

تأثیر امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی، شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه زنیان (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke) در شرایط آزمایشگاه و مزرعه

غزال مرغایی‌زاده^۱، محمدحسین قرینه^۲، قدرت‌الله فتیحی^۳، علیرضا ابدالی^۴ و منصور فرید^۵

۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز

پست الکترونیک: Ghazal.m429@gmail.com

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز

۴- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز

۵- استاد، گروه فیزیک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۱

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۰

چکیده

پرایمینگ بذر شامل روش‌های بسیار ساده‌ایست که می‌تواند در جوانه‌زنی بهتر و استقرار مطلوب گیاهچه مؤثر باشد. از روش‌های بیوفیزیکی و پرایمینگ بذر، می‌توان به تیمار بذرها توسط امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی اشاره کرد. به‌منظور بررسی تأثیر امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاه زنیان (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke)، در شرایط آزمایشگاه و همچنین افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها تحت تأثیر این دو تیمار و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت به بیماریها و آفات، این پژوهش در سال ۱۳۸۹ انجام شد. تیمار مربوط به امواج فراصوتی با فرکانس ۲۲ کیلوهرتز در ۲ زمان ۲ و ۵ دقیقه (U_2 ، U_3) و تیمار مربوط به میدان مغناطیسی با شدت ۵۰۰۰ گوس در ۳ زمان ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه (M_2 ، M_3 ، M_4) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد اعمال شد. البته تیمار شاهد (در این تیمار میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی اعمال نشد) و M_1 و U_1 به ترتیب عدم اعمال میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی هستند) نیز در نظر گرفته شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که با اعمال تیمارهای میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی جوانه‌زنی و ویگور بذرها بهبود و عملکرد نهایی گیاه زنیان تحت تأثیر تیمارها افزایش یافت. بنابراین به نظر می‌رسد که میدان مغناطیسی اعمال شده در زمان ۳۰ دقیقه و در مواردی ۴۵ دقیقه و امواج فراصوتی با زمان ۵ دقیقه بیشترین تأثیر را بر گیاهان داشته‌است. تیمارها فقط در مورد شاخص سطح برگ و وزن هزاردانه میانگین را کاهش داده بودند. البته با وجود حساسیت بالای گیاه به بیماریها و آفات، هیچ‌گونه اثری از بیماری و آفت در مزرعه دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: زنیان (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke)، امواج فراصوتی، جوانه‌زنی، رشد، عملکرد، میدان مغناطیسی.

مقدمه

محصولی قابل قبول از نظر کیفی و کمی هموار سازد. پرایمینگ بذر شامل روش‌های بسیار ساده‌ایست و پیچیدگی فنی ویژه‌ای نداشته و در عین حال می‌تواند روشی بسیار کم هزینه باشد (قرینه و همکاران، ۱۳۸۳). امواج فراصوتی، امواج مکانیکی هستند که فرکانس آنها بیش از ۲۰ کیلوهرتز بوده و دارای انرژی بالایی هستند و می‌توانند سبب بالا

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا، توسط تنش‌های زنده و غیرزنده متعددی محدود می‌گردد. اولین مشکل، مربوط به جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌باشد (Aladjadjiyan, 2007). جوانه‌زنی مطلوب و در پی آن استقرار یکنواخت در مزرعه می‌تواند راه را برای تولید

علت این واکنش‌ها را می‌توان با وجود برخی عناصر پارامغناطیسی در کلروپلاست توجیه کرد. کلروپلاست حاوی رنگیزه‌های گیاهیست که ساختار و موقعیت آنها تحت تأثیر عوامل خارجی قرار می‌گیرد (Aladjadjiyan, 2007). در آزمایشی اثر دو میدان مغناطیسی (۱۲۵ و ۲۵۰ میلی‌تسلا)، بر برخی صفات جوانه‌زنی ماریتیغال (*Silybum marianum* L. مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج آزمایش وزن خشک گیاهچه، درصد تخلیه ذخایر بذر و طول ساقچه‌چه با افزایش مدت زمان قرار گرفتن در میدان کاهش بیشتری نشان دادند (شرفی و همکاران، ۱۳۸۷). جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد بذرهای ذرت تحت تأثیر میدان مغناطیسی توسط Garcia و همکاران (۲۰۰۸) در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. Moon و Chung (۲۰۰۰)، بذرهای گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) را تحت تأثیر میدان مغناطیسی با جریان ۳ تا ۱۰۰۰ گوس به مدت ۱۵ تا ۶۰ ثانیه قرار دادند. اعمال میدان مغناطیسی به مدت بیشتر از ۹۰ ثانیه تأثیر بازدارنده بر جوانه‌زنی بذرها نشان داد. در مطالعه‌ای دیگر اثر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی کاهو بررسی گردید. درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن تر ریشه و شاخساره و سطح برگ نهال‌های کاهو در تیمار ۲/۵ تسلا نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (Soltani & Kashi, 2004). انرژی جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بذرهای توتون تحت تأثیر میدان مغناطیسی با قدرت ۰/۱۵ تسلا و در زمان‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که انرژی جوانه‌زنی و جوانه‌زنی بذرهای توتون با قرار گرفتن تحت تأثیر میدان مغناطیسی به‌صورت خطی افزایش یافت. تأثیر میدان مغناطیسی در تیمارهایی که در آن بذرها قبل از کاشت خیسانده شده بودند بیشتر بود، که این مسئله نشان می‌دهد که مولکول‌های آب نیز دارای نیروی پارامغناطیسی هستند (Aladjadjiyan & Ylieva, 2003). تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی و رشد گیاه عدس در پژوهشی بررسی شد، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در تمامی تیمارهای میدان مغناطیسی کاهش یافته بود، بنابراین درصد جوانه‌زنی افزایش نشان داد. البته بیشترین مقدار جوانه‌زنی در دامنه شدت میدان ۰/۱۸ تا ۰/۲۴ تسلا انجام شد. سلول‌های گیاهان حاوی عنصر آهن هستند (Shabrangi & Majd, 2009). آخرین مدار

