تاریخ چاپ: پاییز ۱۳۹۱

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر جوانه‌زنی، رشد اولیه و فعالیت برخی آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذر رازیانه[۱]

*لطیفه پوراکبر، حسن صدقی، مجید اسدی سامانی: دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم

چکیده

به‌منظور بررسی میدان‌های الکترومغناطیسی روی صفات جوانه‌زنی، بذرهای خشک و مرطوب گیاه رازیانه به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در معرض میدان‌های مغناطیسی با شدت‌های ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌تسلا قرار گرفت. در بذرهای تیمار شدهٔ رازیانه با میدان‌های مغناطیسی، سرعت جوانه‌زنی (GR)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (GRC)، طول دانه‌رست‌ها، وزن خشک و تر دانه‌رست‌ها تحت شرایط کشت آزمایشگاهی افزایش یافت. همچنین در بذرهای در حال جوانه‌زنی تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، دهیدروژناز و پروتئاز به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود. فعالیت آنزیمی بیش‌تر در بذرهای در حال جوانه‌زنی تیمار شده با میدان مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان محرکی برای جوانه‌زنی سریع و نیروی اولیه جوانه‌زنی به‌کار رود.

مقدمه

همهٔ گیاهان در روی زمین تحت میدان الکتریکی و مغناطیسی زندگی می‌کنند زیرا زمین یك مغناطیس است و میدان الکتریکی بین زمین و ابرها وجود دارد [۵]. در همین راستا همه موجودات زنده طی مراحل تکامل، عمل میدان مغناطیسی زمین (ژئومغناطیس) را تجربه کرده‌اند که جزئی طبیعی از محیط زیست آن‌هاست [۶]. بیومغناطیس به‌طور گسترده‌ای در مزارع کشاورزی به‌کار گرفته می‌شود و اثر آن بر رشد گیاه بسیار جالب است. یکی از عمده‌ترین مزایای استفاده از روش‌های تحریك مغناطیسی نسبت به روش‌های سنتی، فقدان باقیمانده‌های سمی در این فرایندها است [۱۴]. اغلب محققان با تحریك بذرها با شدت‌های مختلف نشان داده‌اند که میدان مغناطیسی جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌ها را افزایش می‌دهد. برای مثال به‌کارگیری میدان مغناطیسی در بذرهای خوابیده موجب افزایش رشد دانه‌رست‌های گندم، جو، ذرت، گوجه فرنگی و درختان میوه‌ای و دیگر گونه‌های درختی شده است [۸].

بررسی تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر روی باقلای مصری سفید[۲] و تربچه[۳] نشان داده است که میدان‌های مغناطیسی جوانه‌زنی را در نخود و تربچه تحریک کرده و تأثیری مثبت بر توسعهٔ گیاه و تولید سالانه بذر داشته و

دریافت ۹۰/۲/۲٤ پذیرش۹۰/۱۰/۷

*نویسنده مسئول l.pourakbar@urmia.ac.ir

۱. *Feoniculum vulgare* Mill. ۲. lupine White ۳. Radish

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

محصول سالانه را افزایش می‌دهد [۲۲]، [۲۴]. همچنین نشان داده شده است که میدان مغناطیسی موجب افزایش جوانه‌زنی، وزن تر، طول ساقه در دو کولتیوار گندم شده [۱۴] و تأثیر مثبتی بر روی شاخص‌های بنیه بذر دارد [۲۹].

همچنین نشان داده شده است که میدان مغناطیسی تقسیم سلولی، تطویل و تمایز سلولی را بهبود می‌بخشد و بر بسیاری از فاکتورهای شیمیایی دخیل در جوانه‌زنی اثر می‌گذارد [۷]. میدان مغناطیسی موجب تغییرات اساسی در غلظت یونی عرض غشای سلولی شده و از این طریق فشار اسمزی و نهایتاً میزان آب ورودی به بذرها را کنترل می‌کند و بدین ترتیب موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرها می‌شود [۲۶].

از آن‌جا که گیاهان دارویی نقش مهمی در سیستم سلامتی جمعیت بزرگی از مردم جهان بازی می کنند، تحقیقات و به‌کارگیری روش‌هایی برای بهبود تکثیر و به‌کارگیری آن‌ها اهمیت زیادی دارد. از اهداف این پژوهش بررسی اثرات احتمالی شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی و طول زمان‌های اعمال آن بر روی بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد و فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذر گیاه رازیانه بود.

