بهبود یک دستگاه تولید میدان مغناطیسی و تأثیر آن بر عملکرد جو

سید خبات بهرامی[۱]، مهدی کسرایی[۲] و عبدالباسط سلیمانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

چکیده

جو پس از گندم، برنج و ذرت مهم‌ترین غله هست. جوانه‌زنی، مرحله پیچیده‌ای از رشد گیاه هست و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاه چه دارد می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. یکی از راه‌های افزایش قدرت جوانه‌زنی بذرها، استفاده از میدان مغناطیسی است. هدف از این پژوهش بررسی اثر میدان مغناطیسی و زمان قرار گیری در میدان مغناطیسی بر عملکرد جو بود. به این منظور یک آهن‌ربای الکتریکی ساخته شد تا بتوان میدان‌های مغناطیسی موردنظر را تولید کرد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای این طرح شامل سه رقم جو (ریحان، فصیح و یوسف)، سه سطح میدان (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی تسلا)، سه سطح زمان (۵ دقیقه، ۲ و ۳ ساعت) و شاهد (بدون در معرض قرار گرفتن میدان) بودند. نتایج نشان داد که میدان مغناطیسی بر روی درصد جوانه‌زنی در هر سه رقم معنی‌دار نبود اما بر روی سرعت جوانه‌زنی در رقم ریحان و فصیح معنی‌دار و بر روی یوسف معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار سرعت جوانه‌زنی رقم ریحان در تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت بود و بیشترین مقدار برای رقم فصیح در تیمار میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۲ ساعت بود. زمان و میدان مغناطیسی بر روی سرعت رشد تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین زمان برای دو شاخص بنیه طولی و وزنی معنی‌دار و بهترین زمان ۲ ساعت بود. میدان مغناطیسی برای بنیه طولی معنی‌دار نبود اما برای بنیه وزنی معنی‌دار بود که بهترین مقدار آن ۲۰۰ میلی تسلا بود.

واژه‌های کلیدی: جو، سرعت جوانه‌زنی، سرعت رشد، شاخص بنیه، میدان مغناطیسی

مقدمه

جو چهارمین غله‌ی مهم دنیاست، یعنی پس از گندم، برنج و ذرت مهم‌ترین ماده‌ی غذایی است (امام، ۱۳۸۳). تحقیقات انجام‌یافته در مناطق خشک و نیمه‌خشک 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 هست و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاه چه دارد می‌تواند مقدار عملکرد را تغییر دهد (Ashraf and Foolad, 2005). پرایمینگ[1] بذر فنی است که به‌واسطه آن بذر پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورد (Harris *et al*., 1999).

یکی از راهکارهای افزایش قدرت جوانه‌زنی بذرها، استفاده از میدان الکتریکی و مغناطیسی است که به‌مانند روش‌های معمول دیگر مثل تیمار با آب معمولی و آب فعال (اسیدی یا قلیایی) می‌تواند قدرت جوانه‌زنی را افزایش دهد (Basiri and Eshaghbeigi, 2006). به‌طورکلی روش‌های بیوفیزیکی قادر به تأثیر در رشد گیاهان هستند. این روش‌ها مقدار انرژی را، مستقل از منشأ آن‌ها افزایش داده و پتانسیل الکتریکی غشاء سلول را افزایش می‌دهند. روش‌های فیزیکی جهت تحریک، سمت‌وسوی فرآیندهای فیزیولوژیکی که توسط دستگاه‌های ژنتیکی گیاه کنترل می‌شوند را تغییر نمی‌دهند، به‌عبارت‌دیگر، آن‌ها بدون دست‌کاری ژنتیکی، رشد و فرآیندهای متابولیکی را تحریک می‌نمایند. ازاین‌رو، کاربرد مقادیر بهینه راش‌های فیزیکی برای تحریک بذر و گیاه، اثر ژنتیکی روی گیاه نداشته و به نسل بعد منتقل نخواهد شد (Vasilevski, 2003). تحریک گیاهان با استفاده از میدان‌های مغناطیسی به‌عنوان راهی برای افزایش کمیت و کیفیت عملکرد موردتوجه قرارگرفته است. بنابراین، جایگزینی کودها و مکمل‌های شیمیایی با تیمارهای فیزیکی، میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش داده و باعث افزایش سلامت غذا و محیط می‌گردد (Aladjadjiyan, 2007; Vasilevski, 2003; Dhawi *et al*., 2009).

