نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱ ، ص. ۳۴۹-۳۴۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 26, No. 3, Fall 2012, P. 343-349
ISSN: 2008 - 4730

تحریک جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی با استفاده از میدان مغناطیسی و خیساندن بذر

حسن فیضی[1*]- پرویز رضوانی مقدم[2]- حسین صحابی[3]- شهرام امیرمرادی[4]

تاریخ دریافت:۹۰/۵/۲۲
تاریخ پذیرش:۹۱/۴/۶

چکیده

مطالعه تاثیر میدان مغناطیسی و هیدروپرایمینگ بر جوانه زنی بذر گوجه فرنگی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل دو سطح هیدروپرایمینگ (خیساندن بذرها در آب مقطر به مدت ۵ ساعت و استفاده از بذر خشک) و ۸ سطح اعمال تیمار میدان مغناطیسی به صورت میدان مغناطیسی ثابت ۱۵ میلی تسلا به مدت ۵، ۱۵ و ۲۵ دقیقه، میدان مغناطیسی ثابت به قدرت ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵، ۱۵ و ۲۵ دقیقه، تیمار میدان مغناطیسی دایم با شدت ۳ میلی تسلا و تیمار شاهد (بدون قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی) بودند. خیساندن بذر قبل از کاشت باعث کاهش معنی دار متوسط زمان جوانه زنی (MGT) گردید. طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر به ترتیب به میزان ۷، ۱۲ و ۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند. همچنین طول ریشه‌چه از ۶/۶۸ به ۷/۵۹ سانتی متر نسبت به بذر خشک افزایش یافت. میدان مغناطیسی ۳ میلی تسلا به صورت دایم و ۱۵ میلی تسلا به مدت ۲۵ دقیقه کمترین زمان جوانه زنی را نشان دادند. کاربرد میدان مغناطیسی با شدت ۳ میلی تسلا به صورت دایم و شدت ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ دقیقه به ترتیب باعث افزایش طول ریشه-چه به میزان ۲۹ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد شدند. این تیمارها بیشترین طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیه را نشان دادند.

واژه های کلیدی: خیساندن بذر، شاخص بنیه، طول گیاهچه، میدان مغناطیسی

مقدمه

تحریک گیاهان با استفاده از میدان مغناطیسی به عنوان راهی جهت افزایش کمیت و کیفیت عملکرد مورد توجه قرار گرفته است (۲، ۹ و ۲۷). گزارش شده است که میدان مغناطیسی هم فعالیت یون ها و هم قطبی شدن ملکول های دوقطبی را در سلول‌های زنده تحت تاثیر قرار می‌دهد (۹ و ۱۸). سلول های گیاه دارای بار منفی هستند که می‌توانند یون های دارای بار مثبت را جذب نمایند. مطالعات سیتوشیمیایی نشان داده است که سلول‌های ریشه‌چه در معرض میدان ضعیف مغناطیسی نسبت به سلول های شاهد، حالت اشباع از کلسیم را در تمام اندامک های خود و سیتوپلاسم نشان می‌دهند. میدان مغناطیسی می‌تواند باعث افزایش رهاسازی رادیکال های آزاد و ایجاد تنش در گیاه شود، در حالی که یون های کلسیم در برخی فرایندهای رشد به گیاه کمک می کنند و به تنش واکنش نشان می‌دهند، بنابراین این موضوع توضیحی برای افزایش کلسیم در گیاه در شرایط میدان مغناطیسی است (۹). یک فرضیه ممکن برای توضیح اثر مثبت مشاهده شده توسط میدان مغناطیسی، می‌تواند در خصوصیات پارامغناطیسی بیشتر اتم ها در سلول های گیاه و رنگدانه‌ها نظیر کلروپلاست باشد (۳). خصوصیات مغناطیسی ملکول-ها، توانایی آنها را برای جذب و سپس انتقال انرژی میدان مغناطیسی به نوع دیگری از انرژی و انتقال این انرژی به ساختارهای دیگر سلول‌های گیاه و فعال نمودن آنها تعیین می نماید (۳).