رفتن دمای بافت‌ها شوند (Lipiec et al., 2004). بذرهایی که از یک میدان مغناطیسی عبور داده می‌شوند، دچار تورم شده و در نتیجه فعالیت هورمون اکسین در این بذرها افزایش می‌یابد. همچنین میزان تنفس در آنها افزایش یافته و دارای انرژی و فعالیت زیادتری شده که نتیجه‌ی آن جوانه‌زنی سریع‌تر و یکنواخت‌تر و ایجاد گیاهان مقاوم به تنش‌ها به خصوص تنش شوری است (Aladjadjiyan, 2007; Marinkovic et al., 2008).

گیاه زنیان با نام علمی *Carum copticum* از تیره جعفری (Apiaceae)، گیاهی علفی، یکساله و دیپلوئید است. اسانس میوه این گیاه به نام آجوان موسوم است که مهمترین ترکیب‌های آن تیمول، بتا-پینن، گاما-ترپینن و ساینین می‌باشند و دارای خواص دارویی فراوان است (نظریان قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۷). از خواص دارویی این گیاه می‌توان به اثرات آنتی‌سپتیک (Anti-septic)، اثر کاهندگی کلسترول خون، خلط‌آور و ضدتهوع بودن و تسکین اسپاسم (Spasm) اشاره کرد. اما باور عمومی بر این است که این گیاه در درمان اعتیاد نیز مؤثر است. میزان اسانس در این گیاه ۲-۵ درصد است (غیبی و همکاران، ۱۳۸۶؛ امیدبگی، ۱۳۸۶؛ نظریان قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۷؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Fanaei et al., 2006; Zarrinzadeh et al., 2007; Hejazian et al., 2008). با توجه به مشکل بودن جوانه‌زنی، خروج گیاهچه و همچنین کوچکی و حساسیت اندام‌های این گیاه و حساس بودن گیاهچه‌ها به سله‌بستن خاک، تیمار بذرهای گیاه زنیان با امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی به‌جوانه‌زنی بهتر بذرها و استقرار گیاهچه کمک می‌کند و همچنین عملکرد کمی و کیفی گیاهان افزایش، و در نهایت مصرف آب و نهاده‌های شیمیایی کاهش می‌یابد (نظریان قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۷). این پژوهش با اهداف: بهبود کیفیت عملکرد در گیاه؛ افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها تحت تیمارهای امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی؛ افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی مثل خشکی، سرما، گرما و همچنین افزایش مقاومت به بیماریها و آفات و امکان دستیابی به کیفیت و کمی عالی محصول در تمامی انواع خاک‌ها، اقلیم‌ها و شرایط اکولوژیکی متفاوت و استفاده از کولتیوارهای مختلف انجام شد.

تیمار میدان مغناطیسی، کیفیت و جوانه‌زنی بذرهای غیراستاندارد را افزایش می‌دهد (شرفی و همکاران، ۱۳۸۷).

مغناطیسی اتم آهن که با میدان مغناطیسی اعمال شده از خارج از سیستم درگیر می‌شود، یک نوسان در سیستم ایجاد می‌کند. این نوسان ایجاد شده انرژی خود را بکار گرفته و بعد از مدتی در مسیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. علت تفاوت در واکنش به میدان مغناطیسی در گیاهان نه تنها به دلیل تفاوت در شدت میدان مغناطیسی می‌باشد بلکه به مرحله فیزیولوژیکی رشد که گیاه مورد آزمایش در آن قرار دارد نیز بستگی دارد (Majd & Shabrangi, 2009). Sleper و همکاران (۲۰۰۸)، افزایش جوانه‌زنی بذرهای ذرت را تحت تأثیر میدان مغناطیسی و الکترومغناطیسی بررسی کردند. این محققان، میدان مغناطیسی را توسط یک محور و یک سیم‌پیچ طراحی کردند و در نهایت به افزایش میزان جوانه‌زنی بذرهای ذرت منجر شد. پژوهشگران بر این مبنا استفاده از روشهای فیزیکی را راهی برای افزایش تولیدات کشاورزی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌دانند (Sleper et al., 2008). Madhu و Nimmi (۲۰۰۹) و Fischer و همکاران (۲۰۰۴)، تأثیر میدان مغناطیسی ساکن را بر آفتابگردان و گندم بررسی کردند. در گندم نیز وزن تر و خشک ریشه، وزن تر کل گیاه و درصد جوانه‌زنی بالاتری دیده شد. این پژوهش نشان داد که حتی میدان مغناطیسی با شدت و فرکانس کم نیز بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان تأثیر دارد. Podlesny و همکاران (۲۰۰۳)، تأثیر میدان مغناطیسی را بر بذرهای گیاه باقلا بررسی کردند، ۲ وارپته از باقلا در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. میدان مغناطیسی به طور معنی‌داری جوانه‌زنی وارپته ضعیف‌تر را افزایش داد و در نهایت درصد گیاهچه‌های حاصل از بذرهای تیمار شده با میدان مغناطیسی به طور معنی‌داری افزایش یافت.