مواد و روش‌ها

بذرهای رازیانه از مرکز فروش بذرهای گیاهان دارویی اصفهان تهیه گردید و در دو وضعیت خشك و تر (بذرها قبل از اعمال میدان مغناطیسی به‌مدت ۶ ساعت در داخل آب مقطر خیسانده شده بودند) به‌مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در معرض شدت میدان الکترومغناطیسی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌تسلا در آزمایشگاه ابر رسانایی دانشگاه ارومیه قرار گرفت. برای اعمال تیمار از تولید کنندهٔ میدان مغناطیسی ساخت ایران با قدرت تولید میدان مغناطیسی تا ۲ تسلا، برای ایجاد شدت میدان‌های ذکر شده از منبع تغذیه AP ۱۰۰۹۰ (دی‌سی پاورساپلی[۱]) ساخت انگلیس و برای سنجش میدان مغناطیسی ایجاد شده از دستگاه تسلامتر مدل فیو[۲] ساخت آلمان با قابلیت اندازه‌گیری ۲۰ تا ۲۰۰ میلی‌تسلا استفاده شد. بعد از قرار گرفتن بذرها در تیمارهای مورد نظر، با هیپوکلریت ۵% ضدعفونی شد. سپس دسته‌های ۵۰ تایی از بذرهای مذکور تهیه و درون ظروف پتری دیش استریل که حاوی کاغذ صافی و آب مقطر بود در ۳ تکرار قرار گرفت و به‌مدت ۱۰ روز درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد. برای تیمار شاهد بذرها در دو وضعیت خشك و تر وبدون اعمال هر گونه میدان مغناطیسی کشت شدند. در این مدت در صورت کمبود رطوبت، آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. هر روز تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش شد. بعد از ۱۰ روز، پتری دیش‌ها از انکوباتور خارج و درصد و شاخص جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه چه و ریشه چه، وزن تر و خشك دانه رست‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص بنیه دانه‌رست‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد [۵]:

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد کل بذرهای جوانه زده بعد از روز دهم}}{\text{تعداد کل بذرهای کشت شده در هر پتری}} \times ۱۰۰$$

۱. DC power supply ۲. PHYWE

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

$$\text{شاخص جوانه‌زنی} = \frac{\Sigma\, \mathbf{niTi}}{N}$$

$$\text{ضریب سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\Sigma ni}{\Sigma\ niTi} \times ۱۰۰$$

ni= تعداد بذر جوانه زده در روز Ti N= تعداد کل بذرهای کشت شده

همچنین ویگور دانه‌رست‌ها (شاخص بنیه گیاه) بر اساس فرمول عبدل باکی[۱] و آندرسون[۲] [۱] محاسبه شد:

طول کل (سانتی‌متر) × در صد جوانه‌زنی = شاخص بنیه گیاهچهI

وزن خشک (گرم) × درصد جوانه‌زنی = شاخص بنیه گیاهچه II

میزان فعالیت آنزیم‌های مرتبط با فرایندهای جوانه‌زنی در بذر گیاهان شاهد و تیمار یافته با میدان مغناطیسی، ۲٤ ساعت بعد از جذب آب مقطر در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آلفا آمیلاز از روش روبرت[۳] و وایت هاوس[۴] [۲۷] استفاده گردید. یک گرم بذر جوانه زده توزین و با ۳ میلی‌لیتر آب مقطر سرد شده با یخ در داخل‌هاون سرد له شد. ماده همگن حاصل بعد از صاف کردن ممدت ۵ دقیقه با نیروی ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. از محلول صاف رویی برای سنجش فعالیت آنزیم استفاده شد. بـــه تعداد لوله‌های محتوی آنزیم (تکرار*تیمار) ظرف تهیه شده و در هر کدام ۰/۵ میلی‌لیتر معرف ید و ٤۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد. سپس سیستم زیر برقرار گردید: در هر لوله آزمایش ۳ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱%، ۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر محلول آنزیم استخراجی اضافه و سریع به هم زده شد. پس از گذشت ۵ دقیقه ۱ میلی‌لیتر از محلول مذکور، برداشته و به داخل ظرف محتوی ۰/۵ میلی‌لیتر ید و ٤۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد. نشاسته در مجاورت محلول فوق رنگ آبی را ظاهر کرد. جذب تمام نمونه‌ها در طول موج ٦۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل KLB ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با استفاده از منحنی استاندارد نشاسته بر حسب درصد نشاسته تجزیه شده به‌وسیله آنزیم تعیین شد.

فعالیت آنزیم پروتئاز با استفاده از روش کونیتز[۵] [۱۷] اندازه‌گیری شد. ۱ گرم از دانه‌های در حال جوانه‌زنی در ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۲ مولار له شد و در دور ۱۲۰۰۰ و دمای ٤۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس از محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیمی استفاده شد. ۰/۲ میلی‌لیتر بافر فسفات به ۰/۱ میلی‌لیتر با pH، ۷/۶ از محلول رویی اضافه کرده و سپس حجم آن با استفاده از آب مقطر به ۱ میلی‌لیتر رسانده شد. واکنش با اضافه کردن ۱ میلی‌لیتر کازئین ۱ درصد به‌عنوان سوبستـرا آغـاز شد. بعد از انکوبه کردن لوله‌ها در دمای ۵۰ درجه برای ۲ ساعت واکنش با اضافه کردن ۳ میلی‌لیتر محلول TCA (تری کلرو استیك اسید) ۵ % متوقف شد. سپس در دور ۱٤۰۰۰ و دمای ٤ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقدار پروتئین محلول رویی به‌وسیلهٔ روش لوری [۱۷] با استفاده از آلبومین سرم گاوی به‌عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد.