راکوسیو و همکاران (Racuciu *et al*., 2008) بیان کردند که قرار گرفتن بذر ذرت در میدان مغناطیسی کم (۵۰ میلی تسلا) اثر تحریک‌کنندگی بر مراحل اولیه رشد، وزن تر، رنگ‌دانه‌هایی نظیر کلروفیل، میزان اسید نوکلئیک و افزایش طول گیاه چه دارد، اما میدان مغناطیسی قوی‌تر (بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی تسلا) اثر بازدارندگی روی صفات ذکرشده خواهد داشت.

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

1- Priming

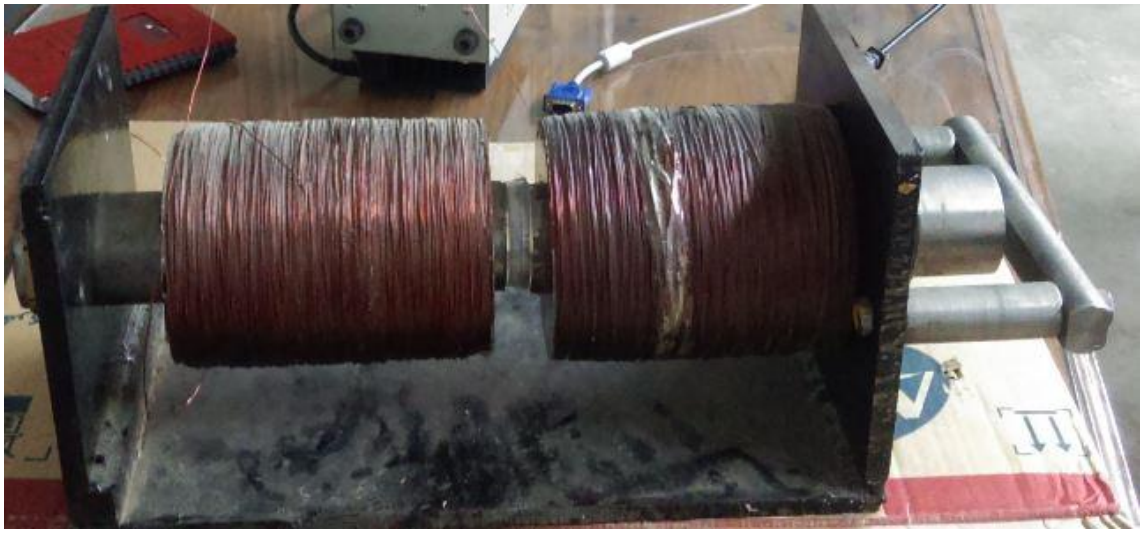
مـون و سـوک (Moon and Sook,2000) افزایش درصد جوانه‌زنی بذور گوجه‌فرنگـی را در اثر پیش تیمار کوتاه‌مدت بـذور بـا میـدان الکتریکـی و مغناطیسـی مسـتقیم مشـاهده کردنـد. میـگ یانـگ و همکاران (Meiqiang *et al*. 2005) گزارش کردند که قـدرت‌هـای مختلف تیمار مغناطیس، درصد سبز شدن بذور گوجـه‌فرنگـی رابین ۸ تا ۲۸ درصد افزایش داد که ممکن است بـه علت اثرات بازدارندگی از خسارت آفات و بیماری‌ها باشد. کاک ماک و همکـاران (Ckakmak *et al.*, 2009) نیـز سـرعت رشـد و جوانه‌زنی بالاتر بذر گنـدم و لوبیا را با تیمار میـدان مغناطیسی دائم هفت میلی تسلا نشان دادند.

در پژوهش حاضر به‌منظور اثر میدان‌های مغناطیسی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیـاه جـو، یـک دسـتگاه تولیـد میـدان مغناطیسی را ارتقاء داده و تأثیر شدت و مدت‌زمان قرارگیری در میدان مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی، سـرعت جوانـه‌زنـی، سـرعت رشد، شاخص بنیه طولی و وزنی جو در سه رقم ریحان، یوسف و فصیح موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ارتقاء دستگاه میدان مغناطیسی

به‌منظور ایجاد تولید میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای الکتریکی در بخش مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز کـه ساخته‌شده بود را ارتقاء دادیم و مورداستفاده قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱- آهن‌ربای الکتریکی ساخته‌شده

در ساخت این آهن‌ربا از یک شاسی و دو هسته به طول ۲۵ سانتی‌متر استفاده‌شده بود که جـنس هسـته‌هـا از فـولاد ST37 اسـت. همچنین این آهن‌ربا دارای دو سیم‌پیچ هست که دور هسته‌ها پیچیده شده است و هسته‌ها روبـه‌روی هـم قـرار دارنـد. سـیم‌هـای استفاده‌شده از جنس مس و با قطر ۰/۷۵ سانتی‌متر انتخاب‌شده‌اند که به‌منظور جلوگیری از ایجـاد اتصـال حلقـه‌هـا بـاهم، روکـش

پلاستیکی روی آن‌ها قرارگرفته است. به‌منظور ایجاد میدان مغناطیسی به‌گونه‌ای که یکی از هسته‌ها تشکیل قطب N و دیگری تشکیل قطب S را دهد سیم‌پیچ‌ها به شکل سری به یکدیگر متصل شده‌اند.