اثرات مثبت میدان مغناطیسی در بیوسنتز پروتئین‌ها، تکثیر سلول، فعالیتهای بیوشیمیایی، میزان تنفس، فعالیت آنزیم ها، میزان اسید نوکلئیک و دوره رشد و نمو نشان داده شده است (۶). گارسیا و آرزا (۱۳) افزایش سرعت جذب آب و جوانه‌زنی را در بذور کاهوی در معرض میدان مغناطیس۱۰-۱ میلی تسلا مشاهده نمودند. آنها بیان نمودند که ممکن است تغییرات در سطوح داخل سلول، تراکم یون کلسیم و یونهای دیگر نظیر پتاسیم، سرتاسر غشاء سلولی باعث تغییر

۱،۲و۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hasanfeizi@yahoo.com)
۳- عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی تربت حیدریه

در فشار اسمزی و قدرت بافتهای سلول برای جذب شوند. ساخنینی (۲۵) افزایش جوانه‌زنی و طول ریشه چه بذور تیمارشده لوبیا با میدان مغناطیس را در غلظت های مختلف کلرید کلسیم مشاهده نمود. وی بیان نمود که کاربرد میدان مغناطیسی ممکن است بر جریان کلسیم تاثیر گذارد. مون و سوک (۲۲) افزایش درصد جوانه‌زنی بذور گوجه-فرنگی را در اثر پیش تیمار کوتاه مدت بذور با میدان الکتریکی و مغناطیسی مستقیم مشاهده نمودند. میگ یانگ و همکاران (۲۱) گزارش کردند که قدرتهای مختلف تیمار مغناطیس، درصد سبز شدن بذور گوجه‌فرنگی را بین ۲۸-۸ درصد افزایش داد که ممکن است به علت اثرات بازدارندگی از خسارت آفات و بیماری‌ها باشد. مارتینز و همکاران (۱۹) نشان دادند که تیمارهای مغناطیسی باعث کاهش معنی دار MGT بذرهای گوجه فرنگی شد و فقط تیمارهای میدان مغناطیسی با قدرت ۱۲۵ و ۲۵۰ میلی تسلا به میزان یک دقیقه اثری روی بذرها نداشتند. بیشترین اثر در تیمارهای ۲۵۰ میلی تسلا به صورت دایم و ۲۴ ساعت در معرض میدان مغناطیسی به دست آمد. آنها اظهار داشتند سرعت جوانه زنی و طول گیاهچه ها در تیمار مغناطیس نسبت به شاهد بطور معنی‌داری افزایش یافت.

گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) در بین صیفی جات بعد از سیب زمینی دومین سطح زیر کشت را در جهان داراست. گوجه فرنگی گیاهی گرمسیری و روز خنثی است که ۱۲۰-۹۰ روز بدون یخبندان با میانگین درجه حرارت بالای ۱۶ درجه سانتیگراد نیاز دارد (۱۵). سطح زیر کشت گوجه فرنگی در ایران در سال ۱۳۸۷ برابر ۱۳۰ هزار هکتار و در خراسان رضوی نزدیک به ۱۶ هزار هکتار بود (۱). با توجه به ضعیف بودن بذر گوجه فرنگی در مرحله جوانه زنی و قیمت بالای آن، بهبود قدرت جوانه زنی و سبزشدن آن در خزانه و در روش کشت مستقیم بذر در مزرعه، تاثیر بسزایی در استقرار گیاهچه‌ها و کاهش هزینه های تهیه بذر دارد. بنابراین هدف از آزمایش حاضر بررسی امکان بهبود صفات جوانه‌زنی و بنیه بذر گوجه فرنگی با استفاده از میدان مغناطیسی و هیدروپرایمینگ بود.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تاثیر میدان مغناطیسی و هیدروپرایمینگ بر جوانه زنی بذر گوجه فرنگی رقم پتوارلی سی اچ، آزمایشی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو فاکتور هیدروپرایمینگ و میدان مغناطیسی بودند. هیدروپرایمینگ شامل دو سطح خیساندن بذرها در آب مقطر به مدت ۵ ساعت و استفاده از بذر خشک و سطوح میدان مغناطیسی شامل قراردادن بذرها در معرض میدان مغناطیسی ثابت ۱۵ میلی تسلا به مدت ۵، ۱۵ و ۲۵ دقیقه، میدان مغناطیسی ثابت به قدرت ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵، ۱۵ و ۲۵ دقیقه، تیمار میدان مغناطیس دایم با شدت ۳ میلی تسلا و تیمار شاهد (بدون قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و هیدروپرایمینگ) بودند. بنابراین آزمایش با تعداد ۱۶ تیمار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. جهت اعمال تیمار میدان مغناطیسی از مگنت‌هایی به ابعاد ۲/۳×۵× ۲/۵ سانتی متر برای قدرت ۱۵ میلی تسلا و ابعاد ۸/۴×۱۰/۹× ۲/۸ سانتی متر برای ایجاد میدان مغناطیسی ۲۵ میلی تسلا استفاده شد. هر مگنت شامل دو قطعه بود (به صورت جفت) که در حالت دافعه (قطب های همنام روبروی هم) نسبت به هم قرار داشتند. بذرها بصورت دسته ۱۰۰ تایی در داخل یک لوله نازک شفاف پلاستیکی در بین قطب‌های آهنربا با شدت میدان مغناطیسی و زمان لازم قرار گرفتند و سپس بصورت دسته‌های ۲۵ تایی در پتری دیش‌ها قرار داده شدند. جهت اعمال تیمار میدان مغناطیسی دایم بر روی بذرها، از قطعات نوارهای آهنربا (با ابعاد ۱×۵ سانتی متر) با قدرت ۳ میلی تسلا در زیر هر پتری دیش با فاصله یک سانتی متر از هم استفاده شد و بذرها در داخل پتری دیش در فاصله بین نوارها قرار داده شدند. شدت میدان مغناطیسی مگنت‌ها توسط دستگاه تسلامتر مدل Leybold- Heraeus 51652 ساخت آلمان در آزمایشگاه فیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد اندازه-گیری شد. واحد آزمایشی شامل یک عدد پتری دیش استریل با محیط کشت از نوع کاغذ صافی بود. عمل ضدعفونی کردن بذرها با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ (۶۰ ثانیه) انجام شد. پس از ضدعفونی کردن، بذور سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. در زمان کاشت بذرها، پتری دیش‌ها در شرایط دمایی ۱±۲۴ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه زده به مدت ۱۴ روز در زمان مشخص انجام گرفت. بذرهایی که طول ریشه چه آنها بیش از ۲ میلی‌متر بود به عنوان بذرهای جوانه زده شمارش شدند (۱۶). در روز آخر تعداد گیاهچه های عادی شمارش و نیز طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه اندازه گیری شدند. جهت تعیین متوسط زمان جوانه زنی[1] (MGT) از رابطه زیر استفاده شد (۲۰):

$$MGT = \frac{\sum(F.X)}{F\sum}$$

که در آن MGT: متوسط زمان جوانه زنی (روز)
F: تعداد بذر جدید جوانه زده در روز X
X : روز می باشد.

جهت محاسبه شاخص بنیه[2] بذر از رابطه زیر استفاده شد (۲۶):

1 - Mean germination time
2 - Vigour index

شاخص بنیه = درصد جوانه زنی × طول گیاهچه (ساقه چه+ ریشه چه)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزارهای MSTAT-C و Excel انجام شد و میانگین ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح هیدروپرایمینگ بر صفات مورد مطالعه به جز درصد جوانه‌زنی و درصد بذر نرمال تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول۱). همچنین تیمارهای میدان مغناطیسی و برهمکنش هیدروپرایمینگ و میدان مغناطیسی تاثیر معنی داری بر درصد جوانه زنی و درصد بذرهای نرمال نداشتند ولی صفات دیگر به طور معنی داری تحت تاثیر آن‌ها قرار گرفتند (جدول۱).

نتایج نشان داد که تیمار هیدروپرایمینگ بذر به طور معنی‌داری بر اغلب صفات مورد ارزیابی تاثیر داشت. خیساندن بذر قبل از کاشت باعث کاهش معنی‌دار متوسط زمان جوانه زنی (MGT) گردید. همچنین طول ریشه چه از ۶/۶۸ به ۷/۵۹ سانتی متر افزایش یافت که معادل ۱۴ درصد افزایش نسبت به بذر خشک بود. طول ساقه‌چه و طول گیاهچه نیز بترتیب به میزان ۷ و ۱۲ درصد افزایش یافت (جدول۲). شاخص بنیه بذر نیز در تیمار خیساندن بذر به میزان ۱۳ درصد نسبت به تیمار بذر خشک افزایش نشان داد. فاقنابی و همکاران (۱۱) در گلرنگ افزایش درصد سبزشدن و عملکرد را در اثر تیمار هیدروپرایمینگ گزارش نمودند.