۱ Abdul- Baki ۲. Anderson ۳. Roberts ۴. White house ۵. Kunitz

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

فعالیت آنزیم دهیدروژناز با استفاده از روش کیتوک[1] و لاو[2] [۱۶] تعیین شد. برای تخمین فعالیت دهیدروژنازی، دانه‌ها به دو بخش برش داده شدند. ۵ محور جنینی از هر کدام از دانه‌ها در ۴ سری آماده و ۱ میلی‌لیتر محلول ۲،۳و۵ تری فنیل تترازولیوم کلراید ۱% در داخل بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH، ۷/۲ اضافه شد و به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد و در و محیط تاریك قرار داده شد. سپس محلول اضافه شده تخلیه و محورهای دانه با استفاده از آب مقطر شستشو داده شدند. در ادامه محورهای دانه در متیل سلوسولو[3] به‌مدت یک شبانه روز خیسانده و تا استخراج فورمازان قرمز رنگ شده بر روی شیکر قرار گرفتند. در آخر شدت رنگ تولید شده با استفاده از اسپکتروفوتومتر در ۴۸۰ نانومتر سنجیده شد.

آنالیزهای آماری

برای آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها از برنامه‌های رایانه‌ای SPSS و اکسل استفاده شد. در همهٔ نمودارها نتایج به‌صورت مقادیر میانگین سه تکرار بیان شد. بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ SE $\pm$ برای سه تکرار است. اختلاف بین تیمارها با استفاده از آنالیز واریانس آنوا[4] در سطح آماری ۵% ($p\leq$%۵) انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تأثیرمیدان مغناطیسی بر درصد، شاخص، ضریب و سرعت جوانه‌زنی، طول کل دانه‌رست‌ها و وزن تر و خشك دانه رست‌ها در جدول ۱ آورده شده است. طبق این جدول: میدان مغناطیسی در شدت ۵۰ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۳۰ دقیقه در وضعیت مرطوب بذر نه تنها تأثیری بر درصد و شاخص جوانه‌زنی نداشت، بلکه نسبت به شاهد کم‌تر بود، ولی در بقیهٔ شدت‌های میدان مغناطیسی و در تمام بازه‌های زمانی، درصد و شاخص جوانه‌زنی نسبت به شاهد و وضعیت خشك بذر افزایش معنی‌دار یافت که در بین شدت‌ها، شدت ۲۵ میلی‌تسلا و ۷۵ میلی‌تسلا بیش‌ترین تأثیر را نشان داد. میدان مغناطیسی در شدت ۵۰ میلی‌تسلا در تمام بازه‌های زمانی و در ۷۵ میلی‌تسلا در بازه‌های زمانی ۳۰ و ۶۰ دقیقه در وضعیت خشك بذر تأثیری بر شاخص و در صد جوانه‌زنی نشان نداد، ولی در بقیه شدت‌ها و بازه‌های زمانی فاکتورهای نام‌برده نسبت به شاهد افزایش نشان داد.

بررسی تأثیر میدان مغناطیسی بر سرعت جوانه‌زنی حاکی از افزایش معنی‌دار این ضریب نسبت به شاهد در هر دو وضعیت مرطوب و خشك بود که بیش‌ترین اثر در وضعیت مرطوب بذر در شدت ۵۰ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۳۰ دقیقه و کم‌ترین اثر در شدت ۷۵ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۱۵ دقیقه و در وضعیت خشك بذر بیش‌ترین اثر در شدت۵۰ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۱۵ دقیقه و کم‌ترین اثر در ۷۵ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۳۰ دقیقه مشاهده شد.

۱. Kittock ۲. Law ۳. methyl cellosolve ۴. ANOVA

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

میدان مغناطیسی در تمام شدت‌ها و بازه‌های زمانی تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر روی ضریب سرعت جوانه‌زنی نشان نداد. بررسی اثر میدان مغناطیسی بر طول کل دانه‌رست‌ها نشان داد که تمامی شدت‌های میدان مغناطیسی در کل بازه‌های زمانی اعمال شده اثر مثبت بر طول دانه‌رست‌ها داشته و در هر دو وضعیت بذر، طول کل دانه‌رست‌ها نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت که این افزایش در تمامی شدت‌ها به‌غیراز ۵۰ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۱۵ دقیقه در وضعیت مرطوب بذر نسبت به وضعیت خشك بیش‌تر بود. حداکثر اثر در وضعیت مرطوب بذر در شدت ۲۵ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۳۰ دقیقه مشاهده شد.

میدان مغناطیسی در تمام شدت‌ها و بازه‌های زمانی اعمال شده اثر مثبت بر روی وزن تر دانه‌رست‌ها داشت و در هر دو وضعیت نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد.

بررسی اثر میدان مغناطیسی بر وزن خشك حاکی از آن بود که در وضعیت تر بذر به‌غیر از شدت ۲۵ میلی‌تسلا و در بازه‌های زمانی ۳۰ و ۶۰ دقیقه و در وضعیت خشك بذر در بازهٔ زمانی ۶۰ دقیقه بقیه شدت‌ها و بازه‌های زمانی اعمال شده اثر مثبت بر وزن خشك دانه‌رست‌ها داشته و نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار مشاهده شد.

