اثر جریان کم میدان مغناطیسی به همراه آب مغناطیسی در کنترل بیماری پژمردگی فوزاریومی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی

Low magnetic field effect with magnetic water on the control of Fusarium wilting of seedlings of tomatoes

آرش مؤمنی[1]* و ساغر کتابچی[2]

دریافت: ۱۳۹۵/۴/۳ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۲

چکیده

بیماری پژمردگی فوزاریومی گیاهچه گوجه فرنگی حاصل از *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گوجه‌فرنگی در ایران و سراسر جهان محسوب می‌شود. میدان‌های مغناطیسی به عنوان یک عامل محیطی با تأثیر معنی‌دار بر عملکرد و رشد گیاهان در نظر گرفته می‌شوند. برهم کنش میدان مغناطیسی و زمان استقرار بذر گیاه در این میدان، در ارتقاء ویژگی‌های رشدی گیاه به شدت مؤثر است. همچنین درصورت ایجاد ترکیب مناسبی از میدان مغناطیسی و زمان استقرار، پدیده‌ای شبیه به رزونانس منجر به افزایش انرژی داخلی بذرها می شود و در نتیجه امکان دریافت محصول بیش‌تر وجود دارد. قطب شمال مغناطیسی باعث افزایش رشد گیاه و قطب جنوب مغناطیسی مانع از رشد و نمو می‌شود. در این پژوهش با استفاده از یک دستگاه پدید آورنده میدان مغناطیسی سه بعدی X. Y. Z (مانند دستگاه MRI پزشکی با طول موجی بی‌خطر)، بذر و گیاهچه گوجه‌فرنگی با تیمارهای مختلف مغناطیسی گردید. بهترین نتیجه در شرایطی حاصل شد که بذر به صورت غوطه‌ور در آب مغناطیسی سه بعدی ۰/۷ میلی‌تسلا در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۴ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد.

واژگان کلیدی: میدان مغناطیسی، پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی، کنترل

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین – پیشوا، تهران، ایران
۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران
نویسنده مسئول مکاتبات: Lifeisbeautiful67900@gmail.com

مقدمه

گیاهان از پیش تیمار شده با میدان‌های مغناطیسی در مقابل عوامل محیطی مضر مقاوم‌تر هستند. به‌طورکلی، نهال‌هایی که از بذرهای قرار گرفته تحت میدان مغناطیسی می‌رویند، بلندتر و سنگین‌تر از گروه شاهد تیمار نشده بودند (Nelson, 1999). میدان مغناطیسی به عنوان یک عامل محیطی شناخته شده که بر ظهور ژن تاثیر می‌گذارد (Falistocco and Tosti, 1995). مشخص شده که میدان مغناطیسی بر بازترکیب جفت رادیکال تاثیر گذاشته و ممکن است غلظت رادیکال‌های آزاد اکسیژن را در سلول‌های زنده افزایش دهد (Krishnan and Berlage, 1986).

گیاهان برای رشد مطلوب و فرآیند فتوسنتز نیاز به جذب آب و موادغذایی از خاک دارند. عمده مواد غذایی موجود در خاک توسط گیاهان استفاده نمی‌شوند (Aksenon *et al.*, 1997). تحقیقات نشان می‌دهد که اعمال میدان مغناطیسی بر گیاهان باعث خواهد شد که گیاه از درصد بالاتری از مواد غذایی موجود در خاک بهره برده و بدین ترتیب از رشد بهتری برخوردار باشد (Alexander and Ganeshans, 1990). اثرات مثبت میدان مغناطیسی در بیوسنتز پروتئین‌ها، تکثیر سلول، فعالیت‌های بیوشیمیایی، میزان تنفس، فعالیت آنزیم‌ها، میز ان اسیدنوکلئیک و دوره رشد و نمو نشان داده شده است (Florez, 2007).