تیمارهای میدان مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی و درصد بذرهای نرمال تاثیر معنی داری نشان ندادند (جدول۳) اما تیمارهای میدان مغناطیسی ۳ میلی تسلا به صورت دایم و ۱۵ میلی تسلا به مدت ۲۵ دقیقه کمترین زمان جوانه‌زنی را نشان دادند. تیمار دایم میدان مغناطیسی با شدت ۳ میلی تسلا باعث کاهش متوسط زمان جوانه زنی به میزان ۶۲ درصد شد. پس از آن تیمارنمودن بذر با میدان مغناطیسی با شدت ۱۵ میلی تسلا و زمان ۲۵ دقیقه متوسط زمان جوانه زنی را ۳۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول۳). مارتینز و همکاران (۱۹) نشان دادند که تیمار مغناطیسی باعث کاهش معنی‌دار MGT بذرهای گوجه فرنگی شد. بیشترین اثر در تیمارهای ۲۵۰ میلی تسلا بصورت دایم و ۲۴ ساعت در معرض میدان مغناطیسی به دست آمد. واشیت و نگاراجان (۲۶) نیز بر روی آفتابگردان نشان دادند که تیمار نمودن بذر با میدان مغناطیسی در دامنه ۵۰ تا ۲۵۰ میلی تسلا به میزان ۴-۱ ساعت باعث افزایش جوانه زنی به میزان ۱۱-۵ درصد و سرعت جوانه زنی به میزان ۱۵-۹ درصد گردید. به نظر می‌رسد فعالیت بیشتر آنزیم‌های هیدرولیزکننده ممکن است مسئول جوانه زنی سریع و بهبود بنیه بذر و خصوصیات ریشه‌ای بهتر در بذرهای تیمار شده با میدان مغناطیسی باشد (۲۶).

کاربرد میدان مغناطیسی با شدت ۳ میلی تسلا بصورت دایم و شدت ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ دقیقه بترتیب باعث افزایش طول ریشه چه به میزان ۲۹ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد شدند.

جدول۱- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	متوسط زمان جوانه زنی	درصد بذر نرمال	طول ریشه	طول ساقه	طول کل گیاهچه	شاخص بنیه
هیدروپرایمینگ (a)	۱	۶/۲۵^{ns}	۰/۵۰۱*	۶/۲۵^{ns}	۱۳/۲۳۱**	۰/۵۰۲**	۱۸/۹۲۲**	۱۸۵۲۸۹**
میدان مغناطیسی (b)	۷	۲۰/۵۳۶^{ns}	۲/۲۹۶**	۹۱/۶۷۹^{ns}	۳/۴۲۵**	۰/۷۴۱**	۷/۱۴۳**	۵۹۸۸۵**
a*b	۷	۴۳/۳۹۳^{ns}	۰/۱۷۳*	۱۵۹/۹۶۴^{ns}	۱/۷۰۸*	۰/۲۳۴**	۲/۱۸۳*	۲۲۵۸۰*
خطا	۴۸	۶۴/۰۵۶	۰/۱۴۸	۳۱۵/۵۲۳	۱/۱۱۶	۰/۰۶۶	۱/۲۷۸	۱۷۲۱۶
ضریب تغییرات ٪	-	۶/۴۲	۸/۱	۱۴/۴۹	۱۱/۵۴	۱۰/۳۱	۹/۲۳	۱۱/۳۳

** و *: به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns عدم معنی داری را نشان می دهد.

جدول ۲- تاثیر هیدروپرایمینگ بر صفات جوانه زنی بذرهای گوجه فرنگی

تیمار	جوانه زنی درصد	متوسط زمان جوانه‌زنی(روز)	بذر نرمال درصد	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	شاخص بنیه
بذر خیس شده	۹۲/۶ a*	۳/۷۰b	۸۸/۳ a	۷/۵۹ a	۲/۵۱ a	۱۰/۱ a	۹۳۶/۳ a
بذر خشک	۹۲ a	۳/۸۷ a	۸۹/۹ a	۶/۶۸ b	۲/۳۴ b	۹/۰ b	۸۲۸/۷ b

*: اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵٪) اختلاف معنی داری با هم ندارند.