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در گروه مهندسی بیوسیستم و گلخانه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در دو محیط گلخانه و آزمایشگاه صورت گرفت. برای کالیبره کردن دستگاه، از دستگاه اندازه‌گیری میدان مغناطیسی مدل MG-3002 ساخت کشور تایوان استفاده شد. کالیبره کردن دستگاه به‌گونه‌ای بود که با افزایش ولتاژ توسط منبع تغذیه DC، میدان مغناطیسی متناظر با آن، با قرار دادن پراب دستگاه اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در بین دو هسته و عمود برمیدان مغناطیسی صورت می‌گرفت (جدول ۱).

جدول ۱-کالیبره کردن دستگاه میدان مغناطیسی در برابر ولتاژ اعمال‌شده

ولتاژ اعمال‌شده (v)	میدان مغناطیسی (mT)	ولتاژ اعمال‌شده (V)	میدان مغناطیسی (mT)
۰	۳/۶۴	۱۶/۵۰	۱۲۵
۲/۵۵	۲۰	۱۹/۴۵	۱۵۰
۳/۲۰	۲۵	۲۲/۰۰	۱۷۵
۶/۸۶	۵۰	۲۵/۱۰	۲۰۰
۱۰/۱۷	۷۵	۲۸/۱۱	۲۲۵
۱۳/۴۷	۱۰۰	۳۱/۲۰	۲۵۰

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد؛ که شامل سه فاکتور زمان قرارگیری در میدان مغناطیسی، سه فاکتور میدان مغناطیسی و سه رقم بود. آزمایش‌ها در شرایط اتاقک رشد و گلخانه انجام شد. در شرایط آزمایشگاه از پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری استفاده شد که داخل هر یک از آن‌ها ۱۵ بذر بر روی کاغذ صافی قرار داشت و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در داخل ژرمیناتور به مدت ۷ روز گذاشته شدند و جوانه‌زنی هر روز ثبت می‌شد. در شرایط گلخانه در داخل گلدان ۱۲ بذر بافاصله‌های یکسان کشت شدند. با داشتن ۹ گلدان شاهد درمجموع در داخل گلخانه ۹۰ گلدان کشت شد.

بذرها پس از این‌که در ظرف‌های مخصوص خود قرار داده شدند در معرض میدان مغناطیسی ایجادشده توسط آهن‌ربای الکتریکی قرار گرفتند. نحوه قرارگیری هر ظرف درمیدان مغناطیسی به شکلی بود که در جهت عمود برمیدان مغناطیسی تولیدشده توسط آهن‌ربای الکتریکی قرار می‌گرفت. پس از این‌که هرکدام از ارقام جو در مدت‌زمان‌های مشخص درمیدان مغناطیسی قرار داده شدند با محلول هیپوکلرید سدیم ۵ درصد به مدت ۶۰ ثانیه ضدعفونی شدند و بعد به‌طور تقریباً هم‌زمان در پتری دیش و در گلدان کشت شدند. بذرها درشدت میدان ۱۵۰(E1)، ۲۰۰ (E2) و ۲۵۰(E3) میلی تسلا و زمان ۵ دقیقه (T1)، ۲ (T2) و ۳ (T3) ساعت قرار

داده شدند. همچنین بذرها برای انجام این آزمایش از سه رقم جو به نام‌های ریحان، فصیح و یوسف استفاده شد. اندازه‌گیری داده‌ها در گلخانه به مدت ۲ ماه و در آزمایشگاه به مدت ۷ روز انجام شد. بررسی آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Exell رسم شدند.