هنگام آبیاری گیاهان با آب معمولی مقدارکمی از عناصر غذایی درآب حل می‌شوند (لسانی، ۱۳۷۴). زمانی که گیاه با آب سخت و بدون اثر مغناطیس آبیاری شود، لایه‌ای سفید و سخت از بیکربنات کلسیم وکربنات‌ها روی سطح خاک تشکیل می‌شود (لسانی، ۱۳۸۱). در نتیجه گیاه مجبور است برای ادامه زندگی خود ریشه‌های اضافی تولید کند که این روند رشد طبیعی گیاه را به خاطر صرف انرژی اضافی مختل می‌کند (Shabrangi *et al.*, 2011). به خاطر نقش مهم گیاهان، مطالعه عوامل محیطی تاثیرگذار بر رشد گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است. امروزه تاثیرات میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. بهبود عملکرد دانه به وسیله میدان مغناطیسی ساکن، روش اکولوژی بی‌خطری را برای جایگزین کردن به جای کودهای شیمیایی به وجود می‌آورد (Sperber *et al.*, 1981). پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی با عامل *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گوجه‌فرنگی در ایران و سراسر جهان به شمار می‌رود. میدان‌های مغناطیسی به عنوان یک عامل محیطی در نظر گرفته می‌شوند که تاثیرات معنی‌داری را بر عملکرد و رشد گیاهان می‌گذارند (Noriyuki and Kitazawa, 1999). برهم کنش میدان مغناطیسی و زمان در معرض‌گذاری بذر گیاه در این میدان، در ارتقاء ویژگی‌های رشد به شدت موثر بوده است (Burtebayeva *et al.*, 2003). همچنین یک پدیده شبیه رزونانس که انرژی داخلی بذرها را افزایش می‌دهد، هنگامی رخ می‌دهد که ترکیب مناسبی از میدان مغناطیسی و زمان در معرض بودن وجود داشته باشد. بنابراین امکان رسیدن به محصول بیشتر و عاری از بیماری وجود دارد (German, 1988).

مواد و روش

برای مایه‌زنی گیاهان با بیمارگرهای فوزاریومی، جدایه‌های قارچ در محیط کشت PDA و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۱۲ ساعت روشنایی در شبانه روز به مدت ۷ تا ۱۰ روز قرار داده شدند. برای تهیه سوسپانسیون اسپور، ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون روی محیط مذکور ریخته شده و با شستشوی سطح تشتک پتری با آب مخلوط با توئین، اسپورها از سطح تشتک پتری جمع‌آوری گردید (Bhattacharjee and Saito, 2002).

برای مایه‌زنی، ریشه‌های گیاهچه‌های ۵-۴ برگی گوجه‌فرنگی بعد از شستشو با جریان آب معمولی به مدت ۱/۵ دقیقه درون سوسپانسیون اسپور غوطه‌ور شدند (خوشخوی، ۱۳۷۵).گیاهچه‌ها در گلدان‌هایی که یک روز قبل خاک آن-ها آبیاری شده بود، کشت شدند. ریشه گیاهچه‌های شاهد نیز به مدت ۱/۵ دقیقه در آب مقطر استریل فرو برده شده و سپس در گلدان‌ها کشت گردید. گیاهچه‌های مایه‌زنی شده به طور مداوم برای ظهور علایم آلودگی مورد بررسی قرار گرفتند (Moore, 1999). بذور گوجه فرنگی پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت یک دقیقه و سه بار شستشو با آب مقطر سترون، در خاک اتوکلاو شده کشت گردید و در حرارت ثابت با شرایط دمای

۲۶ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۹ درجه سانتی‌گراد در شب و تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند (خوشخوی، ۱۳۷۵).

گیاهچه‌ها بعد از رشد به آرامی از خاک خارج و پس از شستشوی قسمت ریشه با آب مقطر سترون، نصف طول ریشه به مدت ۵ دقیقه درون مایه تلقیح با غلظت 10^6 اسپور در میلی‌لیتر قرار گرفت. سپس گیاهچه‌های تیمار شده به گلدان حاوی خاک سترون شامل نسبت‌های مساوی خاک زراعی، شن و خاک برگ منتقل شدند (لسانی، ۱۳۸۱).

برای گیاهچه‌های شاهد به جای سوسپانسیون اسپور، از آب مقطر استریل استفاده گردید.

بذرهای گوجه‌فرنگی به دو گروه تقسیم شدند و در سینی کشت نشاء به مدت ۶۰ دقیقه در میدان مغناطیسی قرار داده شدند:

الف) بذرهای گوجه‌فرنگی گروه اول: در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه

ب) بذرهای گوجه‌فرنگی گروه دوم: در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه

بعد از ۶۰ دقیقه، میدان مغناطیسی قطع شد و زمانی که بذرها به مرحله گیاهچه دو برگی رسیدند به گلدان منتقل شوند. سپس در مرحله‌ای که گیاه در گلدان به مرحله ۵-۴ برگی رسید قارچ فوزاریوم به صورت فروبردن ریشه در سوسپانسیون اسپور تلقیح شد.

بذرهای گوجه‌فرنگی بدون اعمال میدان مغناطیسی در سینی کشت نشاء قرار داده شدند. زمانی که بذر به مرحله گیاهچه‌ای ۲ برگی رسید به گلدان منتقل گردید. سپس زمانی که گیاه گوجه‌فرنگی در گلدان به مرحله ۵-۴ برگی رسید قارچ فوزاریوم به صورت فروبردن ریشه در سوسپانسیون اسپور تلقیح شد.

