M. and Ghorbani, M. 2005. Labiatae family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology, 4 (2): 63-79. **(Journal)**
- Omid Beygi, R. 2005. Production and processing of medicinal plants. Astan Ghods Razavi publication. Mashhad, Iran. (In Persian)**(Journal)**
- Racuciu, M., Calugaru, G.H. and Creanga, D. 2006. Static magnetic field influence on some plant growth. *Romanian Journal of Physiology*, 51: 245-251. **(Journal)**
- Radhakrishnan, R. and Ranjitha Kumari, B.D. 2013. Influence of pulsed magnetic field on soybean (*Glycine max* L.) seed germinate seedling growth and soil microbial population. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 50 (4): 312-317. **(Journal)**
- Radhakrishnan, R., Leelapriya, T. and Kumari, B.D. 2012. Effects of pulsed magnetic field treatment of soybean seeds on calli growth, cell damage and biochemical changes under salt stress. *Bioelectromagnetics*, 33(8): 670-681. **(Journal)**
- Ruzic, R. and Jerman, I. 2003. Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 21: 69-80. **(Journal)**
- Shine, M.B., Guruprasad, K.N. and Anand, A. 2012. Effect of stationary magnetic field strength of 150 and 200 mT on reactive oxygen species production in soybean. *Bioelectromagnetics*, 33: 428-437. **(Journal)**
- Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2008. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bioelectromagnetics*, 29: 571-578. **(Journal)**
- 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. **(Journal)**
- Yanin, L., Yuan, L., Yongqing, Y. and Chunyang, L. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedling to ultraviolet-B radiation. *Environmental and Experimental Botany*, 54: 286-294. **(Journal)**
- Yoshimas, I., Ichiro, S.H., Takashi, O. and Makato, S. 2001. Twelve hours exposure to homogenous high magnetic field after logarithmic growth phase is sufficient for drastic suppression of *Echerichia* death. *Journal of Bioelectro Chemistry*, 33:101-105. **(Journal)**

The Effect of magnetopriming on seed germination of *Hyssopus officinalis* under osmotic stress

Rezvan Mohammadi¹, Parto Roshandel^{2*}, Ali Tadayon³

Received: November 24, 2015

Accepted: January 3, 2016

Abstract

In the current work, the effect of magneto-priming has been studied on seed germination of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) - a medicinal plant from Lamiaceae - in normal condition and osmotic stress. Dehydration is a consequence of osmotic stress. The primed seeds with magnetic field (45, 90, 200, 250 mT) upon different times (5, 10, 20 and 30 min) were allowed to germinate and grow in Petri-dishes for 10 days under normal condition or osmotic stress due to mannitol (100, 200, 300 mM). At these experiments, rate and percentage of germination, length and dry weight of shootlet and rootlet of seedlings and seed vigor index were evaluated. Magnetic field (MF) (200mT/5min) significantly increased percent germination (+15%) and seed vigor index (+42%) at normal condition. Moreover, MF significantly increased seedling dry weight (25%) and rootlet length (36%). Under osmotic stress, MF significantly augmented seed germination percentage by 14%. It would be concluded that at normal condition, seed priming of *H. officinalis* with optimal MF could increase percent germination and promote rootlet growth which subsequently causes to improved growth through stronger establishment of seedlings and higher water absorbance from medium. Furthermore, MF would be effective for early growth of *H. officinalis* via enhancing seed germination under osmotic stress and/or water stress.

Key words: Hyssop; Magnetic field; Seed germination enhancement; Water stress

1. MSc. graduated of Plant Physiology, Biology Department, Shahrekord University

2. Assistant Professor, Biology Department, College of Basic Sciences, Shahrekord University

3. Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahrekord University

*Corresponding author: roshandelparto@gmail.com