نتایج و بحث

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، سرعت رشد، بنیه طولی و بنیه وزنی جو

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	سرعت رشد	بنیه طولی	بنیه وزنی
میدان مغناطیسی (E)	۲	۶۴/۲۲^{ns}	۲/۴۵^{ns}	۰/۰۷۶^{ns}	۴/۴۶^{ns}	۰/۱۹۶*
زمان (T)	۲	۵۲۰/۲۹*	۶۳/۷۶**	۰/۰۰۵۰۸^{ns}	۶۷/۹۷**	۰/۴۶۴**
رقم (V)	۲	۹۵۱۶/۸۹**	۲۹۴۷/۹۹**	۰/۵۷۸**	۱۹۷۱/۷۰**	۱۵/۶۵**
E*T	۴	۴۶۳/۳۶**	۵۹/۰۶**	۰/۲۲۷*	۱۶/۸۹^{ns}	۰/۱۴۷*
E*V	۴	۲۳۳/۶۴^{ns}	۳۸/۹۰*	۰/۲۹۸**	۱۵/۹۵^{ns}	۰/۲۳۸**
T*V	۴	۲۱۸/۱۰^{ns}	۱۳/۰۸^{ns}	۰/۱۲۲^{ns}	۲۹/۷۴**	۰/۰۸۳^{ns}
E*T*V	۸	۲۸۴/۷۳*	۴۷/۸۹**	۰/۰۳۷۹^{ns}	۱۸/۷۷*	۰/۰۸۶۶^{ns}
Error	۶۰	۱۱۱/۶۰	۱۱/۰۶	۰/۰۷۹	۷/۹۷	۰/۰۵۷۵
ضریب تغییرات		۱۳/۲۵	۱۳/۹۳	۵۰/۷۵	۳۶/۱۸	۱۷/۸۶

*، ** و ns به ترتیب بیانگر سطح معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی‌داری در آزمون دانکن هست.

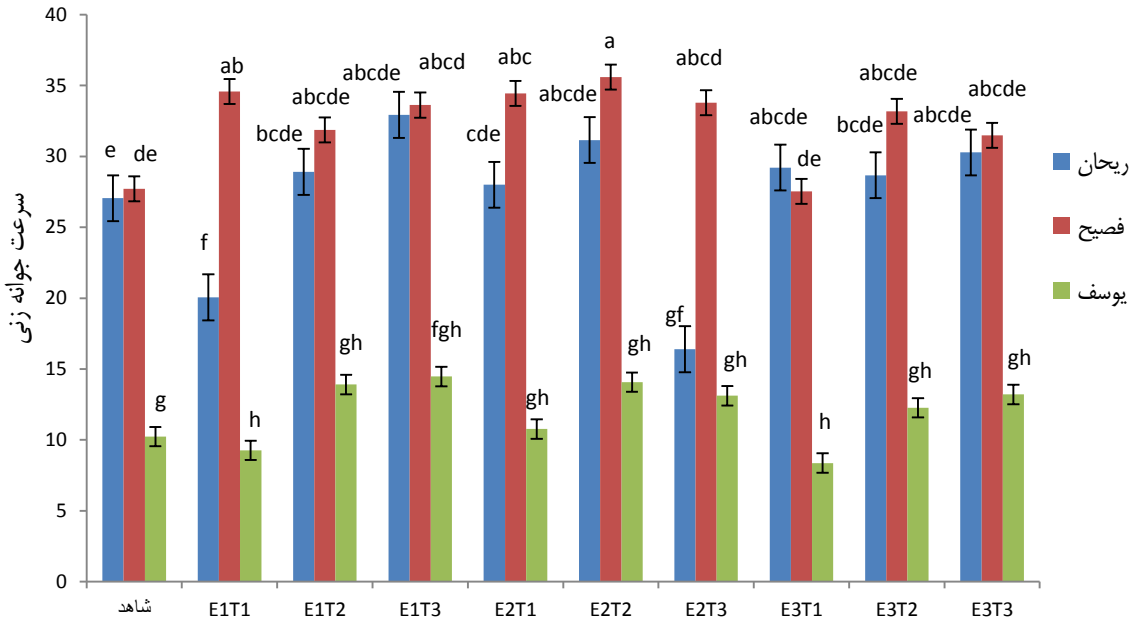
سرعت جوانه‌زنی[۲]

برای تعیین سرعت جوانه‌زنی از فرمول ماگیور (Maguire, 1982) استفاده می‌شود؛ که در این معادله سرعت جوانه‌زنی (GR) برحسب بذر جوانه‌زده بر روز بعد از شروع آبگیری هست.

$$GR = \sum \frac{n}{D} \qquad (۱)$$

2- Germination rate

نتایج تجزیه واریانس در جدول شماره ۲ نشان داده‌شده است، چنانچه مشاهده می‌شود زمان، رقم، اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان و اثر متقابل سه‌گانه میدان مغناطیسی، رقم و زمان در سطح احتمال ۱ درصد و اثر میدان مغناطیسی در رقم در سطح احتمال ۵ درصد بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود؛ اما میدان مغناطیسی و اثر متقابل رقم در زمان‌بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه میدان مغناطیسی، زمان و رقم بر سرعت جوانه‌زنی برای سه رقم ریحان فصیح و یوسف

