بهبود دستگاه میدان مغناطیسی به منظور تعیین اثر قرارگیری دانه‌های جو در میدان‌های یکنواخت و غیر یکنواخت بر شاخص‌های جوانه‌زنی

مهدی کسرایی[۱]، سید خبات بهرامی[۲]، مائده شفیعی علویجه[۳]

[۱]هیأت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز؛ Kasraei@shirazu.ac.ir
[۲]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز؛ K.Bahrami@gmail.com
[۳]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز؛ m.shafieealavijeh@gmail.com

چکیده

جو پس از گندم، برنج و ذرت مهم‌ترین غله می‌باشد. جوانه‌زنی، مرحله‌ی پیچیده‌ای از رشد گیاه می‌باشد و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاهچه دارد می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. یکی از راه‌های افزایش قدرت جوانه‌زنی بذرها، استفاده از میدان مغناطیسی است. هدف از این پژوهش بررسی اثر شدت میدان مغناطیسی یکنواخت و غیزیکنواخت بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی گیاه جو بوده است. به این منظور کیفیت مکانیزم کار یک آهنربای الکتریکی که ساخته شده بود تغییر داده شد. در انجام این تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار استفاده شد. تیمارهای این طرح شامل سه رقم جو (ریحان، فصیح و یوسف)، سه سطح میدان شدت میدان مغناطیسی یکنواخت (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌تسلا) و سه سطح شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت (۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌تسلا)، سه سطح زمان (۵، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) و شاهد (بدون قرار گرفتن در میدان) بود. نتایج نشان داد که در میدان مغناطیسی یکنواخت تیمار ۱۵۰ میلی‌تسلا بیش‌ترین تأثیر را روی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی داشت. هم‌چنین در میدان مغناطیسی غیریکنواخت تیمار ۰/۵ میلی‌تسلا بیش‌ترین تأثیر را روی درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت. سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۵ دقیقه بیش‌تر از سایر تیمارها بود و درصد جوانه‌زنی در حالت یکنواخت در زمان ۱۲۰ دقیقه عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت.

کلمات کلیدی: جو، سرعت جوانه‌زنی، سرعت رشد، میدان مغناطیسی

Modifying a Magnetic Field Apparatus for Determining the Effect of Imposing Barely (*Hordum Vulgare L.*) Seeds in Uniform and Non-Uniform Field on Germination Indices

K.Bahrami, M.Shafiee Alavijeh
M.Kasraei, Kasraei@shirazu.ac.ir

ABSTRACT

Barely after wheat, rice and maize is the major summit. Germination, is the complex process in plant growth and it's impact on seedling establishment can increase performance. One way of increasing the power or germination, is the use of magnetic field. The aim of this study was to evaluate the effect of uniform and non-uniform magnetic field on germination percentage and germination rate. For this purpose, an electro magnet that was built for create magnetic field was improved. In this research a factorial experiment in a completely randomized design with three replications was used. The treatment, included three barely cultivars (Reyhan, Fasih and Yousef), three levels of uniform magnetic field (150, 200 and 250 mT) and three levels of non-uniform magnetic field (0.5, 1.5 and 2.5 mT), three levels of time (5, 120 and 180 minute) and control (without exposure to the field). The results showed that the uniform magnetic field 150 mT had the greatest effect on germination percentage and germination rate had the best performance compared to other treatments. Also the 0.5 mT in non-uniform magnetic field was the most effective treatment on germination percentage and germination rate. In 5 minutes germination rate was higher than the others but the germination percentage in uniform magnetic fields was better than the others at the time of 120 minutes.

۱- نویسنده مسئول: مهدی کسرایی ۰۹۱۷۷۱۴۶۱۹۰

Keywords: Barely, Germination rate, Germination percentage, magnetic field

۱- مقدمه

در طی ۵۰ سال گذشته، پیشرفت فناوری تولید مواد شیمیایی، انقلابی در محصولات کشاورزی به وجود آورده است (Vasilevski, 2003). با شروع کشاورزی صنعتی که دو عامل مهم آن استفاده از ارقام پر محصول و به کارگیری کودهای شیمیایی بودند، تولید محصولات کشاورزی رشد فزاینده‌ای پیدا نمود. تغییرات ایجاد شده در طبیعت در اثر دخالت‌های انسان در خاک، آب و گیاه به دلیل استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای افزایش بهره‌وری و نیز مصرف حدود ۱۰ برابر انرژی، برای تولید یک واحد محصول نسبت به قرن گذشته، باعث تلاش برای پیدا نمودن روش‌های جدید تولید محصولات کشاورزی شده است (Vasilevski, 2003; Aladjadjiyan, 2007).