بررسی اثر میدان مغناطیسی بر شاخص بنیه I گیاه رازیانه نشان دهنده آن است که با اعمال میدان مغناطیسی در تمام شدت‌ها و بازه‌های زمانی شاخص فوق افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. حداکثر اثر بر روی این شاخص در وضعیت مرطوب بذر در شدت ۲۵ میلی‌تسلا و با بازهٔ زمانی ۱۵ دقیقه و کم‌ترین اثر در این وضعیت خشك بذر در شدت ۲۵ میلی‌تسلا و بازهٔ زمانی۱۵ دقیقه مشاهده گردید.

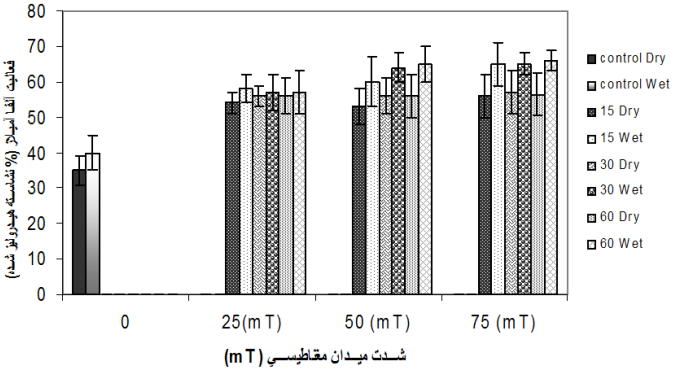
بررسی اثر میدان مغناطیسی بر شاخص بنیه II گیاه رازیانه نشان‌دهندهٔ آن است که با اعمال میدان مغناطیسی در تمام شدت‌ها و بازه‌های زمانی شاخص فوق افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. حداکثر اثر بر روی این شاخص در وضعیت مرطوب بذر در شدت ۲۵ میلی‌تسلا و با بازهٔ زمانی ۱۵ دقیقه و کم‌ترین اثر در وضعیت مرطوب بذر در شدت ۲۵ میلی‌تسلا و بازهٔ زمانی۶۰ دقیقه مشاهده شد.

بررسی تأثیر میدان مغناطیسی با بازه‌های مختلف زمانی بر روی فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم α-آمیلاز (نمودار ۱) و دهیدروژناز (نمودار ۲) با اعمال میدان مغناطیسی در تمام بازه‌های زمانی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته است. هم‌چنین فعالیت آنزیم‌های فوق در وضعیت مرطوب بذرهای شاهد نسبت به وضعیت خشك شاهد بیش‌تر بود، که این افزایش فقط در آنزیم دهیدروژناز معنی‌دار بود.

فعالیت آنزیم پروتئاز (نمودار ۳) با اعمال میدان مغناطیسی، در تمام شدت‌ها در بازه‌های زمانی ۱۵ و ۶۰ دقیقه در وضعیت خشك و در شدت ۲۵ میلی‌تسلا در بازهٔ زمانی ۳۰ دقیقه فقط نسبت به شاهد خشك افزایش معنی‌دار داشت ولی در تمام شدت‌ها و بازه‌های زمانی دیگر فعالیت این آنزیم هم نسبت به شاهد خشك و هم نسبت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

به شاهد مرطوب افزایش نشان داد. همچنین فعالیت آنزیم فوق در وضعیت مرطوب بذرهای شاهد نسبت به وضعیت خشک بذرهای شاهد بیش‌تر بود.

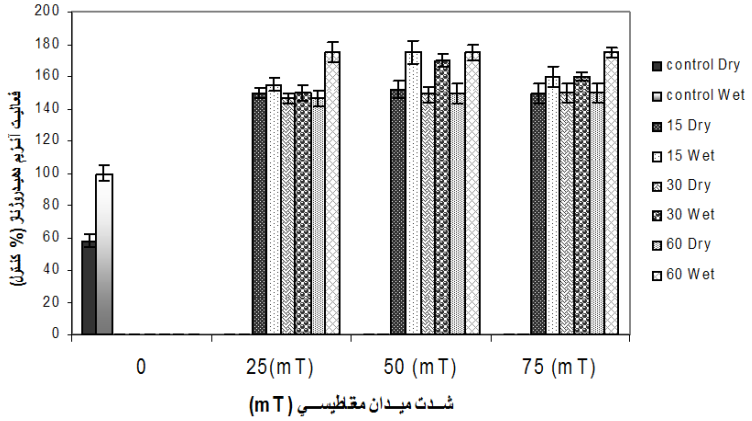


نمودار ۱. تغییرات در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز ۲۴ ساعت بعد از آماس در بذرهای شاهد و تحت تیمار شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی به‌مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در دو وضعیت مختلف مرطوب و خشک بذر رازیانه. ستون‌ها نمایندهٔ میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشان‌گر انحراف استاندارد است و میزان معنی‌دار تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد بر اساس آزمون آنوا در سطح ۰/۰۵ است.