با توجه به شکل ۲ که مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بر درصد جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که تیمارهای ما در رقم فصیح معنی‌دار بوده است اما در رقم ریحان و یوسف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در رقم ریحان تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت افزایش ۶ واحدی داشت اما ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. در رقم فصیح تیمارهای میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و ۵ دقیقه، ۲۰۰ میلی تسلا و ۵ دقیقه و ۲۰۰ میلی تسلا و ۲ ساعت معنی‌دار بودند و سرعت جوانه‌زنی تیمار با میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و ۲ ساعت از همه بیشتر بود. در رقم یوسف تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و ۳ ساعت سرعت جوانه‌زنی افزایش ۴ واحدی را داشت ولی تأثیر معنی‌داری با شاهد نداشت.

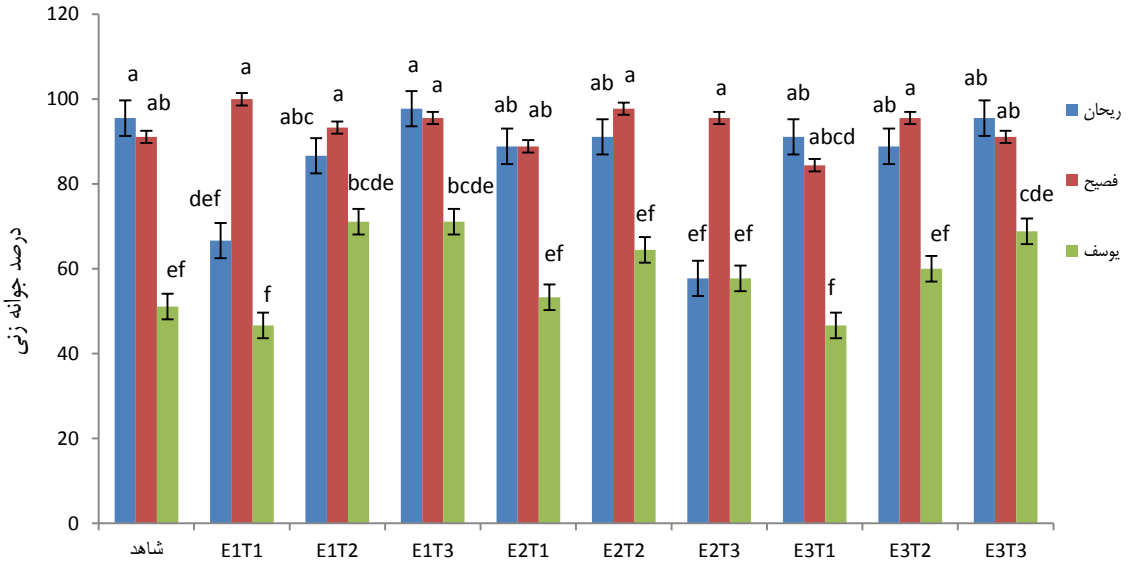
درصد جوانه‌زنی[3]

درصد جوانه‌زنی با استفاده از فرمول شماره ۲ محاسبه شد که n_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز هفتم و S تعداد کل بذرها هست و ظهور ریشه‌چه به‌اندازه ۲ میلی‌متر به‌عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد (Ellis and Roberts, 1981).

3- Germination percentage

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

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ به ما نشان می‌دهد که زمان و اثر متقابل سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد، رقم و اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی داشتند؛ اما میدان مغناطیسی، اثر متقابل میدان مغناطیسی در رقم و زمان در رقم تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشتند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه میدان مغناطیسی، زمان و رقم بر درصد جوانه‌زنی برای سه رقم ریحان فصیح و یوسف