در میان بسیاری از تکنیک‌های افزایش عملکرد دانه، در سال‌های اخیر استفاده از میدان‌های مغناطیسی به عنوان راهی برای افزایش کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (Poinapen et al., 2013). تحریک گیاهان با استفاده از میدان مغناطیسی می‌تواند نقش مهمی در ظرفیت جذب کاتیونی و اثر مثبت بر جذب عناصر غذایی غیر محرک داشته باشد (Dhawi and Al-Khayri, 2009). در کشاورزی از تیمارهای مغناطیسی و الکترومغناطیسی به عنوان یک فناوری غیرتهاجمی برای بهبود جوانه‌زنی بذرها، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش عملکرد استفاده می‌شود (Martinez et al, 2009)؛ بنابراین جایگزینی تیمارهای فیزیکی با کودها و مکمل‌های شیمیایی، میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش می‌دهد و باعث افزایش سلامت غذا و محیط زیست نیز می‌گردد (Vasilevski, 2003; Aladjadjiyan, 2007; Dhawi et al., 2009).

تحقیقات انجام گرفته در مناطق خشک و نیمه خشک نشان می‌دهد که استقرار ضعیف بذور از علل معمول کم بودن عملکرد گیاهان است (Afzal et al., 2005). جوانه‌زنی بذر، مرحله مهمی از رشد گیاه است و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاه‌چه دارد می‌تواند عملکرد را تغییر دهد (Ashraf and Foolad, 2005).

میدان مغناطیسی در بیوسنتز پروتئین‌ها، تکثیر سلول‌ها، فعالیت بیوشیمیایی، میزان تنفس، فعالیت آنزیم‌ها، میزان اسید نوکلئیک و دوره رشد و نمو اثرات مثبت دارد. تغییرات در فعالیت آنزیم‌های آمیلاز[1] و نیترات ردوکتاز[2] در بذور در حال جوانه‌زنی در مجاورت تیمار الکترومغناطیسی گزارش شده است (Yao et al, 2005).

راکسیو و همکاران (Racuciu et al., 2008) بیان کردند که قرار گرفتن بذر ذرت در میدان مغناطیسی کم (۵۰ میلی‌تسلا) اثر تحریک کنندگی بر مراحل اولیه رشد، وزن تر، رنگ‌دانه‌هایی نظیر کلروفیل، میزان اسید نوکلئیک و افزایش طول گیاه‌چه دارد، اما میدان مغناطیسی قوی‌تر (بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌تسلا) اثرات بازدارندگی روی صفات ذکر شده خواهد داشت.

ساخنینی (Sakhnini, 2007) افزایش جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه بذور تیمار شده لوبیا با میدان مغناطیسی را در غلظت‌های کلرید کلسیم (۰/۱ تا ۱۰ میلی‌مولار) مشاهده کرد. وی اظهار داشت که کاربرد میدان مغناطیسی ممکن است بر جریان کلسیم تأثیر گذارد.

۲- مواد و روش‌ها

هدف از این پژوهش بررسی اثر شدت میدان مغناطیسی یکنواخت و غیریکنواخت بر سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، بنیه طولی و بنیه وزنی گیاه جو بود. به این منظور کیفیت مکانیسم کار یک آهنربای الکتریکی که ساخته شده بود تغییر داده شد.

۲-۱- مشخصات فنی دستگاه میدان مغناطیسی

۲-۱-۱- تنظیم کننده فاصله بین دو هسته

برای اینکه میدان مغناطیسی یکنواخت ایجاد شود فاصله بین دو هسته خیلی مهم می‌باشد. به این منظور سیستمی طراحی شد تا با روش مکانیکی فاصله بین هسته‌ها تنظیم گردد. از دو میله کوتاه و یک میله که به وسیله پیچ و مهره بهم وصل شدند استفاده شد. در این سیستم، سفت کردن یک پیچ باعث می‌شد که یکی از هسته‌ها به طرف بیرون کشیده شود و فاصله بین دو هسته افزایش یابد. در دو طرف شاسی هم دو عدد پیچ دیگر قرار داده شد به طوری که سفت کردن آن‌ها باعث می‌شد که یکی از هسته‌ها به داخل برود و فاصله بین دو هسته کاهش یابد.