اما در تمامی مراحل ذکر شده، گیاه با آب تحت تیمار مغناطیسی با دو طول موج ۰/۴ و ۰/۷ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه آبیاری شد.

دو گروه بذر گوجه‌فرنگی بدون اعمال میدان مغناطیسی در سینی کشت قرار داده شد. زمانی که بذر به مرحله گیاهچه دو برگی رسید:

الف) گروه اول: گیاهچه‌های دو برگی در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد.

ب) گروه دوم: گیاهچه های دو برگی در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد.

سپس گیاهچه‌های مغناطیسی شده هر گروه را در گلدان کاشته و زمانی که به مرحله ۵-۴ برگی رسیدند قارچ فوزاریوم به صورت فروبردن ریشه در سوسپانسیون اسپور تلقیح شد (Atak *et al*., 2003).

در مرحله رسیدگی گیاه برخی پارامترهای مورفولوژیکی مانند طول ریشه اندازه‌گیری شد. ریشه‌های گیاه با دقت جدا شده و طول ریشه با خط-کش در واحد سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

طول ساقه نیز با خط‌کش از ناحیه طوقه تا جوانه انتهایی اندازه‌گیری و ثبت گردید.

در برداشت نهایی، بوته‌های موجود در گلدان‌ها برداشت شدند. بوته‌های داخل کیسه نایلونی به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آن‌ها توسط ترازو مشخص شد. سپس این بوته‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آونی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس نگهداری گردیدند تا خشک شده و وزن خشک آن‌ها نیز تعیین گردید (Paul *et al*., 2006).

در این آزمایش، گیاه سالم به عنوان شاهد، گیاه آلوده به فوزاریوم به عنوان گیاه آلوده شاهد و گیاهان آلوده با تیمار میدان‌های مختلف میدان مغناطیسی هر کدام در ۳ تکرار در نظر گرفته شده‌اند. پس از مشاهده علایم فوزاریوم و در نهایت نابودی کامل گیاه آلوده به فوزاریوم به عنوان گیاه آلوده شاهد، درصد بازدارندگی بیماری به روش (کمال و همکاران، ۲۰۰۹) و (امینی و همکاران، ۲۰۰۹) با در نظر گرفتن معیارهای زیر صورت پذیرفت.

علایم اندام‌های هوایی: ۰=گیاه سالم و مصون از هر گونه بیماری، ۱= ظهور علایم در برگ‌ها اعم از کلروز، پیچیدگی و... به میزان ۲۵ درصد، ۲= ظهور علایم به میزان ۲۶ – ۵۰ درصد، ۳= ظهور علایم به میزان ۵۱-۷۵ درصد، ۴= ظهور علایم به میزان ۷۶-۱۰۰ درصد.

دستگاه تولید کننده میدان مغناطیسی ساخته شده، همانند سیستم ام آر آی پزشکی دارای میدان مغناطیسی سه بعدی می‌باشد. در این دستگاه از هزار و صد متر سیم مسی استفاده شده است. تیمارهای آزمایش که توسط این دستگاه انجام شد عبارتند از: ۱- بذر مغناطیسی شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۷ میلی‌تسلا؛ ۲- بذر مغناطیسی شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۴ میلی‌تسلا؛ ۳- بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی شده ۰/۷ میلی‌تسلا قرار داده شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۴ میلی-تسلا؛ ۴- بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی شده ۰/۴ میلی‌تسلا قرار داده شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۷ میلی-تسلا؛ ۵- گیاهچه مغناطیسی شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۷ میلی‌تسلا؛ ۶- گیاهچه مغناطیسی شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۴ میلی‌تسلا؛ ۷- آبیاری بذر با آب مغناطیسی شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۷ میلی‌تسلا؛ ۸- آبیاری بذر با آب مغناطیسی شده در میدان مغناطیسی سه بعدی ۰/۴ میلی‌تسلا؛ ۹- گیاه شاهد مغناطیسی شده؛ ۱۰- گیاه شاهد معمولی (بدون میدان مغناطیسی).

نحوه محاسبه درصد بازدارندگی

محاسبه درصد بازدارندگی نیز طبق فرمول زیر انجام گرفت :

$$\frac{(Score\times\text{شاهد}) - (Score\times\text{تیمار})}{(Score\times\text{شاهد بالاترین})}\times 100$$

نتایج و بحث

با توجه به نتایج در می‌یابیم که بذرهای بدون اعمال میدان مغناطیسی و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا و ۰/۴ میلی-تسلا در گوجه‌فرنگی آلوده به فوزاریوم در جلوگیری از رشد پاتوژن تاثیری نداشته و از طرفی موجب کاهش شاخص‌های رشدی رویشی شده است. در حالی‌که بذرهای مغناطیسی شده غوطه-ور در آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا قرار گرفته در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا و بذرهای مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا قرار گرفته در میدان مغناطیسی ۰/۴.میلی‌تسلا و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا در جلوگیری از رشد پاتوژن تاثیر بسیار زیادی داشته به گونه‌ای که پاتوژن کوچک‌ترین خسارتی را نداشته است و موجب افزایش شاخص‌های رشد رویشی شده‌اند.