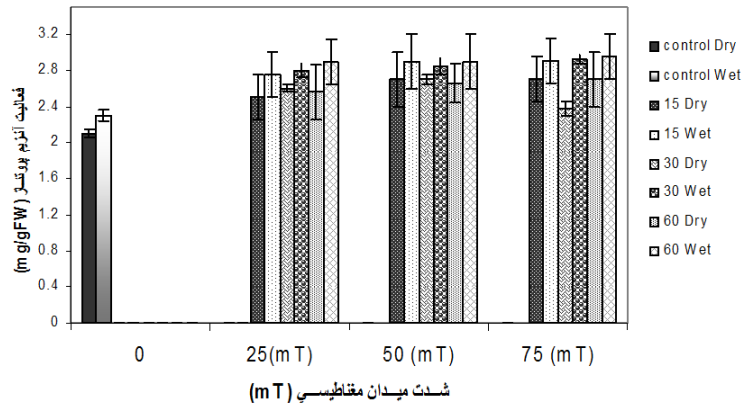
جدول ۱. میانگین صفات جوانه‌زنی در گیاه رازیانه تحت شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی و دو وضعیت خشک و مرطوب بذر. علامت* معرف تفاوت آماری در سطح ۰/۰۵ (p≤%۵) بر اساس آزمون آنوا است.

شدت میدان مغناطیسی (میلی‌تسلا)	زمان (دقیقه)	وضعیت بذر	درصد جوانه‌زنی (%)	شاخص جوانه زنی	ضریب سرعت جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول کل دانه رستک‌ها (سانتی‌متر)	وزن تر دانه رستک‌ها (گرم)	وزن خشک دانه رستک‌ها (گرم)	شاخص بنیه I	شاخص بنیه II
شاهد	-	خشک	۸۸	۳۶/۶۱	۱۳/۳	۳/۴۴	۵/۲۳	۰/۳۶۴	۰/۰۲۲	۴۶۰/۲۴	۱/۹۳۶
	-	مرطوب	۸۸	۳۸	۱۳/۱	۳/۶	۴/۹۶	۰/۳۴۷	۰/۰۲۱	۴۳۶/۴۸	۱/۸۴۸
۲۵	۱۵	خشک	۹۲	۴۳/۵*	۱۳/۰۶	۴/۷۳*	۹/۶۸*	۰/۵۷۲*	۰/۰۴۲*	۸۶۰/۵۶*	۲/۸۵۲*
		مرطوب	۹۷*	۴۱/۱۶*	*۱۳/۵	۴/۹*	۱۲/۷۲*	۰/۵۳۱*	۰/۰۳۴*	۱۲۳۵/۷*	۳/۲۹۸*
۲۵	۳۰	خشک	۹۲	۳۸/۳۸	۱۳/۳۳	۴/۹*	۱۲/۳۴*	۰/۵۰*	۰/۰۳۱*	۱۱۳۵/۲۵*	۲/۸۵۲*
		مرطوب	۹۲*	۴۰*	*۱۳/۷	۴/۷۳*	۱۳/۲۵*	۰/۴۷*	۰/۰۲۹	۱۲۱۹*	۲/۶۶۸*
۲۵	۶۰	خشک	۹۰	۳۶/۱	۱۲/۷	۴/۹*	۹/۷ *	۰/۴۲۱*	۰/۰۲۷	۸۷۳*	۲/۴۳*
		مرطوب	۹۳*	۴۱*	۱۳/۵	۴/۹۸*	۱۱/۳*	۰/۴۶۵*	۰/۰۲۶	۱۰۵۰/۹*	۲/۴۱۸*
۵۰	۱۵	خشک	۸۸	۳۶	۱۲/۹	۵/۲۵*	۱۱/۴*	۰/۵۴۳*	۰/۰۳۱*	۱۰۰۳/۲*	۲/۷۲۸*
		مرطوب	۹۵*	۴۱/۳۶*	۱۳/۶	۴/۷۶*	۱۰/۸۸*	۰/۵۴۴*	۰/۰۲۶	۱۰۳۳/۶*	۲/۴۷*
۵۰	۳۰	خشک	۸۷	۳۶/۴۴	۱۳/۲	۴/۷۶*	۱۱/۵۸*	۰/۴۷۵*	۰/۰۲۸*	۱۰۰۷/۴۶*	۲/۴۳۶*
		مرطوب	۸۳	۳۵	۱۳/۴۶	۵/۲۵*	۱۳/۲۲*	۰/۴۵*	۰/۰۲۸*	۱۰۹۷/۲۶*	۲/۳۲۴*
۵۰	۶۰	خشک	۸۸	۳۹/۳۸*	۱۳/۲۳	۴/۹*	۱۰/۶۸*	۰/۴۷۹*	۰/۰۳۰*	۹۳۹/۸۴*	۲/۶۴*
		مرطوب	۹۳*	۴۵/۹۲*	*۱۳/۷۳	۵/۱*	۱۲/۸۳*	۰/۴۴۳*	۰/۰۲۸*	۱۱۹۳/۱۹*	۲/۶۰۴*
۷۵	۱۵	خشک	۹۲	۳۸/۴۷*	۱۳/۵	۴/۵۳*	۱۱/۷۲*	۰/۴۳۷*	۰/۰۲۹*	۱۰۷۸/۲۴*	۲/۶۶۸*
		مرطوب	۹۷*	۳۹/۹۵*	*۱۳/۸	۴/۷۳*	۱۲/۴۲*	۰/۴۷۱*	۰/۰۲۸*	۱۲۰۴/۷۴*	۲/۷۱۶*
۷۵	۳۰	خشک	۸۸	۳۷/۷۴	۱۳/۳	۴/۲۱*	۱۱/۹*	۰/۴۹۱*	۰/۰۳۳*	۱۰۴۷/۲*	۲/۹۰۴*
		مرطوب	۹۲*	۴۲*	۱۳/۰۶	۵/۰۲*	۱۲/۵۸*	۰/۴۶۱*	۰/۰۳۰*	۱۱۵۷/۳۶*	۲/۷۶*
۷۵	۶۰	خشک	۸۷	۴۰*	۱۳/۱	۴/۶*	۱۱/۴*	۰/۴۰۲*	۰/۰۲۷*	۹۹۱/۸*	۲/۳۴۹*
		مرطوب	۹۳*	۴۲/۶۴*	۱۳/۳	۵/۰۶*	۱۲/۷۵*	۰/۴۶۵*	۰/۰۲۸*	۱۱۸۵/۷۵*	۲/۶۰۴*