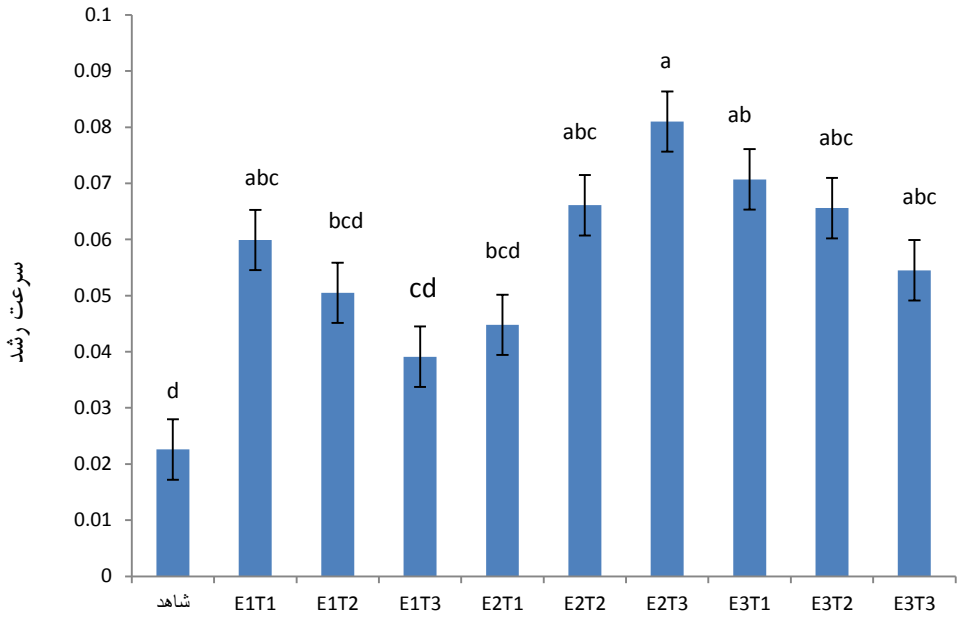
شکل شماره ۳ مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه را نشان می‌دهد. در رقم ریحان تیمارهای ما با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ اما تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت افزایش ۲ درصدی درصد جوانه‌زنی را نشان داد. در تیمار میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت در رقم ریحان کاهش ۳۸ درصدی جوانه‌زنی را نشان داد که این تیمار اثر منفی بر درصد جوانه‌زنی داشت. در رقم فصیح همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده‌شده است تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند اما در تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۵ دقیقه درصد جوانه‌زنی ما صد در صد بود که افزایش ۹ درصد جوانه‌زنی داشت. همچنین در رقم یوسف تیمارهای ما با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند اما در تیمارهای میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۲ ساعت و تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت افزایش درصد جوانه‌زنی ۲۰ درصدی داشت.

سرعت رشد[4]

سرعت رشد (GR) با فرض این‌که رشد دانه‌ها یکسان هست انجام خواهد شد به‌این‌ترتیب که در بازه‌های زمانی متوالی یک گیاه از گلدان خارج و وزن خشک آن اندازه‌گیری می‌شود که در فرمول شماره ۳، w_2 وزن خشک در مرحله دوم، w_1 وزن خشک در مرحله اول و n مدت‌زمان بین دو اندازه‌گیری هست.

$$GR = \frac{w_2 - w_1}{n} \quad (۳)$$

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ به ما نشان می‌دهد که رقم و اثرمتقابل میدان مغناطیسی در رقم در سطح احتمال ۱ درصد، اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان در سطح احتمال ۵ درصد بر سرعت رشد معنی‌دار بود؛ اما میدان مغناطیسی، زمان، اثر متقابل زمان در رقم و اثر متقابل سه‌گانه معنی‌دار نبود.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان‌بر سرعت رشد

شکل ۴ مقایسه میانگین اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان با تیمار شاهد در مورد صفت سرعت رشد را نشان می‌دهد که تیمارهای میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۵ دقیقه، میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۲ ساعت، میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت، میدان مغناطیسی ۲۵۰ میلی تسلا و زمان ۵ دقیقه، میدان مغناطیسی ۲۵۰ میلی تسلا و زمان ۲

4- Growth rate

ساعت و میدان مغناطیسی ۲۵۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت تفاوت معنی‌داری را با شاهد داشتند که در میان این‌ها سرعت رشد تیمار با میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت از همه بیش‌تر بود.

شاخص بنیه طولی[5]