استفاده از میدان مغناطیسی با طول موج مناسب و مدت زمان مناسب، نقش اکولوژیکی مهمی در واکنش‌های دفاعی گیاهان دارند. از نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که بهره‌گیری از میدان مغناطیسی در اکوسیستم‌های کشاورزی روش مناسبی جهت کنترل بیمارگر *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici* در گوجه‌فرنگی و سایر گیاهان می‌باشد.

درصد بازدارندگی

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) در رابطه با اثر آلودگی گیاه گوجه‌فرنگی به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی و گیاه سالم تحت تیمار میدان مغناطیسی بر روی درصد بازدارندگی قارچ فوزاریوم، از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. دو گروه: ۱- بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا قرار داده شد و با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا آبیاری شد؛ ۲- بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا قرار داده شد و با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا آبیاری شد، بیش‌ترین درصد بازدارندگی را داشتند (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد بازدارندگی گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به فوزاریوم تحت تیمار با میدان مغناطیسی اعمال شده بر بذر، گیاهچه و آب

Table 1. Analysis of variance of Fusarium contaminated tomato plant deterioration under treatment with magnetic field applied to seeds, seedlings and water

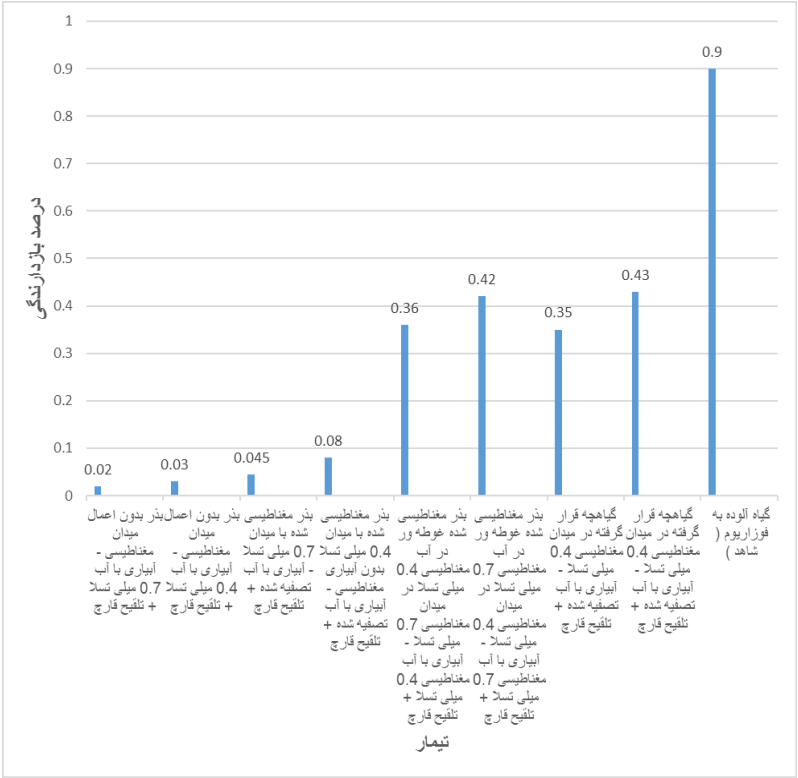
منابع تغییرات Change resources	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F F value	سطح معنی‌دار Significant level
اثر تیمار Treatment effect	5	2359.73	4718.756	90.6	0.01**
خطا Error	6	312.5	520.83		
کل Total	7	23906.25			

** معنی دار در سطح ۱٪ ** Significant at the level of 1%

جدول شماره ۲- مقایسه درصد بازدارندگی گیاهچه گوجه‌فرنگی تحت تیمار میدان مغناطیسی اعمال شده بر بذر، گیاهچه و آب

Table 2. Compare the percent inhibition of tomato seedlings treated with the magnetic field applied to the seed, seedling and water