همچنین طول ساقه‌چه نیز در این تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان داد. افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این تیمارها باعث شد تا طول کل گیاهچه در آنها به طور معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها افزایش نشان دهد (جدول۳). افزایش طول گیاهچه در تیمارهای ۳ میلی تسلا دایم و ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ دقیقه به ترتیب برابر با ۳۳ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد بود. مطالعات محققان دیگر نشان داد که میدان مغناطیسی باعث افزایش فعالیت آنزیمهای هیدرولیزکننده نظیر آلفا آمیلاز، دهیدروژناز و پروتئاز شده که این امر به جوانه زنی سریع‌تر و بهبود بنیه بذر و خصوصیات بهتر ریشه‌چه در بذرهای تیمار شده منجر می شود (۲۶). این عوامل در نهایت به استقرار سریعتر بوته‌ها و بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد منتهی می گردد. دی سوزا و همکاران (۸) افزایش میانگین وزن میوه، عملکرد میوه در بوته و در واحد سطح و وزن خشک کل گوجه‌فرنگی را با پیش تیمار بذور با میدان مغناطیسی گزارش نمودند. بیتونتی و همکاران (۵) نشان دادند که قرارگیری گیاهچه های ذرت در میدان الکترومغناطیسی دایم به مدت ۳۰ ساعت، سرعت طویل شدن ریشه را ۳۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. مطالعات بر روی سلول های مریستمی گیاهان نشان داده است که میدان مغناطیسی عاملی است که بر متابولیسم طبیعی سلول و تقسیم سلولی اثر می‌گذارد (۱۲).

اثر متقابل هیدروپرایمینگ و میدان مغناطیسی نشان داد که متوسط زمان جوانه زنی (MGT) در تیمارهای میدان مغناطیسی دایم در هر دو شرایط بذر خشک و پرایم شده در کمترین حد بود و پس از آن تیمار ۲۵ میلی تسلا به مدت ۲۵ دقیقه کمترین MGT را نشان داد (جدول۴). تیمار میدان مغناطیسی ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ دقیقه کمترین و تیمار دایم میدان مغناطیسی در شرایط هیدروپرایمینگ و تیمار ۱۵ میلی تسلا به مدت ۲۵ دقیقه در شرایط بذر خشک بالاترین بذرهای نرمال را نشان دادند. اما در مورد صفاتی چون طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و شاخص بنیه تیمارهای میدان مغناطیسی دایم و تیمار ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ دقیقه بیشترین مقدار را نشان دادند. قرار دادن بذور در مدت کوتاه در معرض میدان مغناطیسی به تشدید سبزشدن و رشد گیاهچه کمک می‌کند. چنین گیاهانی دارای ریشه‌های عمیق‌تر و قدرت رشد بالاتری نسبت به بقیه هستند. تیمار بذور با میدان مغناطیسی به افزایش سرعت رشد گیاه، بیوسنتز پروتئین ها و توسعه ریشه منجر می‌گردد (۷، ۱۴ و ۲۳). واشیت و نگاراجان (۲۶) بر روی آفتابگردان نشان دادند که تیمار نمودن بذر با میدان مغناطیسی، طول ساقه چه را ۴۱-۶ درصد، طول ریشه چه را ۸۰-۱۶ درصد، طول گیاهچه را ۵۷-۱۲ درصد، و شاخص بنیه بذر را ۷۴-۱۸ درصد افزایش داد. همچنین قرار گرفتن بذور غیر استاندارد در معرض میدان مغناطیس باعث افزایش جوانه‌زنی و بهبود کیفیت و رشد سریعتر گیاهان پس از جوانه‌زنی می‌گردد (۲). اربابیان و همکاران (۴) اظهار داشتند آنزیم‌ها در طی جوانه‌زنی در بذور پیش تیمار شده با میدان مغناطیسی افزایش می‌یابند. میدان مغناطیسی pH دیواره سلولی را کاهش داده و خواب بذر را از بین می‌برد. همچنین آن بر متابولیسم سلول‌های مریستمی تاثیر می‌گذارد. میدان مغناطیسی مناسب، جذب و آسیمیلاسیون عناصر غذایی را افزایش داده و فعالیتهای فتوسنتزی را بهبود می‌بخشد (۱۷).