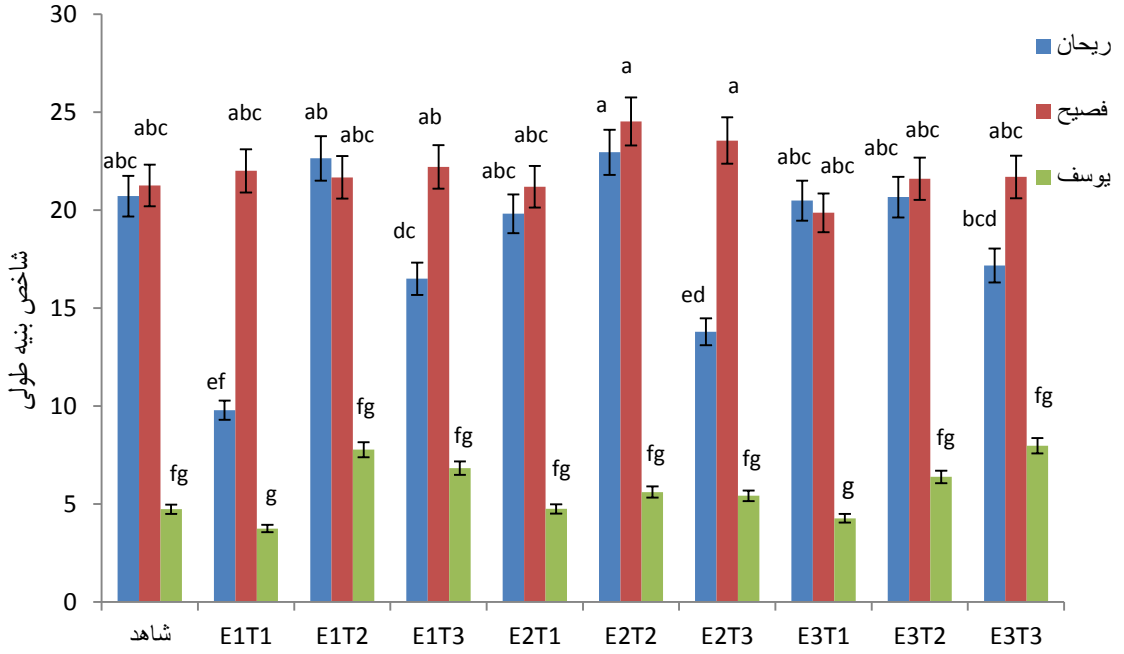
شاخص بنیه طولی با استفاده از فرمول ۴ محاسبه شد و در این فرمول RL طول ساقه چه (سانتی‌متر)، SL طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) و GP درصد جوانه‌زنی هست (Abdul-Baki and Anderson, 1973). در ضمن متوسط طول ریشه‌چه و ساقه چه تمام گیاه‌ها برای هر تیمار در پتری دیش اندازه‌گیری شد.

$$SLVI = \frac{(SL+ RL)\times GP}{100} \quad (۴)$$

با توجه به جدول ۲ که نتایج تجزیه واریانس را نشان می‌دهد زمان، رقم و اثر متقابل زمان در رقم در سطح ۱ درصد و اثر متقابل سه‌گانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود؛ اما میدان مغناطیسی، اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان و اثر متقابل میدان مغناطیسی با رقم معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین اثر تقابل سه‌گانه بر صفت شاخص بنیه طولی در شکل ۵ نشان داده‌شده است. در هر سه رقم ریحان، فصیح و یوسف تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد. در رقم ریحان تیمار با میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۲ ساعت افزایش ۲ واحدی بر شاخص بنیه طولی نشان داد اما ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. در رقم فصیح تیمار میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۲ ساعت افزایش ۳ واحدی داشت که این افزایش از همه تیمارهای دیگر بیشتر بود اما ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. در رقم یوسف تیمار میدان مغناطیسی ۲۵۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت افزایش ۳ واحدی بر شاخص بنیه طولی مشاهده نمودیم اما تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت.

5- Seed Long Vigor Index



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه میدان مغناطیسی، زمان و رقم بر شاخص بنیه طولی برای سه رقم ریحان فصیح و یوسف

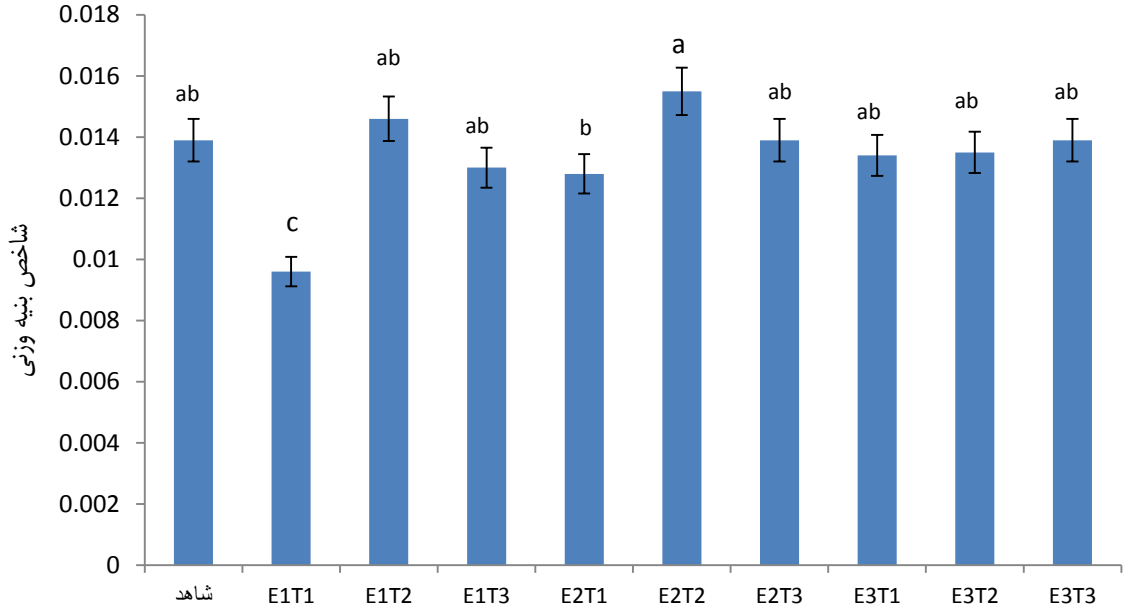
شاخص بنیه وزنی[6]