تیمار Treatment		درصد بازدارندگی Percentage of inhibition
بذر بدون اعمال میدان مغناطیسی و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا + تلقیح قارچ Seed without magnetic field - the magnetic irrigated with water 0.7 mT + inoculum	b	20
بذر بدون اعمال میدان مغناطیسی و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا + تلقیح قارچ Seed without magnetic field - the magnetic irrigated with water 0.4 mT + inoculum	b	15
بذر مغناطیسی شده با میدان ۰/۷ میلی تسلا و آبیاری با آب تصفیه شده + تلقیح قارچ Seed Magnetized with 0.7 mT - Irrigation with Refined Water + inoculum	a	87.5
بذر مغناطیسی شده با میدان ۰/۴ میلی‌تسلا و آبیاری با آب تصفیه شده + تلقیح قارچ Seed Magnetized with 0.4 mT - Irrigation with Refined Water + inoculum	a	67
بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۴ میلی تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا قرار دهده شد و با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا آبیاری شد + تلقیح قارچ Magnetized seed immersed in 0.4 mT magnetic water 0.7mT field - Irrigated with 0.4mT magnetic water + inoculum	a	100
بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا قرار دهده شد و با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا آبیاری شد + تلقیح قارچ Magnetized seed immersed in 0.7 mT magnetic water 0.4mT field - Irrigated with 0.7mT magnetic water + inoculum	a	100
گیاهچه قرار گرفته در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا و آبیاری با آب تصفیه شده + تلقیح قارچ Seedlings in the magnetic field 0.4 mT - irrigation with purified water + inoculum	b	20
گیاهچه قرار گرفته در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا و آبیاری با آب تصفیه شده + تلقیح قارچ Seedlings in the magnetic field 0.7 mT - irrigation with purified water + inoculum	b	25
گیاه آلوده به فوزاریوم (شاهد) Fusarium infected plant (Control plant)	c	0
گیاه سالم (شاهد) Healthy plant (Control plant)	a	100



شکل ۱- مقایسه درصد بازدارندگی گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی اعمال شده روی بذر، گیاهچه و آب

Fig. 1. Comparison of the Fusarium contamination percentage of the Fusarium plant under the treatment of the applied magnetic field on seeds, seedlings and water

طول ساقه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) بین تیمارها در رابطه با اثر گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی و گیاه سالم تحت تیمار میدان مغناطیسی مورد آزمایش در درصد بازدارندگی رشد قارچ فوزاریوم بر طول ساقه گیاه گوجه‌فرنگی از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۱٪ معنی‌دار بوده است.

بذر آلوده به فوزاریوم، که در آب مغناطیسی ۰/۷ میلی تسلا غوطه‌ور شده و در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا قرار گرفته شد و با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا آبیاری شده است، بیش‌ترین طول ساقه را داشت و گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا که با آب تصفیه آبیاری شده است، کم‌ترین طول ساقه را داشت (شکل ۲).

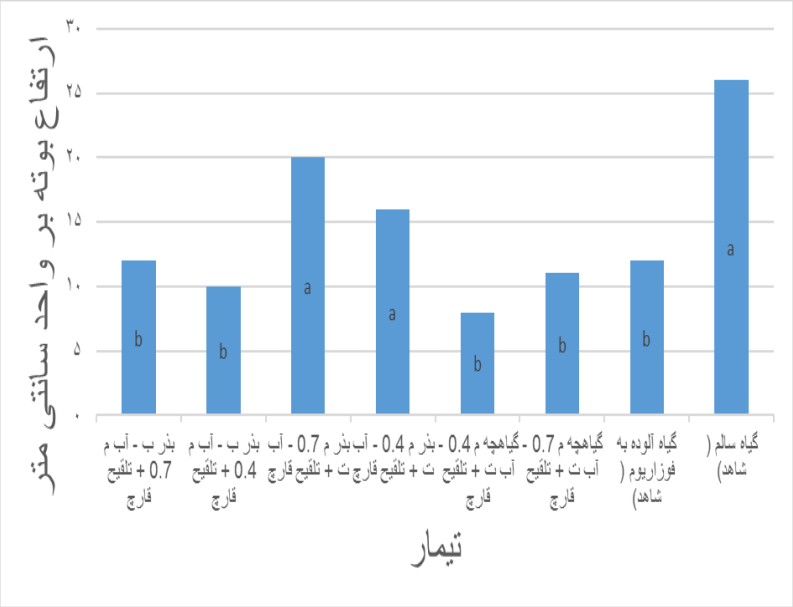
جدول ۳- تجزیه واریانس طول ساقه گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی مورد آزمایش

Table 3. Analysis of the variance of the stem length of the Fusarium infected plant under the treatment of the magnetic field tested

منابع تغییر Change resources	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F F value	سطح معنی دار Significant level
اثر تیمار Treatment effect	10	188.705	18.87	4.856	0.008**
خطا Error	11	42.75	3.886		
کل Total	21	231.455			