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]



نمودار ۲. تغییرات در فعالیت آنزیم دهیدروژناز ۲٤ ساعت بعد از آماس در بذرهای شاهد و تحت تیمار شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی به مدت ۱۵، ۳۰ و ٦۰ دقیقه در دو وضعیت مختلف مرطوب و خشك بذر رازیانه. ستون‌ها نمایندهٔ میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشان‌گر انحراف استاندارد است و میزان معنی‌دار تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد بر اساس آزمون آنوا در سطح ۰/۰۵ است.



نمودار ۳. تغییرات در فعالیت آنزیم پروتئاز ۲٤ ساعت بعد از آماس در بذرهای شاهد و تحت تیمار شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی به‌مدت ۱۵، ۳۰ و ٦۰ دقیقه در دو وضعیت مختلف مرطوب و خشك بذر رازیانه. ستون‌ها نمایندهٔ میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشان‌گر انحراف استاندارد است و میزان معنی‌دار تغییرات در گروه تجربی در مقایسه با شاهد بر اساس آزمون آنوا در سطح ۰/۰۵ است.

بحث

اعمال میدان مغناطیسی در شدت‌ها و بازه‌های زمانی مختلف موجب تحریك و افزایش جوانه‌زنی و عمل‌کرد بذرهای رازیانه شد که این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات انجام گرفته بر روی بذرهای دیگر مثل آفتابگردان، گندم و ذرت همسویی نشان می‌دهد [۱۱]، [۱۲]، [۲۹]. همچنین تحقیقات نشان داده است که اعمال کوتاه مدت میدان مغناطیسی به بذرها، جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های آن‌ها را تسریع می‌کند [۳]، [۱۴].

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

پادلسنی[۱] و همکاران [۲۴] نشان داده اند که اعمال میدان مغناطیسی موجب افزایش بنیه گیاه در بذرهای نخودفرنگی شده و از طریق تحریك رشد دانه‌رست‌های جوان رشد یافته از بذرهای تحریك شده با میدان مغناطیسی، موجب توسعهٔ طولانی‌تر ریشه‌ها و هیپوکوتیل می‌گردد. همچنین داو لینگ[۲] و همکاران [۸] نشان داده‌اند که اعمال میدان مغناطیسی به‌شدت ۱۱۵-۴۸ KA/m بر روی بافت‌های جدا کشت شده[۳] پرونوس ماریتیما[۳] موجب تحریك نوزایی و رشد بافت‌های جداکشت شده، گردیده و ریشه گیاهان رشد یافته از بافت‌های کشت شده تحت تیمار میدان مغناطیسی، طولانی تر از شاهد بوده است.

اعمال میدان مغناطیسی موجب می‌شود که جوانه‌زنی بذرها ۲ تا ۳ روز زودتر از شاهد رخ دهد. یکی از فرضیه‌های احتمالی برای توضیح اثرات مثبت مشاهده شده از میدان مغناطیسی را می‌توان در خواص پارامغناطیسی برخی اتم‌های سلول‌های گیاهی یافت که اعمال میدان مغناطیسی خارجی به این اتم‌ها موجب چرخش آن‌ها در راستای میدان مغناطیسی می‌شود. خواص مغناطیسی مولکول‌ها و توانایی آن‌ها در جذب و سپس تغییر انرژی میدان مغناطیسی به انواع دیگر انرژی و انتقال این انرژی به ساختارهای دیگر سلول‌های گیاهی، منجر به فعال شدن آن‌ها می‌شود [۴]. همچنین میدان مغناطیسی موجب تحریك تقسیم و تطویل سلولی و در نتیجه موجب افزایش طول ریشه و هیپوکوتیل می‌گردد [۷]. تحقیقات گراسیا[۴] و آرزا[۵] [۱۳] بر روی بذرهای کاهو نشان داده است که میدان مغناطیسی به‌شدت ۱ تا ۱۰ میلی‌تسلا موجب افزایش جذب آب در بذرها شده و درنتیجه موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذرها می‌شود.

افزایش طول ریشه و هیپوکوتیل به‌عنوان بنیهٔ بیش‌تر که گاهی اوقات قدرت رشد گیاهان نیز نامیده می‌شود، منجر به پویایی رشد و توسعهٔ دانه‌رست‌ها و نهایتاً افزایش عمل‌کرد سالانه گیاه می‌شود [۲۴].