شاخص بنیه وزنی با استفاده از فرمول ۵ به دست می‌آید که در آن SW وزن خشک ساقه چه (گرم) و RW وزن خشک ریشه‌چه (گرم) هست (Abdul-Baki and Anderson, 1973)؛ و نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند (ISTA, 1985).

$$SWVI = \frac{(SW+RW)\times GP}{100} \qquad (۵)$$

نتایج تجزیه واریانس شاخص بنیه وزنی در جدول ۲ نشان داد که میدان مغناطیسی و اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان در سطح ۵ درصد، زمان، رقم و اثر متقابل میدان مغناطیسی در رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند؛ اما اثر متقابل رقم در زمان و اثر متقابل سه‌گانه میدان مغناطیسی، رقم و زمان معنی‌دار نبود.

6- Seed Weight Vigor Index



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان‌بر شاخص بنیه وزنی

شکل شماره ۶ مقایسه میانگین اثر متقابل میدان مغناطیسی در زمان‌بر روی شاخص بنیه وزنی را نشان می‌دهد که همه تیمارها جز تیمار میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۵ دقیقه که اثر منفی داشت تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند؛ اما تیمار با میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۲ ساعت مقدار آن از بقیه تیمارها و شاهد هم بیشتر بود که البته ازنظر آماری با شاهد معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از میدان مغناطیسی برای تحریک رشد اولیه گیاه چه حاصل از بذرهای جو مؤثر است. میدان مغناطیسی باعث کاهش معنی‌دار متوسط زمان جوانه‌زنی بذر جو شد، به‌عبارت‌دیگر سرعت جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما تیمار میدان مغناطیسی بر درصد نهایی جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین اثر تقابل میدان مغناطیسی در زمان سرعت رشد معنی‌دار بود که تیمار با میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و زمان ۳ ساعت از همه عملکرد بهتری داشت.

همچنین برای شاخص بنیه طولی شدت میدان‌های مغناطیسی اعمال‌شده تأثیر معنی‌داری نداشت اما زمان ۲ ساعت قرارگیری درمیدان مغناطیسی بر شاخص بنیه طولی معنی‌دار بود همچنین برای شاخص بنیه طولی مدت‌زمان ۲ ساعت قرارگیری درمیدان مغناطیسی معنی‌دار بود و تیمار با میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی تسلا و مدت‌زمان ۲ ساعت در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در بین زمان‌های قرارگیری بذرها در معرض میدان مغناطیسی، بهترین زمان ۲ ساعت بود؛ بنابراین میدان مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محرک رشد غیرتهاجمی و غیرمخرب برای گیاه به‌کار رود.

منابع

امام، ی. ۱۳۸۳. زراعت غلات. ۸۷–۸۵

Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Vigour determination in soybean seeds by multiple criteria. Crop Science, 13:630-637.

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

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

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

Basiri, M., and A. Eshaghbeigi. 2006. Application of electrostatic methods in small seeds improvement. 5th National Congress on Mechanization, Ferdowsi University, Mashhad, Iran, p: 165.

Cakmak,T., Dumlupinar, R., and Erdal, S. 2009. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. Bioelectromagnetics 30:1-10.

Dhawi, F., Al-Khayri, J.M., and Hassan, E. 2009. Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera L.*). Research Journal Agriculture Biological Sciences 5:161-166.

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

Harris, D., A. Joshi, P.A. Khan, P. Gothkar, and P.S. Sodhi. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. Experimental Agriculture. 35: 15-29.

International Seed Testing Association. 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 13: 299-355.

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

Meiqiang, Y., Minging, H., Buzhou, M., and Tengcar, M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. Journal Plasma Science Technology 7: 3143-3147.

Moon, J.D.C., and Sook, H. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. Journal Electrostatics 48: 103-114.

Racuciu, M., Creanga, D., and Horga, I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Romania Journal Physics 53: 353–359.

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

Vasilevski, G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal Plant Physiology (Special Issue) 179-186.