استفاده از امواج فراصوت یکی از روشهای موجود در بررسی فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک جوانه‌زنی بذرها می‌باشد. در مطالعه‌ای تأثیر امواج فراصوتی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum*) و تربچه (*Rhaphanus sativus*) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی فلفل دلمه‌ای در تیمار ۴ دقیقه نسبت به شاهد افزایش یافته‌است (فاریابی و همکاران، ۱۳۸۷). Yaldagard و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی‌های خود تأثیر تیمار امواج فراصوتی را بر جوانه‌زنی و همچنین فعالیت آلفا-آمیلاز

مغناطیسی اتم آهن که با میدان مغناطیسی اعمال شده از خارج از سیستم درگیر می‌شود، یک نوسان در سیستم ایجاد می‌کند. این نوسان ایجاد شده انرژی خود را بکار گرفته و بعد از مدتی در مسیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. علت تفاوت در واکنش به میدان مغناطیسی در گیاهان نه تنها به دلیل تفاوت در شدت میدان مغناطیسی می‌باشد بلکه به مرحله فیزیولوژیکی رشد که گیاه مورد آزمایش در آن قرار دارد نیز بستگی دارد (Majd & Shabrangi, 2009). Sleper و همکاران (۲۰۰۸)، افزایش جوانه‌زنی بذرهای ذرت را تحت تأثیر میدان مغناطیسی و الکترومغناطیسی بررسی کردند. این محققان، میدان مغناطیسی را توسط یک محور و یک سیم‌پیچ طراحی کردند و در نهایت به افزایش میزان جوانه‌زنی بذرهای ذرت منجر شد. پژوهشگران بر این مبنا استفاده از روشهای فیزیکی را راهی برای افزایش تولیدات کشاورزی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌دانند (Sleper et al., 2008). Madhu و Nimmi (۲۰۰۹) و Fischer و همکاران (۲۰۰۴)، تأثیر میدان مغناطیسی ساکن را بر آفتابگردان و گندم بررسی کردند. در گندم نیز وزن تر و خشک ریشه، وزن تر کل گیاه و درصد جوانه‌زنی بالاتری دیده شد. این پژوهش نشان داد که حتی میدان مغناطیسی با شدت و فرکانس کم نیز بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان تأثیر دارد. Podlesny و همکاران (۲۰۰۳)، تأثیر میدان مغناطیسی را بر بذرهای گیاه باقلا بررسی کردند، ۲ وارپته از باقلا در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. میدان مغناطیسی به طور معنی‌داری جوانه‌زنی وارپته ضعیف‌تر را افزایش داد و در نهایت درصد گیاهچه‌های حاصل از بذرهای تیمار شده با میدان مغناطیسی به طور معنی‌داری افزایش یافت.

استفاده از امواج فراصوت یکی از روشهای موجود در بررسی فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک جوانه‌زنی بذرها می‌باشد. در مطالعه‌ای تأثیر امواج فراصوتی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum*) و تربچه (*Rhaphanus sativus*) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی فلفل دلمه‌ای در تیمار ۴ دقیقه نسبت به شاهد افزایش یافته‌است (فاریابی و همکاران، ۱۳۸۷). Yaldagard و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی‌های خود تأثیر تیمار امواج فراصوتی را بر جوانه‌زنی و همچنین فعالیت آلفا-آمیلاز

نشان داد که در بذرهای تیمار شده فعالیت آنزیم به شدت افزایش یافته بود که این امر در نتیجه افزایش درصد جوانه‌زنی بود. نویسنده (Yaldagard et al., 2008) بیان داشت که در اثر تیمار با امواج فراصوتی نفوذپذیری پوسته جو نسبت به آب افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش حجم دانه است و آب به راحتی و در حجم بیشتری در اختیار دانه قرار می‌گیرد؛ در نهایت جوانه‌زنی بهتر، سریع‌تر و بیشتر صورت می‌گیرد. افزایش سیالیت دیواره سلولی در نتیجه حرکت عناصر غذایی موجود در آندوسپرم، احتمالاً یکی از دلایل افزایش جوانه‌زنی و افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز می‌باشد. Turan و Esitken (۲۰۰۴)، تأثیر میدان مغناطیسی را بر عملکرد و تجمع عناصر در گیاه توت‌فرنگی مورد بررسی قرار دادند. وزن میوه‌ها در هر ۳ تیمار میدان مغناطیسی افزایش یافته بود. غلظت یون‌هایی مثل N ، K ، Ca ، Mg ، Fe ، Mn ، Zn در برگ‌ها افزایش و مقدار P و S کاهش یافته بود (Esitken & Turan, 2004). در پژوهشی تأثیر میدان مغناطیسی بر رشد، نمو و عملکرد گیاه زراعی گلرنگ در مقایسه با سایر تیمارها بررسی شد. نتایج آزمایش برتری عملکرد در تیمارهای میدان مغناطیسی و جیبرلیک اسید را نشان داد. عملکرد در تیمار میدان مغناطیسی ۴ برابر تیمار شاهد بود (این نتیجه در سطح ۰/۰۱ کاملاً معنی‌دار بود). این افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد طبق و دانه در طبق بود. درصد روغن و چربی در تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و گیاهان تیمار شده با میدان مغناطیسی درصد روغن بیشتری داشتند، ولی میزان پروتئین در دو تیمار دیگر تفاوت چندانی نداشت (Faqenabi et al., 2009).

Racuciu و همکاران (۲۰۰۸) به منظور بررسی تغییرات بیوشیمیایی کلروفیل، تمامی کارتئوئیدها و اسیدهای نوکلئیک به وسیله اسپکتروفتومتر (Spectrophotometer) را اندازه‌گیری کردند. در تیمارهایی با قدرت کم میدان مغناطیسی میزان اسیدهای نوکلئیک افزایش یافت، ولی در تیمارهایی با قدرت بالا این اتفاق رخ نداد.