[1]- Amyalase
[2]- Nitrate Reductase

۲-۱-۲- شاسی

شاسی شامل دو صفحه به ابعاد ۲۰، ۲۰ و ۱ سانتی‌متر و یک صفحه به ابعاد ۱، ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر است که و در دو صفحه کوچک‌تر محل قرارگیری هسته‌ها تراشکاری شده است. یکی از صفحات به منظور سهولت قرار گیری هسته‌ها بر روی صفحه بزرگ‌تر با جوش متصل و صفحه دیگر در محل خود پیچ شده است.

۲-۱-۳-هسته

در ساخت این آهنربا از دو هسته استوانه‌ای به قطر ۶ سانتی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر استفاده شده بود. جنس هسته‌ها از فولاد ST37 بود.

۲-۱-۴-سیم‌پیچ‌های دستگاه

این آهنربا دارای دو سیم‌پیچ بود که به دور هسته‌ها پیچیده شده بودند، هسته‌ها روبه‌روی هم به فاصله ۱ سانتی‌متر از هم قرار داشتند. سیم‌های استفاده شده از جنس مس و با قطر ۰/۷۵ میلی‌متر بودند که به منظور جلوگیری از اتصال حلقه‌ها با هم از روکش پلاستیکی روی آن‌ها استفاده شده بود.

میدان مغناطیسی به گونه‌ای ایجاد می‌شد که یکی از هسته‌ها تشکیل قطب N و دیگری تشکیل قطب S را می‌داد و در فاصله بین دو هسته میدان مغناطیسی یکنواخت و یک جهته ایجاد می‌شد دو سیم‌پیچ به شکل سری به یکدیگر متصل می‌شدند به این منظور انتهای سیم‌پیچ اولیه به ابتدای دیگری متصل بود.

۲-۲- اندازه گیری میدان مغناطیسی

برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی و کالیبره کردن آن از دستگاه تسلامتر (گوس‌متر) مدل MG-3002 ساخت کشور تایوان استفاده گردید که توانایی اندازه‌گیری میدان مغناطیسی از صفر تا ۳۰۰ میلی‌تسلا با دقت ۰/۱ میلی‌تسلا را داشت (Atefirad, 2014).

۲-۳- منبع تغذیه

برای ایجاد میدان مغناطیسی غیریکنواخت از منبع تغذیه AC شرکت Terco که ماکزیمم ولتاژ خروجی آن برابر ۲۷۰ ولت بود استفاده شد. برای داشتن میدان مغناطیسی یکنواخت از منبع تغذیه DC (مدل Megatek) استفاده شد. دستگاه دارای دو تنظیم یکی برای تنظیم ولتاژ با دقت ۰/۱ ولت و دیگری برای تنظیم شدت جریان خروجی با دقت ۰/۱ آمپر بود.

۲-۴- اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی

در این تحقیق برای اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی در هر پتری دیش که در کف آن کاغذ صافی قرار داشت تعداد ۱۵ بذر قرار گرفت. برای تأمین رطوبت بذرها آب مقطر به اندازه کافی اضافه گردید. پتری دیش‌ها داخل ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در هر روز تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر پتری دیش شمارش و ثبت می‌شد. معیار جوانه‌زنی برای بذرها خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر در نظر گرفته شد. عمل شمارش بذرها به مدت ۷ روز انجام شد و سپس سرعت جوانه‌زنی از معادله زیر محاسبه گردید (Maguire, 1982).

$$\mathbf{GR} = \sum \frac{\boldsymbol{n}}{\boldsymbol{D}} \qquad (۱)$$

GR: سرعت جوانه‌زنی

n: تعداد دانه‌های جوانه زده در هر روز

D: تعداد روز گذشته از شروع آزمایش

۲-۵- اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی

اگر n_i تعداد بذرهای جوانه زده در روز هفتم و S تعدا کل بذرها باشد با توجه به اینکه رشد ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر به عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. از معادله زیر درصد جوانه‌زنی محاسبه گردید (Ellis and Robert, 1981).

$$\mathbf{GP} = \frac{\boldsymbol{n_i}}{\boldsymbol{S}} \times \mathbf{100} \qquad (۲)$$

۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها به صورت آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل فاکتور زمان در سه سطح ۱ دقیقه (T_1)، ۱۲۰ دقیقه (T_2) و ۱۸۰ دقیقه (T_3) و فاکتور شدت میدان مغناطیسی در سه سطح ۱۵۰ میلی‌تسلا (E_1)، ۲۰۰ میلی‌تسلا (E_2) و ۲۵۰ میلی‌تسلا (E_3) و سه رقم جو (ریحان،