**Meaningful at the level of 0.01

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱



شکل ۲- مقایسه طول ساقه گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی اعمال شده روی بذر، گیاهچه و آب

Fig. 2. Comparison of the length of the stem of the Fusarium contaminated plant under the treatment of the applied magnetic field on seeds, seedlings and water

راهنمای اشکال:

- آب م ۰/۷: آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا
- آب م ۰/۴: آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا
- آب ت: آبیاری با آب تصفیه شده
- بذر ب: بذر بدون اعمال میدان مغناطیس
- بذر م ۰/۷: بذر مغناطیسی شده با میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا
- بذر م ۰/۴: بذر مغناطیسی شده با میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا
- گیاهچه م ۰/۴: گیاهچه قرار گرفته در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا
- گیاهچه م ۰/۷: گیاهچه قرار گرفته در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا

طول ریشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) در رابطه با اثر آلودگی گیاه گوجه‌فرنگی به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی و گیاه سالم تحت تیمار میدان مغناطیسی بر روی در درصد بازدارندگی رشد قارچ فوزاریوم و طول ریشه از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۱ ٪ معنی‌دار بوده است.

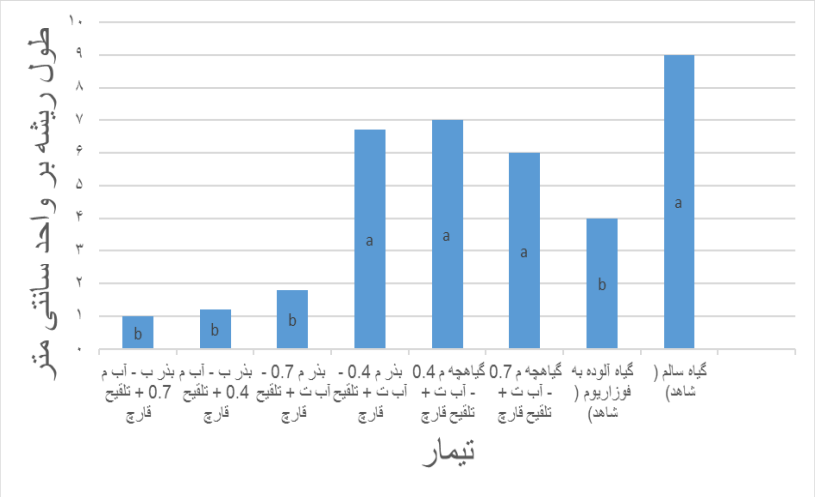
بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا قرار داده شد و با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا آبیاری شده بود، بیش‌ترین طول ریشه را داشت و کم‌ترین طول ریشه مربوط به گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به فوزاریوم تحت تیمار بدون اعمال مغناطیسی و آبیاری با آب ۰/۴ میلی‌تسلا می‌باشد (شکل ۳).

جدول ۴- تجزیه‌ی واریانس طول ریشه گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی مورد آزمایش

Table 4. Analysis of the variance of root length of the Fusarium infected plant under the treatment of the magnetic field tested

منابع تغییر Change resources	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Average of squares	مقدار F F value	سطح معنی‌دار Significant level
اثر تیمار Treatment effect	10	54.455	5.455	6.066	0.003**
خطا Error	11	9.875	0.898		
کل Total	21	64.33			

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ **Meaningful at the level of 0.01



شکل ۳- مقایسه طول ریشه گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی اعمال شده روی بذر، گیاهچه و آب

Fig. 3. Comparison of root length of Fusarium contaminated plant under applied magnetic field applied to seed, seedling and water

وزن تر

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) در رابطه با اثر آلودگی گیاه گوجه‌فرنگی به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی و گیاهان سالم تحت تیمار میدان مغناطیسی بر روی در درصد بازدارندگی رشد قارچ فوزاریوم و وزن تر گیاه گوجه‌فرنگی از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۱٪ معنی‌دار بوده است.

گیاهان تحت تیمار بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور شده در آب مغناطیسی شده ۰/۷ میلی‌تسلا در میدان ۰/۴ میلی‌تسلا و آبیاری با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا، گیاه شاهد سالم و گیاهچه آلوده به فوزاریوم تحت میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا و آبیاری با آب تصفیه شده دارای بیش‌ترین وزن تر و کم‌ترین وزن مربوط به گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار بذر بدون اعمال میدان مغناطیسی و آبیاری با آب مغناطیسی شده ۰/۷ میلی‌تسلا است (شکل ۴).