Aladjadjian (۲۰۰۲)، در مطالعه دیگری تأثیر میدان مغناطیسی را بر جذب طیف نور توسط سیستم فتوسنتزی تعدادی از گیاهان زینتی چند ساله بررسی کرد. اثر میدان مغناطیسی باعث تغییر در جذب طیف در تمامی نمونه‌ها در

ابتدا با ماسه نرم مخلوط و بعد توسط دست بر روی نوارهایی با فاصله ۳۵ سانتی‌متر و در شیارهایی به عمق ۰/۵ سانتی‌متر ریخته شد. در مجموع در هر کرت ۵ خط کشت شد که میزان مصرف بذر حدود ۳/۵ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. یادداشت‌برداری‌های لازم از مراحل مرفولوژیک و فیزیولوژیک رشد گیاه در طول دوره رشد انجام شد (از ۱ ماه پس از کاشت، هر ۱۵ روز یک‌بار نمونه‌برداری انجام شد) و صفات مرفولوژیک و شاخص‌های رشد (جدول ۷) و همچنین میزان کلروفیل گیاه تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده اندازه‌گیری گردید. در مجموع تعداد ۶ نمونه‌برداری در فصل رشد انجام شد. نمونه‌برداری‌ها برای بررسی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک پس از حذف اثرات حاشیه از اطراف هر کرت از نوارهای ۲ و ۴، و برداشت نهایی در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱۲ انجام گردید. پس از برداشت نهایی صفات مربوط به عملکرد و اجزای آن (وزن هزاردانه، تعداد دانه در چترک، تعداد چترک در چتر و تعداد چتر در بوته) و همچنین شاخص برداشت ارزیابی شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی ابتدا بوته‌هایی که عملکرد دانه آنها تعیین شده بود، توزین گردید و بعد به آزمایشگاه منتقل و در آن با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و بعد وزن خشک کل بوته‌ها برحسب گرم در مترمربع محاسبه و از مجموع آن با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی حاصل شد. برای تعیین عملکرد نهایی دانه در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه در مساحتی معادل یک مترمربع و به‌منظور جلوگیری از ریزش دانه، دانه‌های رسیده را برداشت و در پایان پس از بوجاری آنها عملکرد دانه در واحد سطح تعیین گردید (تعداد و وزن دانه). شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه در واحد سطح بر ماده خشک کل در واحد سطح بدست آمد. به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ (نسبت سطح برگ به سطح برداشت)، در نمونه‌برداری‌ها با داشتن سطح نمونه‌برداری، شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد و برای تعیین روند تجمع ماده خشک در هر بار نمونه‌برداری ۱۰ بوته برداشت شده را در آزمایشگاه ضمن جدا نمودن برگ‌ها، ساقه و دانه‌ها، برای تعیین وزن خشک در آن با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک کرده و با تناسب‌بندی به مترمربع تعیین داده و با استفاده از روابط ریاضی محاسبه ماده خشک تجمع یافته در فاصله در نمونه‌برداری در واحد سطح برای برگ، ساقه، گل و دانه

هر دو حوزه جذب توسط انگیزه‌ها و در نتیجه تأثیر بر سیستم فتوسنتزی شد. میدان مغناطیسی باعث کاهش تأثیر کارتئوئیدها و افزایش سهم کلروفیل b در جذب می‌شود. بعد از تیمار با میدان مغناطیسی تفاوت در جذب امواج با طول موج کوتاه به وضوح با کلروفیل b مشخص شد (Aladadjjyan, 2002).

مواد و روشها

این پژوهش در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین ملاتانی واقع در ۳۵ کیلومتری شهر اهواز در سال زراعی ۱۳۸۹ انجام شد. دستگاه مولد امواج فراصوت مدل hielscher, up 200 بود که امواجی با فرکانس ۲۲ کیلوهرتز تولید می‌کرد. برای اعمال تیمارهای مربوط به میدان مغناطیسی از دو عدد آهن‌ربای مغناطیسی قوی که قادر بودند میدانی با قدرت نهایی ۵۰۰۰ گوس ایجاد کنند، استفاده شد. بذرهای قبل از تیمار به وسیله دستگاه، ۴۸ ساعت خیس‌انده و به مدت ۲ دقیقه توسط هیپوکلرید سدیم ۲٪ ضدعفونی و بعد توسط آب مقطر شسته شدند. تیمار مربوط به امواج فراصوتی با فرکانس ۲۲ کیلوهرتز در ۲ زمان ۲ و ۵ دقیقه (U_3 , U_2) و تیمار مربوط به میدان مغناطیسی با شدت ۵۰۰۰ گوس در ۳ زمان ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه (M_2 , M_3 و M_4) به بذرهای اعمال شد (M_1 و U_1 به ترتیب عدم اعمال میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی هستند) (جدول ۵). آزمون جوانه‌زنی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار در نظر گرفته شد. در هر پتری‌دیش ۱۰۰ بذر کاشته شد و طی مدت ۲۰ روز، در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد در ژرمیناتور (Jerminator)، درصد و سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بیوماس کل اندازه‌گیری شد. آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در نظر گرفته شد. تعداد کرت‌ها در آزمایش ۴۸ عدد و ابعاد کرت‌ها ۲×۲ متر در نظر گرفته شد. کرت‌ها به‌وسیله پشته‌های ۳۰ سانتی‌متری و تکرارها به‌وسیله نهرهای یک متری از هم جدا و ایزوله شدند. بذر مورد نیاز از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. بذر زنیان از توده مبارکه با قوه نامیه ۹۶٪ و درجه خلوص ۸۵٪ تهیه شد. کشت در تاریخ ۱ آذر ماه ۱۳۸۸ به‌صورت دستی انجام شد. بذرهای تیمار شده

ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۴/۲۶ سانتی‌متر) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۲/۷۳ سانتی‌متر) کمترین میانگین را داشتند. بیشترین میانگین طول ساقه‌چه مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۵/۱۹ سانتی‌متر) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۳/۹۸ سانتی‌متر) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۵/۶۳ سانتی‌متر) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۳/۶۶ سانتی‌متر) کمترین میانگین را دارا بودند. بیشترین میانگین اثرات متقابل در طول ریشه‌چه مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۵/۸۲ سانتی‌متر) و کمترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۱/۸۰ سانتی‌متر) بود (جدول ۱ و شکل‌های ۳-۲).