در این پژوهش نشان داده شد که فعالیت برخی آنزیم‌های دخیل در امر جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. در تغییرات مشاهده شده در فعالیت آنزیم‌ها باز آب به‌عنوان عاملی اصلی می‌تواند نقش داشته باشد [۱۰].

آنزیم α- آمیلاز نقش بسیار مهمی در هیدرولیز نشاسته آندوسپرم به قندها دارد که انرژی لازم برای رشد ریشه‌ها و ساقه را تامین می‌کند [۹]. آمیلازها (آندو ۱ و ۴- D- گلوکان گلودهیدرولاز) از آنزیم‌های هیدرولازی است که در تمام موجودات زنده یافت می‌شود. این آنزیم به باندهای اورتو-گلوکوزیدی در آمیلوز که یك پلی‌ساکارید ذخیره‌ای عمده در بذرهای انواع گیاهان است، اتصال می‌یابد و نقشی کلیدی در متابولیسم کربوهیدرات‌های بذرهای در حال توسعه و جوانه‌زنی دارد [۲۸]. تحقیقات نشان داده است که تحرك کربوهیدرات‌ها در بذرهای در حال جوانه‌زنی از منابع عمدهٔ انرژی است و سوبستریت مناسب برای مسیرهای دیگر مورد نیاز برای تکمیل جوانه‌زنی بذر را تامین می‌کند [۸]، [۱۹]. در این مورد نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط واشیتا[۶]، ناگاراجان[۷] همکاران [۲۹] بر روی بذر آفتابگردان، و آکسیونوا[۸] همکاران [۲] بر روی بذر گندم همخوانی نشان می‌دهد.

۱. Podlesny ۲. Dao-Liang ۳. *Prunus maritima* ۴. Gracia ۵. Arza
۶. Vashita ۷. Nagarajan ۸. Aksyonov

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

طبق نتایج به‌دست آمده فعالیت آنزیم پروتئاز در بذرهای تحت تیمار نسبت به شاهد بیش‌تر بود. آنزیم‌های پرولتیکی که پروتئاز نیز نامیده می‌شوند، آنزیم‌هایی هستند که موجب شکستن باندهای پپتیدی در پروتئین‌های هدف می‌شوند. این آنزیم‌ها به‌طور گسترده‌ای در همه گیاهان توزیع شده‌اند [۱۵]. پروتئازها در تجزیه پروتئین‌ها در طی مراحل جوانه‌زنی سریع و زودهنگام و پروتئولیز پلاستیدها و تجزیهٔ پروتئین‌های پیشگام در میتوکندری گیاه دخیل‌اند [۲۱]. با آغاز فعالیت آندوپروتئازها، پروتئین‌های ذخیره‌ای نامحلول در آب به پپتیدهای محلول تبدیل می‌شوند و این پپتیدها توسط اگزوپپتیدازها هیدرولیز می‌گردند [۲۹]. در این مورد نتایج حاصل با گزارش‌های مختلف در این زمینه همسویی نشان می‌دهد [۲۹].

فعالیت آنزیم دهیدروژناز در بذرهای تحت تیمار افزایش نشان داد که این نتیجه با نتایج کارهای انجام گرفته بر روی بذر هویج [۲۰]، گوجه فرنگی [۲۳] و آفتابگردان [۲۹] همسویی نشان می‌دهد.

می‌توان گفت که اعمال میدان مغناطیسی بر روی بذر رازیانه، موجب افزایش توسعه گیاه و رشد نهایی دانه‌رست‌های رشد یافته از بذرها می‌شود و با افزایش رشد هیپوکوتیل و ریشه‌ها موجب افزایش شاخص بنیه می‌گردد. این یافته‌ها نیز با کارهای تحقیقی انجام گرفته بر روی بذرهای نخودفرنگی [۲۳]، آفتابگردان [۲۹] و سس و یونجه [۵] همسویی نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌گر آن است که بر حسب شاخص بنیهٔ I و شاخص بنیهٔ II که به‌عنوان قدرت رشد گیاهان شناخته می‌شود و نهایتاً بازده عمل‌کرد سالانه گیاه را تعیین می‌کند، شدت میدان مغناطیسی ۲۵ میلی‌تسلا در وضعیت مرطوب بذر و بازهٔ زمانی ۱۵ دقیقه بهترین اثر را بر روی بذر رازیانه نشان می‌دهد. پس در نتیجه اعمال میدان مغناطیسی موجب افزایش شاخص‌های رشد بالاخص طول ریشه در دانه‌رست‌های رازیانه می شود که این عمل می‌تواند در کسب رطوبت و مواد غذایی از محیط نقش به‌سزایی داشته باشد. از طرف دیگر با افزایش فعالیت آنزیم‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های جوانه‌زنی، اعمال میدان مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان محرکی برای جوانه‌زنی سریع و نیروی اولیه جوانه‌زنی و افزایش بنیه بذرها بالاخص بذرهای گیاهان دارویی برای کشت انبوه آن‌ها استفاده کرد.