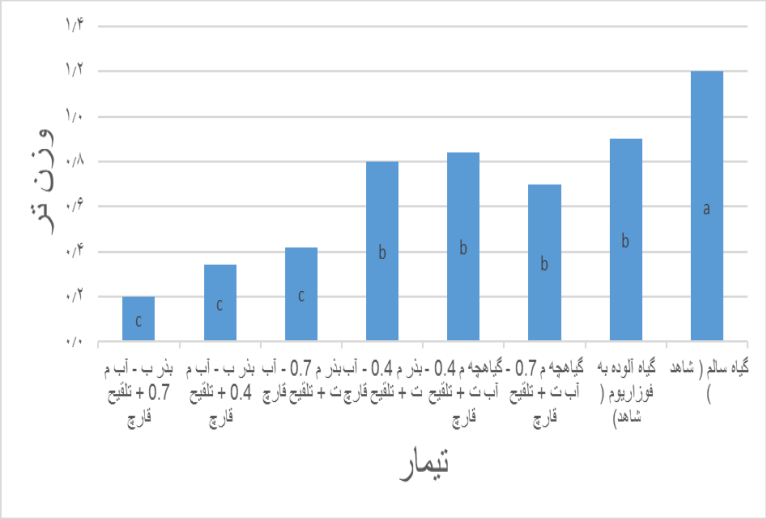
جدول ۵- تجزیه‌ی واریانس وزن تر گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی مورد آزمایش

Table 5. Analysis of the variance of the fresh weight of the Fusarium contaminated plant under the treatment of the magnetic field tested

منابع تغییر Change resources	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F F value	سطح معنی‌دار Significant level
اثر تیمار Treatment effect	10	2.059	0.206	5.619	0.004**
خطا Error	11	0.403	0.037		
کل Total	21	2.462			

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

**Meaningful at the level of 0.01



شکل ۴- مقایسه وزن تر گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی اعمال شده بر بذر، گیاهچه و آب

Fig. 4. Comparison of fresh weight of the Fusarium contaminated plant under the treatment of the magnetic field applied to the seeds, seedlings and water

وزن خشک

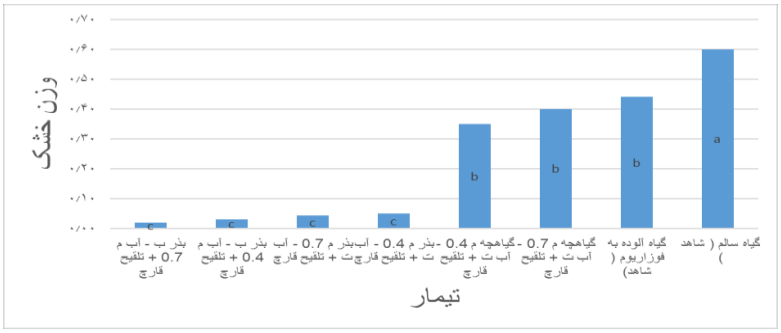
با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۶) در رابطه با اثر آلودگی گیاه گوجه‌فرنگی به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی و گیاه سالم تحت تیمار میدان مغناطیسی بر روی درصد بازدارندگی قارچ فوزاریوم و وزن خشک گیاه گوجه‌فرنگی از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۱ ٪ معنی‌دار بوده است. دو گروه: ۱- بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا قرار داده شد و با آب مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا آبیاری شد؛ ۲- بذر مغناطیسی شده غوطه‌ور در آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا که در میدان مغناطیسی ۰/۴ میلی‌تسلا قرار داده شد و با آب مغناطیسی ۰/۷ میلی‌تسلا آبیاری شد دارای بیش‌ترین وزن خشک بوده و کم‌ترین وزن خشک مربوط به گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به فوزاریوم تحت تیمار بذر بدون اعمال میدان مغناطیسی و آبیاری با آب مغناطیسی شده ۰/۷ میلی‌تسلا بوده است (شکل ۵).

جدول شماره ۶- تجزیه واریانس وزن خشک گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی مورد آزمایش

Table 6. Analysis of the variance of the dry weight of the Fusarium infected plant under the treatment of the magnetic field tested

منابع تغییر Change resources	درجه آزادی Degrees of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Average of squares	مقدار F F value	سطح معنی‌دار Significant level
اثر تیمار Treatment effect	10	0.014	0.001	11.081	0.00**
خطا Error	11	0.001	0		
کل Total	21	0.015			

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ **Meaningful at the level of 0.01



شکل ۵- مقایسه وزن خشک گیاه آلوده به فوزاریوم تحت تیمار میدان مغناطیسی اعمال شده روی بذر، گیاهچه و آب

Fig. 5. Comparison of dry weight of Fusarium contaminated plant under applied magnetic field applied to seed, seedling and water