فصیح و یوسف) در سه تکرار انجام شد و از هر رقم یک تیمار بدون آنکه در میدان مغناطیسی قرار گیرد در سه تکرار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. همچنین در حالت شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت زمان در سه سطح ۵ دقیقه (T_1)، ۱۲۰ دقیقه (T_2) و ۱۸۰ دقیقه (T_3) و فاکتور شدت میدان مغناطیسی در سه سطح ۰/۵ میلی‌تسلا (E_1)، ۱/۵ میلی‌تسلا (E_2) و ۲/۵ میلی‌تسلا (E_3) و سه رقم جو (ریحان، فصیح و یوسف) در سه تکرار با حضور شاهد در مجموع ۱۷۱ تیمار را تشکیل دادند. در پایان هر آزمایش داده‌های اندازه گیری شده به نرم‌افزار Excel منتقل و ذخیره سازی گردید. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آزمون F برای تعیین سطح معنی‌داری استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- سرعت جوانه‌زنی

جدول ۱-۳ نشان‌دهنده تجزیه واریانس مربوط به صفت سرعت جوانه‌زنی برای دو حالت میدان مغناطیسی یکنواخت و غیریکنواخت می‌باشد.

جدول ۱-۳- نتایج تجزیه واریانس سرعت جوانه‌زنی در حالت میدان مغناطیسی یکنواخت و غیریکنواخت

Table 1-3. Results of analysis of variance on germination rate in uniform and non-uniform magnetic field

Source	Degree of freedom	Average squares of uniform field	Average squares of Non-uniform field
Field (E)	2	2.45^{ns}	53.46^{*}
Time (T)	2	63.76^{**}	4.03^{ns}
Cultivar (V)	2	2947.99^{**}	2911.62^{**}
E*T	4	59.06^{**}	8.15^{ns}
E*V	4	38.90^{*}	22.93^{ns}
T*V	4	13.08^{ns}	24.10^{ns}
E*T*V	8	47.89^{**}	20.84^{ns}
Error	60	11.06	12.66
Coefficient of variation		13.93	15.73

*، ** و ns: به ترتیب بیانگر سطح معنی‌دار در سطح پنج درصد (۵٪)، یک درصد (۱٪) و غیرمعنی‌دار در آزمون دانکن است.

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱-۳ نشان داده شده است، چنانچه مشاهده می‌شود زمان، رقم، اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی در زمان و اثر متقابل سه‌گانه شدت میدان مغناطیسی، رقم و زمان در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی در رقم در سطح احتمال ۵ درصد بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود, اما شدت میدان مغناطیسی و اثر متقابل رقم در زمان بر سرعت جوانه‌زنی در حالت میدان یکنواخت معنی‌دار نبود.

چنانچه مشاهده می‌شود شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در سطح احتمال ۵ درصد و رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر شدت سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود، اما زمان قرارگیری در شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت، اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در زمان، اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی در رقم، اثر متقابل زمان در رقم و اثر متقابل سه‌گانه شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در زمان در رقم بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود.

شکل ۱ مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی غیر یکنواخت بر سرعت جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که تیمار شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت ۰/۵ میلی‌تسلا تفاوت معنی‌داری با شاهد (بدون قرارگیری در میدان مغناطیسی) داشت و در شدت میدان ۲/۵ میلی‌تسلا با توجه به شکل ۲ که مقایسه میانگین بین ارقام و سرعت جوانه‌زنی را نشان می‌دهد می‌توان نتیجه گرفت که سرعت جوانه‌زنی رقم فصیح از همه بیشتر بوده است.