منابع

1. A. A. Abdul-Baki, J. D. Anderson, "Vigour determination in Soyabean by multiple criteria", Crop Science, 10 (1973) 31-34.
2. S. I. Aksyonov, A. A. Bulychev, T. Yu. Grunina, S. N. Goryachev, V. B. Turovetsky, "Effects of ELF-EMF treatment on wheat seeds at different stages of germination and possible mechanisms of their origin", Electromagnetic Biology Medicine. 20 (2001) 231-253.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

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

4. A. Aladjadjiyan, "Influence of stationary magnetic field on lentil seeds", Agrophysics, 24 (2010) 321-324.

5. H. R. Balouchi, S. A. M. Sanavy, "Electromagnetic field impact on annual medics and dodder seed germination", International Agrophysics, 23 (2009) 111-15.

6. N. A. Belyavskaya, "Biological effects due to weak magnetic field on plants. Advances in Space Research", 34 (2004) 1566-1574.

7. K. J. Bradford, "A water relation analysis of seed germination rates", Plant Physiol, 94 (1990) 840-849.

8. Y. Dao-lian, G. Yu-qi, Z. Xue-ming, W. Shu-wen, "Effects of electromagnetic fields exposure on rapid micropropagation of beach plum (*Prunus maritima*)", Ecological Engineering, 35 (2009) 597-601.

9. H. Dehghanpour, R. Tavakkol Afshari, F. Sharifzadeh, S. Chavoshinasab, "Germination improvement and α-amylase and β-1,3- glucanase activity in dormant and non dormant seeds of Oregano (*Origanum vulgare*)", Australian Jornal of Crop Science, 4 (2011) 421-427.

10. H. Dorna, R. Gorski, D. Szopinska, K. Tylkowska, J. Jurga, S. Wosinski, M. Tomczak, "Effect of a permanent magnetic field together with the shielding of an alternating electric field on carrot seed vigour and germination", Ecological Chemistry and Engineering, 17 (2010) 53-61.

11. G. Fischer, M. Tausz, M. Kock, D. Grill, "Effect of weak $16^{2/3}$ HZ magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings", Bioelectromagnetics, 25: 8 (2005) 638-641.

12. M. Florez, M. V. Carbonell, E. Martinez, "Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: effects on germination and early growth", Environmental and Experimental Botany, 59 (2007) 68-75.

13. F. Garcia, L. Arza, "Influence of stationary magnetic field on water relations in *Lettuce* seeds. Part I: theoretical considerations", Bioelectromagnetics, 22 (2001) 589-595.

14. A. Gholami, S. Sharafi, "Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars", World Academy of Science, Engineering and Technology, 62 (2010) 279-282.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

15. H. Habib, K. M. Fazili, "Plant protease inhibitors: a defense strategy in plants", Biotechnology and Molecular Biology Reviews, 2:3 (2007) 68-85.

16. D. L. Kittock, A. G. Law, "Relationship of seedling vigour to respiration and tetrazolium chloride reduction by germinating wheat seeds", Agronomy, 60 (1968) 286-28.

17. M. Kunitz, "Crystalline soybean trypsin inhibitors II general properties", General Physiology, 30 (1947) 291-310.

18. O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, R. J. Randal, "Folin Cioalleu. Biochemistry", 193 (1951) 265-267.

19. Y. Q. Mei, S. Q. Song, "Early morphological and physiological events occurring during germination of maize seeds", Agriculture Science, China 7 (2008) 950-957.

20. S. Nagarajan, V. K. Pandita, B. S. Modi, "Physiology and enzymatic activity of asiatic carrot seeds as affected by invigoration treatments", Indian Plant Physioloy, 3 (2003) 222-227.

21. J. M. Palma, L. M. Sadalio, F. J. Corpas, M. C. Romero-puertas, I. McCarthy, L. A. DelRio "Plant proteases, protein degradation, and oxidative stress: role of peroxisomes", Plant physiology and Biochemistry, 40 (2002) 521-530.

22. V. K. Pandita, S. Nagarajan, J. S. Sinha, B. S. Modi, "Physiological and biochemical changes induced by priming in tomato seeds and its relation to germination and field emergence characteristics", Indian Plant Physiology, (2003) 249-254.

23. J. Podlesny, W. Lenartowicz, M. Sowinski, "The effect of pre-sowing treatment of seeds magnetic biostimulation on morphological feature formation and white lupine yielding", Zecz. Problem, Post. Nauk Roln, 495 (2003) 399-406.

24. J. Podesny, L. E. Misiak, A. Podesna, S. Pietruzewski, "Concentration of radicals in pea seeds after pre-sowing treatment with magnetic field", Agrophysics, 19 (2005) 243-249.

25. M. Prokop, S. Pietruszewski, K. Kornarzynski, "The preliminary investigation of magnetic and electric fields influence on germination, crops, and mechanical features of radish and skall radish roots", Acta Agrophysica. 62 (2002) 83-93.

26. F.G. Reina, L. A. Pascual, I. A. Fundora, "Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: experimental results", Bioelectromagnetics, 22 (2001) 596-602.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

27. J. Roberts, D. G. White house, "Practical plant physiology", Long man, New York (1976).

28. Z. Shaheed Siddiqui, M. Ajmal Khan, "The role of enzyme amylase in two germinating seed morphs of Halopyrum murcronatum (L.) Staf, in saline and none-saline environment", Acta Physiology Plant, 33 (2011) 1185-1197.

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

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]