تأثیر امواج فراصوتی بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱)، بیشترین میانگین مربوط به تیمار میدان مغناطیسی ۲ دقیقه (۰/۰۵۷ گرم) و کمترین آن مربوط به تیمار ۵ دقیقه (۰/۰۴۲ گرم) برآورد شد. اما این تیمار بر سایر صفات اثر معنی‌داری نشان نداد. سطوح مختلف میدان مغناطیسی بر وزن خشک، تر و رطوبت گیاهچه تأثیر معنی‌داری نداشت. نتایج مشابهی توسط دهقان و همکاران (۱۳۸۷)، Fischer و همکاران (۲۰۰۴) گرفته شد. Kashi و Soltani (۲۰۰۴)، در بررسی‌های خود به نتایج متضادی دست یافتند. مکانیسم فیزیکی اثر میدان‌های مغناطیسی، در سطوح اتمی و فرا اتمی به رزونانس میدان‌های هسته‌ای در بافت‌های زنده و اثرات آن بر وضعیت اسپین الکترونیکی و ارتباط آنها با گروه‌های ویژه‌ای از واکنش‌های انتقال الکترونی مربوط می‌باشد. مطالعات نشان داده‌است که میان میدان‌های الکترومغناطیسی و بروز آثار بیولوژیکی رابطه‌ای وجود دارد که البته باید در نظر داشت که در ظهور این آثار عوامل دیگری نیز دخالت دارند که وجود این عوامل سبب می‌شود که در برخی مطالعات مشابه نتایج متفاوت و یا حتی کاملاً متضاد بدست آید (Rajabbeigi et al., 2007).

بررسی تأثیر امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر اجزای عملکرد

امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی، بر ارتفاع گیاه زینان در سطح احتمال ۱٪، تأثیر معنی‌داری از نظر آماری گذاشتند. بیشترین میانگین ارتفاع مربوط به تیمار امواج فراصوتی

انجام شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی ابتدا بوته‌هایی که عملکرد دانه آنها تعیین شده بود، توزین گردید و بعد به آزمایشگاه منتقل و در آون با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و بعد وزن خشک کل بوته‌ها بر حسب گرم در مترمربع محاسبه و از مجموع آن با عملکرد دانه (وزن دانه × تعداد دانه در چتر × تعداد چترک در چتر × تعداد چتر در بوته)، عملکرد بیولوژیکی حاصل شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۲۳ توسط دستگاه Spad میزان کلروفیل گیاهان ثبت گردید.

برای تعیین همبستگی صفات با تیمارهای اعمال شده، از نرم‌افزار MSTAT-C و برای رسم نمودارها و جدولها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که در گیاه زینان بین تیمارها از لحاظ درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. گیاه زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی در سطح احتمال ۱٪، جوانه‌زنی بیشتری داشت. البته بیشترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۵۵/۰۶٪) و کمترین صفر دقیقه (۴۴/۱۲٪) ارزیابی شد. سطوح مختلف میدان مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۵٪ نیز بر درصد جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل (۱۵/۷۵٪ بیشتر از شاهد) مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۶۱٪) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۳۸/۳٪) بود (شکل ۱).

بررسی‌ها نشان داد که تیمار بذرها با میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی بر سرعت جوانه‌زنی بی‌تأثیر است و هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۱).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر سطوح مختلف میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی قرار گرفتند. اثر متقابل این دو تیمار نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین میانگین طول ریشه‌چه مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۵/۰۴ سانتی‌متر) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۲/۴۲ سانتی‌متر)

۵ دقیقه (۵۴/۸۹ سانتی‌متر) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۹۶ عدد) و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۸۵ عدد) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۵۴ عدد) و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۵۳ عدد) ارزیابی شد. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر تعداد چترک در چتر تأثیر معنی‌داری نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۱۱۶ عدد) و کمترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۴۰ عدد) بود. این جز از عملکرد نیز مانند سایر اجزا تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده افزایش یافت (جدول ۲ و شکل ۷). نتایج نشان داد که در زنیان بین تیمارها از لحاظ تعداد دانه در چترک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. گیاه زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، تعداد دانه بیشتری داشت. بیشترین میانگین تعداد دانه مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۲۷ عدد) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۳۰ دقیقه (۲۰ عدد) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۲۵ عدد) بیشترین و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۲۰ عدد) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر تعداد دانه در چترک تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۳۰ عدد) و کمترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۱۶ عدد) بود. این جز از عملکرد نیز مانند سایر اجزا تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده افزایش یافت (جدول ۲ و شکل ۸). امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی، بر وزن هزاردانه زنیان در سطح احتمال ۱٪، تأثیر معنی‌داری از نظر آماری داشتند. بیشترین میانگین وزن هزاردانه مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۲۷ گرم) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۳۰ دقیقه (۲۰ گرم) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۲۵ گرم) بیشترین و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۲۰ گرم) کمترین میانگین را دارا بودند. همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر وزن هزاردانه، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بالاترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۱/۰۹۵ گرم) و پایین‌ترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۰/۱۶۸ گرم) بود (جدول ۲ و شکل ۹).