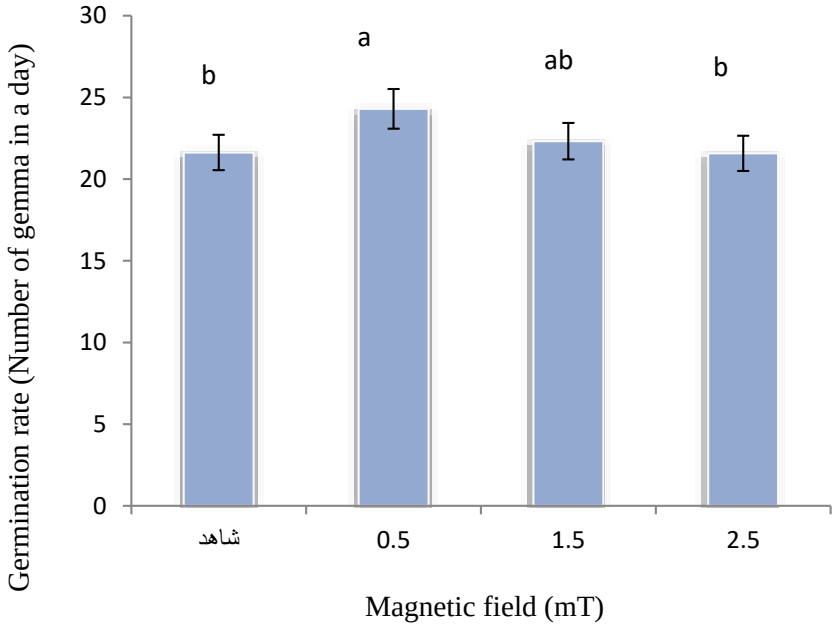

Figure1. Comparison of the mean of effect of non-uniform magnetic field intensity on germination rate.

شکل ۱- مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت بر سرعت جوانه‌زنی.

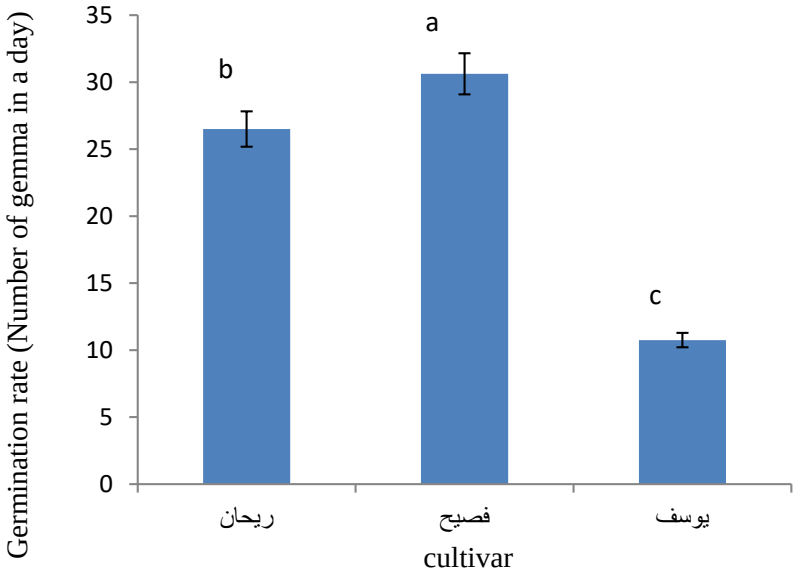

Figure2. Comparison of the mean cultivar on germination rate.

شکل ۲- مقایسه میانگین رقم بر سرعت جوانه‌زنی.

۲-۲- درصد جوانه‌زنی

در جدول ۲-۳ نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت درصد جوانه‌زنی برای دو حالت میدان مغناطیسی یکنواخت و غیریکنواخت آورده شده است.

جدول ۲-۳- نتایج تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی در حالت میدان مغناطیسی یکنواخت و غیریکنواخت.

Table 2-3. Results of analysis of variance on germination percentage in uniform and non-uniform magnetic field.

Source	Degree of freedom	Average squares of uniform field	Average squares of Non-uniform field
Field (E)	2	64.22^{ns}	882.78**
Time (T)	2	520.29*	73ns
Cultivar (V)	2	9516.89**	8523.31**
E*T	4	463.36**	157.75^{ns}
E*V	4	233.64^{ns}	382.39*
T*V	4	218.10^{ns}	179.94^{ns}
E*T*V	8	284.73*	207.95^{ns}
Error	60	111.60	137.74
Coefficient of variation		13.25	14.46

*، ** و ns: به ترتیب بیانگر سطح معنی‌دار در سطح پنج درصد (٪۵)، یک درصد (٪۱) و غیرمعنی‌دار در آزمون دانکن است.

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲-۳ نشان داد که زمان و برهم‌کنش سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد، رقم و برهم‌کنش شدت میدان مغناطیسی یکنواخت در زمان در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی داشتند؛ اما شدت میدان مغناطیسی یکنواخت، برهم‌کنش شدت میدان مغناطیسی یکنواخت در رقم و زمان در رقم تأثیر معنی‌داری نداشتند.