جدول۳ - تاثیر تیمارهای میدان مغناطیسی بر صفات جوانه‌زنی بذرهای گوجه‌فرنگی

میدان مغناطیسی (میلی تسلا)	زمان (دقیقه)	درصد جوانه زنی	متوسط زمان جوانه زنی (روز)	درصد بذر نرمال	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	شاخص بنیه
	۵	۹۴ a*	۳/۸۷ ab	۸۲ a	۷/۰۶ b	۲/۳۹ bc	۹/۴۵ b	۸۹۰ bc
۱۵	۱۵	۹۰a	۴/۱۷ a	۸۶/۵ a	۶/۸۹ b	۲/۴۴ bc	۹/۳۴ b	۸۴۱ c
	۲۵	۹۲ a	۳/۷۲ b	۹۰ a	۶/۹۲ b	۲/۴۰ bc	۹/۳۲ b	۸۵۵ bc
	۵	۹۰a	۳/۹۲ ab	۸۷/۵ a	۸/۰۱ a	۲/۶۲ b	۱۰/۶۴ a	۹۵۸ ab
۲۵	۱۵	۹۱ a	۴/۱۱ a	۸۸ a	۶/۷۳ b	۲/۱۸ cd	۸/۹۱ b	۸۱۴ c
	۲۵	۹۴ a	۳/۹۲ ab	۹۲/۵ a	۶/۷۹ b	۲/۲۱ cd	۹/۰۱ b	۸۵۲ bc
۳	دایم	۹۳ a	۲/۵۱ c	۹۲ a	۶/۲۸ a	۳/۰۵ a	۱۱/۳۳ a	۱۰۵۷ a
شاهد	–	۹۳ a	۴/۰۶ ab	۹۰ a	۶/۴۱ b	۲/۱۰ d	۸/۵۱ b	۷۹۳ c

*: اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵٪) اختلاف معنی داری با هم ندارند.

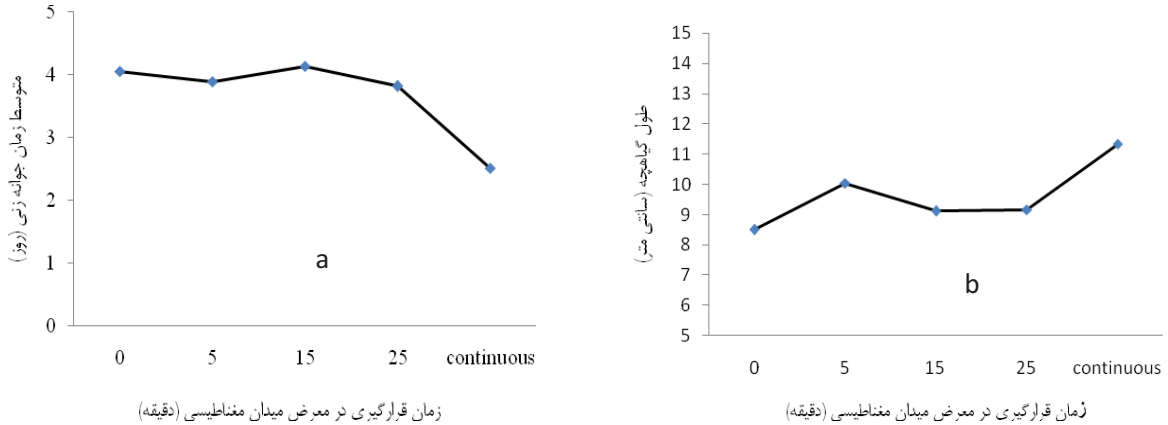
جدول ٤- اثر متقابل پیش تیمار بذر و میدان مغناطیسی بر صفات جوانه زنی بذرهای گوجه‌فرنگی