۵ دقیقه (۵۴/۸۹ سانتی‌متر) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۳۳/۵۱ سانتی‌متر) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۴۹/۷۲ سانتی‌متر) بیشترین و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۳۹ سانتی‌متر) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر ارتفاع، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بالاترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۶۵/۰۶) و پایین‌ترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۲۹/۹۶) بود (جدول ۲ و شکل ۴). امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی، بر تعداد برگ در هر بوته گیاه زنیان در سطح احتمال ۱٪، تأثیر معنی‌داری از نظر آماری گذاشتند. بیشترین میانگین تعداد برگ مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۱۱ عدد) و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۹ عدد) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۳۰ دقیقه (۵ عدد) و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۶ عدد) ارزیابی شد. همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر تعداد برگ، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بالاترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۱۳ عدد) و پایین‌ترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۴ عدد) بود (جدول ۲ و شکل ۵). امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی، بر تعداد چتر در هر بوته گیاه زنیان در سطح احتمال ۱٪، تأثیر معنی‌داری از نظر آماری گذاشتند. بیشترین میانگین تعداد چتر مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۱۰) و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۱۰) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۳۰ دقیقه (۶) و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۶) ارزیابی شد. اثر متقابل این دو تیمار بر ارتفاع، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بالاترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۱۲) و پایین‌ترین میانگین مربوط به تیمار شاهد (۴) می‌باشد. با استناد به تأثیر مثبت این دو تیمار بر جوانه‌زنی و رشد گیاه، و استقرار و مقاومت بهتر و بیشتر گیاهان تیمار شده در مزرعه، عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارها افزایش یافت. با افزایش بیوماس کل، تعداد چتر در هر بوته نیز افزایش یافت (جدول ۲ و شکل ۶). تجزیه واریانس نشان داد که در زنیان بین تیمارها از لحاظ تعداد چترک در چتر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. گیاه زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، تعداد چترک بیشتری داشت. بیشترین

آماری معنی‌داری وجود داشت. میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۵۲/۹۳٪) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۲۹/۷۱٪) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری را نشان می‌داد. بیشترین میانگین در اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۴۳/۶۸٪) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۲۴/۲۸٪) بود.

شاخص سطح برگ (LAI)

گیاه زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، سطح برگ‌های متفاوتی داشت. بیشترین میانگین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۰/۲۳۲۷) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۰/۱۹۴۷) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۲۳۷۲) بیشترین و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۰/۲۰۱۴) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر شاخص سطح برگ تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۲۸۸۶) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۰/۱۷۹۲) بود (جدول ۴ و ۷ و شکل ۱۴). (Gyawali (۲۰۰۷) و Rochalska (۲۰۰۸) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

سرعت رشد گیاه (CGR)

گیاه زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، سرعت رشد متفاوتی داشت. بیشترین میانگین سرعت رشد مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۰/۰۱۲۶) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۰/۰۰۶۹) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۰۱۶۶) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۰/۰۰۴۷) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر سرعت رشد گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج

بررسی تأثیر امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر عملکرد گیاه زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، عملکرد اقتصادی بیشتری داشت. بیشترین میانگین عملکرد اقتصادی مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۶۲۶/۱۲) کیلوگرم در هکتار و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۲۲۴/۰۲۴) کیلوگرم در هکتار (ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۶۰۵/۱۶۹) کیلوگرم در هکتار) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۱۸۷/۹۷۱) کیلوگرم در هکتار) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر عملکرد اقتصادی تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۶۱۲/۲۲۷) کیلوگرم در هکتار) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۱۵۷/۰۴۸) کیلوگرم در هکتار) بود. (جدول ۳ و شکل ۱۰). تجزیه واریانس نشان داد که در زینان بین تیمارهای مختلف، عملکردهای مختلفی دیده شد. گیاه زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، عملکرد بیولوژیکی بیشتری داشت. بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۱۳۶۵/۴۹۸) کیلوگرم در هکتار) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۴۶۶/۸۲۲) کیلوگرم در هکتار) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۱۱۷۳/۰۸۲) کیلوگرم در هکتار) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۵۴۱/۴۰۶) کیلوگرم در هکتار) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر عملکرد بیولوژیکی تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۱۵۵۴/۱۷۸) کیلوگرم در هکتار) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۵۴۲/۴۷۳) کیلوگرم در هکتار) بود. (جدول ۳ و شکل ۱۱). با توجه به متفاوت بودن عملکردها در تیمارهای مختلف، تجزیه واریانس نشان داد که در زینان، شاخص برداشت‌های مختلفی دیده شد. البته بین شاخص برداشت در گیاه زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪، اختلاف

دوام سطح برگ (LAD)

دوام سطح برگ در گیاه زنیان در سطح احتمال ۱٪، تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. بیشترین میانگین دوام سطح برگ مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۳/۱۵۵۳) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۲/۵۹۰۹) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۳/۲۵۰۹) بیشترین و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۲/۵۹۶۴) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر سرعت جذب خالص گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۴/۰۱۵۴) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۲/۲۴۰۹) بود (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۱۸).

سطح ویژه برگ (SLA)

امواج فراصوتی در سطح احتمال ۱٪ بر سطح ویژه برگ تأثیر معنی‌داری گذاشت. بیشترین میانگین سطح ویژه برگ مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۱/۱۴۶۲) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۰/۸۶۶۶) ارزیابی شد. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۵٪ نیز بر سطح ویژه برگ گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۱/۳۴۱۴) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۰/۷۵۵۴) بود (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۱۹).

نسبت سطح برگ (LAR)

امواج فراصوتی در سطح احتمال ۱٪ بر نسبت سطح برگ تأثیر معنی‌داری گذاشت. بیشترین میانگین نسبت سطح برگ مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۰/۸۳۱۳) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۰/۶۶۴۲) ارزیابی شد. اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر نسبت سطح برگ گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (۰/۹۵۹۵) و کمترین میانگین مربوط به تیمار

فراصوتی صفر و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۰۳۵۶) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۰/۰۰۴۳) بود (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۱۵).

سرعت رشد نسبی گیاه (RGR)

گیاه زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪ سرعت رشد نسبی متفاوتی داشت. بیشترین میانگین سرعت رشد نسبی مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۰/۰۴۵۹) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۰/۰۱۶۸) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۰۴۳۸) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۰/۰۱۴۷) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر سرعت رشد نسبی گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۰/۰۸۴۳) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۰۱۳۴) بود (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۱۶).