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲-۳ نشان می‌دهد که شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت و زمان قرارگیری در شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در رقم در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد جوانه‌زنی معنی‌داری بود؛ اما زمان قرارگیری در شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت، اثر متقابل شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در زمان و زمان در رقم و اثر متقابل سه‌گانه تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشتند.

۴- نتیجه‌گیری

در اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی در حالت شدت میدان مغناطیسی یکنواخت ارقام مختلف واکنش‌های مختلفی را از خود نشان دادند. در رقم ریحان، فصیح و یوسف تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد مشاهده نکردیم و بالاترین مقدار در رقم ریحان تیمار E1T3 بود که نسبت به شاهد دو واحد افزایش داشت و بالاترین مقدار در رقم فصیح تیمار E1T1 بود که درصد جوانه‌زنی آن ۱۰۰ در صد بود و افزایش ۹ واحدی نسبت به شاهد داشت. و بالاترین مقدار در رقم یوسف تیمارهای E1T2 و E1T3 بود که دارای افزایش ۲۰ درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد بود.

در اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی در حالت شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت در رقم ریحان و فصیح تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند اما در رقم یوسف تیمار E1V3 نسبت به شاهد معنی‌دار بود که افزایش ۲۶ درصدی داشت. در رقم فصیح در همه تیمارها درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد بالاتر بود.

در اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی در حالت شدت میدان مغناطیسی یکنواخت نتایج به دست آمده برای ارقام مختلف یکسان نبود به طوری که در رقم ریحان اگر چه در بعضی تیمارها روند افزایشی را شاهد بودیم اما تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. در رقم فصیح تیمارهای E1T1، E2T1 و E2T2 نسبت به شاهد معنی‌دار بودند و بالاترین مقدار در تیمار E2T2 ثبت شد. در رقم یوسف با وجود اینکه در بعضی تیمارها نسبت به شاهد افزایش را شاهد بودیم اما نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی در حالت شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت تیمار با شدت میدان مغناطیسی غیریکنواخت ۰/۵ میلی‌تسلا (E1) تفاوت معنی‌داری در هر سه رقم با شاهد داشتند.

۵- مراجع

Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seeds by multiple criteria. *Crop Science, 13:* 630-637.

Afzal, I., Basras, S. M. A., Ahmad, N., & Farooq, M. (2005). Optimization of hormonal priming techniques for evaluation of salinity in wheat (*Triticum aestivum*). *Caderno de Pesquisa Serie Biologia, 17*(1): 95-109.

Aladjadjiyan, A. (2007). The use of physical methods for plant growing simulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture, 8*: 369-380.

Ashraf, M. R., & Foolad, M. (2005). Pre-sowing seed treatment shutgun approach to improve germination, plant growth and crop yield of barley (*Hordeum vulgare*) under saline and non-saline condition. *Advances in Agronomy, 88:* 217-223.

Atefirad, M. (2014). *Effect of uniform magnetic field on germination rate and early growth of five wheat cultivars*. Master's Thesis, University of Shiraz. (Persian).

Dhawi, F., Al-Khayri, J. M. (2009). Magnetic fields induce changes in photosynthetic pigments content in data palm (*Phoenix dactylifera L.*) seedlings. *The Open Agriculture Journal, 3*: 1-5.

Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of aging and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology, 9*: 374-409.

Maguire, I. D. (1982). Speed of germination- Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science, 22*: 176-177.

Martinez, E., Carbonell, M. V., Florez, M., Amaya, J. M., & Maqueda, R. (2009). Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum L.*) under magnetic field. *International Agrophysics,23*(1): 45-49.

Poinapen, D., Brown, D. C., & Beeharry, G. K. (2013). Seed orientation and magnetic field strength have more influence on tomato seed performance than relative humidity and duration of exposure to non-uniform static magnetic fields. *Journal of Plant Physiology, 170*(14): 1251-1258.

Racuciu, M., Creanga, D., & Horga, I. (2008). Plant growth under static magnetic field influence. *Romania Journal Physics, 53*: 353-359.

Sakhnini, L. (2007). Influence of Ca2+ in biological stimulation effects of AC magnetic fields on germination of bean seeds. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 310*: 1032-1034.

Vasilevski, G. (2003). Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal Plant Physiology, 167*(2): 149-156.

Yeo, Y., Li, Y., Yang, Y., & 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*(3): 286-294.