تیمار		درصد جوانه زنی	متوسط زمان جوانه زنی (روز)	درصد بذر نرمال	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	شاخص بنیه
بذر خیس	T_1	۹۲ a*	۳/۸۱ bcd	۷۲ a	۷/۵۹ b	۲/۴۷ bcde	۱۰/۰۶ bc	۹۳۲ bc
	T_2	۹۳ a	۴/۳۰ ab	۹۰ a	۷/۰۳ b	۲/۵۷ bc	۹/۶۰ bcd	۸۹۴ cd
	T_3	۹۱ a	۳/۴۷ d	۸۹ a	۷/۱۵ b	۲/۴۰ bcde	۹/۵۵ bcd	۸۶۴ cd
	T_4	۸۸ a	۳/۶۶ cd	۸۷ a	۹/۳۵ a	۲/۷۲ b	۱۲/۰۷ a	۱۰۶۱ b
	T_5	۹۳ a	۳/۸۹ abcd	۹۱ a	۷/۲۰ b	۲/۱۵ def	۹/۳۴ bcd	۸۶۷ cd
	T_6	۹۴ a	۳/۸۴ abcd	۹۱ a	۷/۱۹ b	۲/۰۷ ef	۹/۲۶ bcd	۸۷۱ cd
	T_7	۹۷ a	۲/۵۷ e	۹۶ a	۹/۰۵ a	۳/۴۹ a	۱۲/۵۳ a	۱۲۱۴ a
	T_8	۹۳ a	۴/۰۵ abc	۹۰ a	۶/۱۹ b	۲/۲۴ cdef	۸/۴۲ d	۷۸۸ cd
بذر خشک	T_1	۹۶ a	۳/۹۴ abcd	۹۲ a	۶/۵۳ b	۲/۳۱ bcdef	۸/۸۴ bcd	۸۴۸ cd
	T_2	۸۷ a	۴/۰۵ abc	۸۳ a	۶/۷۵ b	۲/۳۲ bcdef	۹/۰۷ bcd	۷۸۹ cd
	T_3	۹۳ a	۳/۹۸ abc	۹۱ a	۶/۶۹ b	۲/۴۰ bcde	۹/۰۹ bcd	۸۴۵ cd
	T_4	۹۳ a	۴/۱۸ ab	۸۸ a	۶/۶۸ b	۲/۵۲ bcd	۹/۲۰ bcd	۸۵۵cd
	T_5	۹۰ a	۴/۳۳ a	۸۵ a	۶/۲۶ b	۲/۲۲ cdef	۸/۴۸ d	۷۶۱ d
	T_6	۹۵ a	۳/۹۹ abc	۹۴ a	۶/۴۰ b	۲/۳۶ bcdef	۸/۷۶ bcd	۸۳۳ cd
	T_7	۸۹ a	۲/۴۵ e	۸۸ a	۷/۵۲ b	۲/۶۱ bc	۱۰/۱۳ b	۹۰۱ cd
	T_8	۹۳ a	۴/۰۸ abc	۹۰ a	۶/۶۴ b	۱/۹۶ f	۸/۵۹ cd	۷۹۸ cd

*: اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵٪) اختلاف معنی داری با هم ندارند.

(T_1 , T_2 ,T_3: بترتیب میدان مغناطیسی ۱۵ میلی تسلا به مدت ۵ ، ۱۵ و ۲۵ دقیقه، T_4 , T_5 ,T_6: بترتیب میدان مغناطیسی ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ ، ۱۵ و ۲۵ دقیقه، T_7: میدان مغناطیسی ۳ میلی تسلا به صورت دایم، T_8: شاهد بدون اعمال میدان مغناطیسی)

روند تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی در زمان‌های مختلف تیمار میدان مغناطیسی نشان داد که با افزایش زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی، میانگین زمان جوانه زنی به طور میانگین روند کاهشی نشان داد به طوری که قراگیری بذرها در میدان مغناطیسی دایم با قدرت ۳ میلی تسلا کمترین MGT را نشان داد (شکل ۱a). اما روند تغییرات میانگین طول گیاهچه با افزایش زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی روند افزایشی نشان داد (شکل ۱b) و بیشترین طول گیاهچه به میزان ۱۱/۳۳ سانتی متر در تیمار میدان مغناطیسی دایم مشاهده شد که این مقدار معادل ۳۳ درصد افزایش نسبت به شاهد بود. اما تحقیقات راکوسیو و همکاران (۲۴) کاهش رشد و رنگدانه های فتوسنتزی ذرت را در زمان های طولانی تر میدان قوی مغناطیسی نشان داد.