سرعت جذب خالص (NAR)

گیاه زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح احتمال ۱٪ سرعت جذب خالص متفاوتی داشت. بیشترین میانگین سرعت جذب خالص مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه (۰/۰۵۲۴) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۰/۰۲۶۹) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۰۶۵۷) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۰/۰۲۱۴) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر سرعت جذب خالص گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۱۱۹۵) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۰/۰۱۷۶) بود (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۱۷).

امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۲۰).

نسبت وزن برگ (LWR)

اثر متقابل امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی در سطح ۱٪ نیز بر نسبت وزن برگ گیاه تأثیر معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میانگین اثرات متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۸۶۴۰) و کمترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۵ دقیقه و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۰/۷۲۳۹) بود (جدول‌های ۴ و ۷ و شکل ۲۱).

میزان کلروفیل

امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی، بر میزان کلروفیل در برگ گیاه زنیان، در سطح احتمال ۱٪، تأثیر معنی‌داری از نظر آماری گذاشتند (شکل ۱۳). بیشترین میانگین میزان کلروفیل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه (۸/۳) و کمترین مربوط به تیمار امواج فراصوتی صفر دقیقه (۵/۷) ارزیابی شد. میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۱۱/۸) بیشترین و میدان مغناطیسی صفر دقیقه (۴/۱) کمترین میانگین را داشتند. همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر کلروفیل، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بالاترین میانگین اثرات

متقابل مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۴۵ دقیقه (۱۵/۸) و پایین‌ترین میانگین مربوط به تیمار امواج فراصوتی ۲ دقیقه و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه (۲/۱) می‌باشد. اثر میدان مغناطیسی باعث تغییر در جذب طیف در تمامی نمونه‌ها در هر دو حوزه جذب توسط رنگیزه‌ها، و در نتیجه تأثیر بر سیستم فتوسنتزی می‌شود. تیمار با میدان مغناطیسی کلروپلاست گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کلروپلاست و یون‌ها و عناصر موجود در آن تحت تأثیر تیمار میدان مغناطیسی جهت‌دار می‌شوند. این پدیده با تأثیر میدان مغناطیسی بر اجرام جامد مشابه است. این موضوع باعث تغییر در شدت جذب می‌شود. فتوسنتز در واقع جذب انرژی نورانی و تبدیل آن به انرژی شیمیایی است، این انرژی در گیاه از طریق الکترون آزاد منتقل می‌شود. تحت تأثیر میدان مغناطیسی خارجی، انرژی مواد پارامغناطیس موجود در گیاه افزایش می‌یابد که این مسئله می‌تواند منجر به فعال‌سازی هورمون‌های گیاهی شود. تحقیقات محققان نشان می‌دهد که تأثیر میدان مغناطیسی بر فتوسنتز، بیشتر از طریق تأثیر بر افزایش کلروفیل گیاه است نه سایر کارتنوئیدها؛ که این نتایج با نتایج Racuciu و همکاران (۲۰۰۸)، Aladjadjyan (۲۰۰۲) و Khoshsookhan Mozaffar و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در مرحله جوانه‌زنی زنیان

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	درصد رطوبت گیاهچه	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی
فاکتور A	۲	۲۷/۴۵۵ **	۶/۲۱۴ **	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ **	۱۰۸/۶۳۶ ns	۰/۰۱۳ ns	۴۸۲/۸۹۶ **
فاکتور B	۳	۵/۶۷۹ **	۷/۹۰۸ **	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۶۵/۴۵۷ ns	۰/۰۲۳ ns	۳۶/۶۸۸ ns
اثر متقابل A×B	۶	۱/۲۹۹ *	۲/۸۶۲ *	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۱۲۷/۹۰۳ ns	۰/۰۱۶ ns	۱۳۹/۱۴۶ *
خطا	۳۶	۰/۴۱۴	۱/۰۹۷	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۴۹۲/۹۴ ns	۰/۰۳۹	۵۲/۱۰۴
cv(%)		۱۷/۳۲	۲۲/۴۱	۲۸/۴۷	۳۰/۵۱	۱۲/۱۸	۱۳/۰۵	۱۴/۴۷

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در گیاه زنیان

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع (cm)	تعداد برگ	تعداد چتر	تعداد چترک	تعداد دانه در چترک	وزن هزاردانه (gr)
تکرار	۳	۷۸/۸۷۰ **	۴/۵۷۶ **	۴/۲۷۸ **	۱۳۶/۶۸۸ **	۳۶/۳۰۶ **	۰/۰۰۷ ns
فاکتور A	۲	۱۹۹۶/۳۵۲ **	۱۱۱/۹۳۸ **	۷۳/۰۰۰ **	۷۰۱۶/۵۸۳ **	۱۸۶/۸۱۳ **	۰/۴۲۱ **
فاکتور B	۳	۲۷۷/۱۶۴ **	۲۲/۰۷۶ **	۳۷/۸۳۳ **	۲۷۴۰/۴۱۰ **	۶۷/۴۱۷ **	۰/۳۶۳ **
اثر متقابل AxB	۶	۱۲۹/۸۳۳ **	۱۰/۴۹۳ **	۴/۰۰۰ **	۴۱۳/۹۷۲ **	۲۲/۸۱۳ **	۰/۴۳۲ **
خطا	۳۳	۱/۵۵۲	۰/۵۴۶	۰/۵۶۶	۲۴/۳۶۹	۱/۸۰۶	۰/۰۰۹
cv(%)		۲/۷۰	۹/۱۷	۹/۱۲	۶/۶۰	۵/۷۵	۱۴/۲۵

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns: عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در گیاه زنیان