دستگاه ساخته شده همانند سیستم ام آر آی پزشکی دارای میدان مغناطیسی سه بعدی می‌باشد. در این دستگاه از یک هزار و صد متر سیم مسی روکش‌دار استفاده شده است. سیم‌ها به صورت مارپیچی coil به منظور ایجاد میدان مغناطیسی سه بعدی به دور دستگاه پیچیده شده است و به مولد برق ۱۲ ولت ۴ آمپر متصل شده است. تشتک‌های پتری نیز به منظور مغناطیسی ساختن بذرها بر روی دستگاه تعبیه شده است. لوله‌هایی در داخل دستگاه کار گذاشته است که آب توسط پمپ به مدت ۶۰ دقیقه در داخل دستگاه چرخش می‌کند تا به حالت مغناطیسی در بیاید.

شکل ۶- دستگاه ساخته شده در این بررسی

Fig.6. Modified system in this research

منابع **References**

امینی، آ.، کدیور، م. و سلیمانی نژاد، م .۲۰۰۹ . تاثیر ضد قارچی و آنتی اکسیدانی عصاره های اتانولی بادرنجبویه و سنبل الطیب .هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی.

خوشخوی، م. ۱۳۷۵. ازدیاد نباتات. جلد اول. انتشارات دانشگاه شیراز. ۳۷۳صفحه.

کمال، ن.، عبدالهی، م.، شهریاری، د .۲۰۰۹ . اثر ضد قارچی عصیاره آویشین شیرازی و چویل بر قارچ عامل پژمردگی گوجه فرنگی *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه ای .گیاه پزشکی(مجله علمی کشاورزی)،۳۶(۴):۵۳-۶۵.

لسانی، ح و مجتهدی، م. ۱۳۷۴. زندگی گیاه سبز. انتشارات دانشگاه تهران.۵۸۷ صفحه.

لسانی، ح و مجتهدی، م. ۱۳۸۱. مبانی فیزیولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.۷۲۶ صفحه.

Aksenon, S. L., Bulychev, A., Grunina, T. U. and Turovetskii, V.B . 1997. Mechanism of the action of a low frequency magnetic field on the initial stage of germination of wheat seeds. Journal of Electro Science 28: 12-34.

Alexander, M. P., Ganeshans, S. 1990. Electromagnetic field induced in vitro pollen germination and tube growth .Currentsci .; 59 (5) 276-87.

Atak, C., Emiroglu, O., Alikamanoglu, S., Rzakoulieva, A. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in *soybean* tissue cultures . J Cell Mol Biol.; 2 : 113-9.

Bhattacharjee, A. and Saito, K. 2002. Sowing seed in a magnetic field. Journal of applied physics 13: 41-53.

Burtebayeva, D., Burtebayev. N., Kakhraman, V. D. 2003. Application of electromagnetic radiant of low frequency for increasing of the crop capacity of the agricultural seeds . Avras Nukleer Bul; 64-68.

Falistocco, E. and Tosti, T. 1995. Cytomixis in pollen mother cell of diploid 5-*Dactylis*, one of origin of 2n gametes. Journal of Heredity 89: 448 – 453.

Florez, M. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magneticfield : effects of germination and early growth. Environmental and experimental botany.; 59 . 68-75.

German, H. M. 1988. Effect of brief magnetic exposure on cereal germination seedling growth and pollen germination of *actinidia delicosa* ,Can . J. Plant sci.; 58: 78 – 86

Krishnan, P., Berlage, A. G. 1986. Magnetic conditioning of seed of *Leek* to increase seed germination percentage. Journal of seed technology. 10(1) : 97 – 115.

Moore, R. L. 1999. Biological effect of magnetic field: studies with microorganism. Canadian Journal of Microbiology 25(10): 1145-1151.

Nelson, R. A. 1999. Electro-culture. Journal of Extension 28:2-28.

Noriyuki, A. and Kitazawa, H. 1999. Effect of magnetic field on the germination of plants. Journal of Applied Physics Vol. 85: 2-54.

Paul, A., Robert, F., Meisel, M. 2006. High magnetic field indused changes of gene expression jn Arabidopsis .BioMag Res Technol.;14 : 103-7.

Shabrangi, A., Majd, A. and Sheidai, M. 2011. Effects of electromagnetic field on seed germination, anatomical structure, seedling ontogenesis, cytogenetic and molecular characteristics of *Zea mays L.* and *Brassica napus L.*. Ph.D Thesis. Department of Boiology Sciences. Faculty of Science, Tarbiat Moallem University. Tehran, Iran. Pp. 6 – 12.

Sperber, D., Dransfeld, K., Maret, G. 1981. Oriented growth of pollen tubes in strong magnetic fields . Naturwissen schaften. 8:40-41.