شکل۱- روند تغییرات میانگین زمان جوانه زنی (a) و طول گیاهچه (b) گوجه فرنگی در زمان های مختلف تیمار میدان مغناطیسی

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده استفاده از میدان مغناطیسی جهت تحریک رشد اولیه بذرهای گوجه‌فرنگی امکان پذیر است. میدان مغناطیسی باعث کاهش میانگین زمان جوانه زنی بذر شد، به عبارت دیگر سرعت جوانه‌زنی را بطور معنی‌داری افزایش داد. اما تیمار میدان مغناطیسی بر درصد نهایی جوانه‌زنی تاثیر معنی‌داری نداشت. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و شاخص بنیه بذر به طور معنی‌داری در اثر تیمار با میدان مغناطیسی افزایش یافت و تیمار میدان مغناطیسی ۳ میلی تسلا دایم و ۲۵ میلی تسلا به مدت ۵ دقیقه بیشترین تاثیر را بر صفات مذکور داشتند. همچنین اثرات میدان مغناطیسی در شرایط خیساندن بذر تشدید گردید. خیساندن بذر بر تمامی صفات مورد ارزیابی به جز درصد جوانه‌زنی و درصد بذر نرمال تاثیر مثبت داشت. بنابراین به نظر می رسد میدان مغناطیسی همراه با خیساندن بذر، نقش مهمی در بهبود جوانه زنی و تسریع رشد اولیه بذر گوجه‌فرنگی ایفا می نماید.

منابع

۱- سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی. ۱۳۸۸. معاونت برنامه ریزی و اموراقتصادی. اداره آمار، فناوری اطلاعات و تجهیز شبکه. رتبه‌بندی محصولات زراعی و باغی به تفکیک شهرستان در سال زراعی ۱۳۸۷. ۵۷ صفحه.

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

3- Aladjadjiyan A. 2010. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. International Agrophysics, 24:321-324.

4- Arbabian S., Majd A., Falahian F., and H. Samimi. 2001. The effect of magnetic field on germination and early growth in three varieties *Arachis hypogaea*. Journal of Biological Science, 2:3227-3535.

5- Bitonti M.B., Mazzuca S., Ting T., and Innocenti A.M. 2006. Magnetic field affects meristem activity and cell differentiation in *Zea mays* roots. Plant Biosystems, 140(1):87 – 93.

6- 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

7- Chao L., and Walker D.R. 1967. Effect of a magnetic field on the germination of apple, apricot, and peach seeds. Horticultural Science, 2:152–153.

8- De Souza A., Garcí D., Sueiro L., Gilart F., Porras E., and Licea L. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. Bioelectromagnetics, 27:247-257.

9- 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 Agricultural Biological Sciences, 5:161-166.

10-Faqenabi F., Tajbakhsh M., Bernooshi I., Saber-Rezaii M., Tahri F., Parvizi S., Izadkhah M., Hasanzadeh Gorttapeh A., and Sedqi H. 2009. The effect of magnetic field on growth, development and yield of safflower and its comparison with other treatments. Research Journal Agricultural Biological Sciences, 4:174-178.

11-Florez M., Carbonell M.V., and Martinez E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environmental Experimental Botany, 59:68–75.

12-Fomicheva V.M., Zaslavskii V.A., Govarun R.D., and Danilov V.I. 1992. Dynamics of RNA and protein synthesis in the cells of the root meristem of the pea, lentil and flax. Biophysics, 4(37), 649–656.

13-Garcia R.F., and Arza P.L. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations. Bioelectromagnetics, 22:589–595.

14-Gubbels G.H. 1982. Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after preceding magnetic treatment. Canadian Journal of Plant Science, 62:61–64.

15-Heuvelink E. 2005. Tomatoes. CABI international publishing. 339 p.

16-ISTA. 2009. ISTA rules. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.

17-Kavi P.S. 1977. The effect of magnetic treatment of soybean seed on its moisture absorbing capacity. Science Culture, 43:405–406.

18-Kordas L. 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the yield of spring wheat. Polish Journal Environment Studies, 11:527-530.

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

20-Matthews S., and Khajeh-Hosseini M. 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). Seed Science Technology, 35:200-212.

21-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.

22-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.
23-Phirke P.S., and Umbarkar S.P. 1998. Influence of magnetic treatment of oilseed on yield and dry matter. PKV Research Journal, 22:130–132.
24-Racuciu M., Creanga D., and Horga I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Romania Journal Physics, 53: 353–359.
25-Sakhnini L. 2007. Influence of Ca^{2+} in biological stimulating effects of AC magnetic fields on germination of bean seeds. Journal Magnetism and Magnetic Materials, 310:1032–1034.
26-Vashisth A., and Nagarajan S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal Plant Physiology, 167:149-156.
27-Vasilevski G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal Plant Physiology, Special Issue. 179–186.