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد اقتصادی (kg/hect)	عملکرد بیولوژیکی (kg/hect)	شاخص برداشت
تکرار	۳	۹۹۵۱۱/۲۵۲ **	۱۲۸۹۶۱/۲۸۸ *	۳۰۲/۴۴۶ **
فاکتور A	۲	۶۵۲۳۰۷/۳۸۶ **	۳۳۱۵۶۰۶/۶۸۹ **	۱۶/۸۷۲ ns
فاکتور B	۳	۴۷۴۴۴۰/۳۰۲ **	۱۱۴۰۰۱۶/۳۸۴ **	۱۱۹۵/۴۹۵ **
اثر متقابل AxB	۶	۲۱۸۶۶۷/۴۲۲ **	۵۱۸۸۳۰/۳۸۴ **	۶۳۰/۴۳۲ **
خطا	۳۳	۱۷۶۱۶/۳۶۰	۳۳۱۹۸/۶۱۱	۴۹/۲۸۵
cv(%)		۳۲/۰۴	۲۰/۸۵	۱۵/۹۵

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns: عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در گیاه زنیان

منابع تغییر	درجه آزادی	LAI	CGR	RGR	NAR	LWR	SLA	LAR	LAD	کلروفیل (spad)
تکرار	۳	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۴۶ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۱۴۲ ns	۳/۵۸۵ *
فاکتور A	۲	۰/۰۰۶ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۱ ns	۰/۳۴۵ ns	۰/۱۴۰ **	۱/۳۶۲ **	۳۰/۷۹۰ **
فاکتور B	۳	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۵ **	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۸۶۵ **	۱۳۸/۳۶۲ **
AxB	۶	۰/۰۰۴ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۲ **	۰/۰۰۵ **	۰/۰۰۹ **	۰/۱۰۴ *	۰/۰۳۴ **	۰/۷۷۵ **	۴۱/۲۳۶ **
خطا	۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۴۰	۰/۰۰۹	۰/۰۹۴	۰/۹۳۹
cv(%)		۹/۳۰	۲۵/۴۹	۲۹/۱۵	۲۳/۸۲	۳/۵۳	۲۰/۵۰	۱۳/۴۳	۱۰/۵۱	۱۴/۲۶

جدول ۵- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

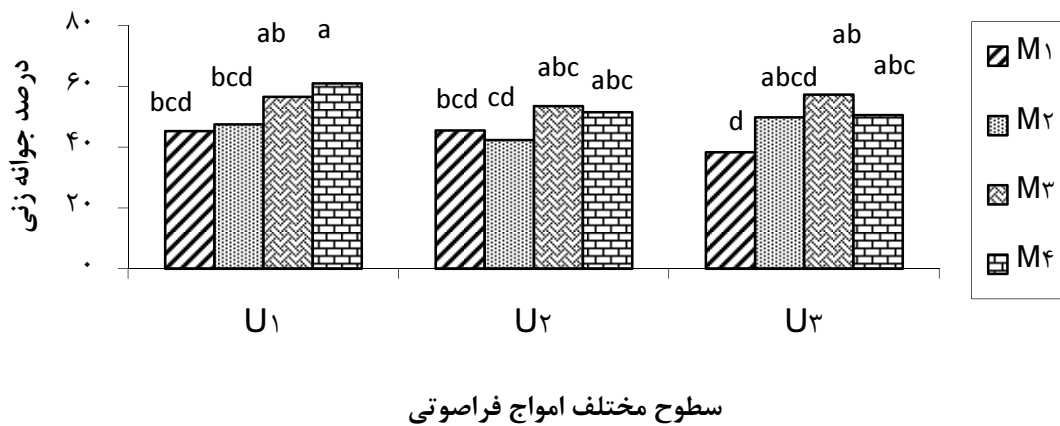
عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی بر حسب میلی‌موس بر سانتی‌متر	اسیدیته کل اشباع PH	عناصر قابل جذب ازت کل (%) فسفر p.p.m	بافت خاک	کربن آلی (%)
۰-۳۰	۲/۶۴	۷/۵۰	۰/۰۷	۴/۳	۰/۵۹

جدول ۶- راهنمای شکلها

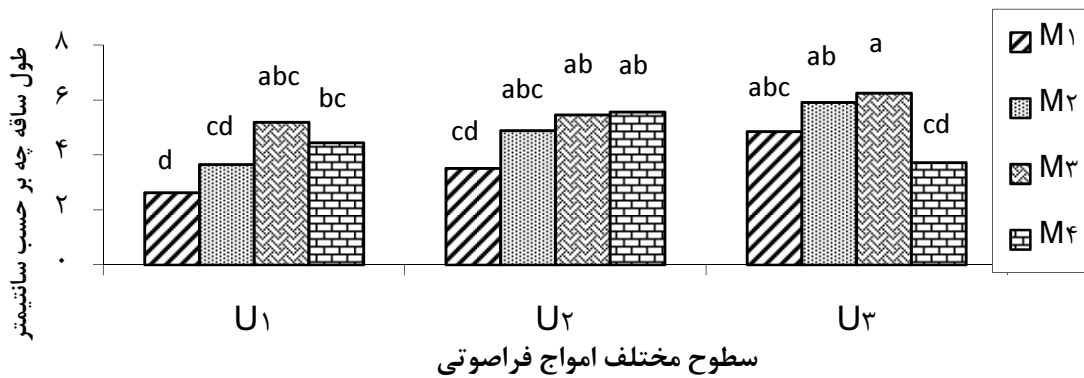
عدم اعمال امواج فراصوتی	U ₁	عدم اعمال میدان مغناطیسی	M ₁
اعمال امواج فراصوتی به مدت ۲ دقیقه	U ₂	اعمال میدان مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه	M ₂
اعمال امواج فراصوتی به مدت ۵ دقیقه	U ₃	اعمال میدان مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه	M ₃
-	-	اعمال میدان مغناطیسی به مدت ۴۵ دقیقه	M ₄

جدول ۷- فرمول محاسبه شاخصهای رشد

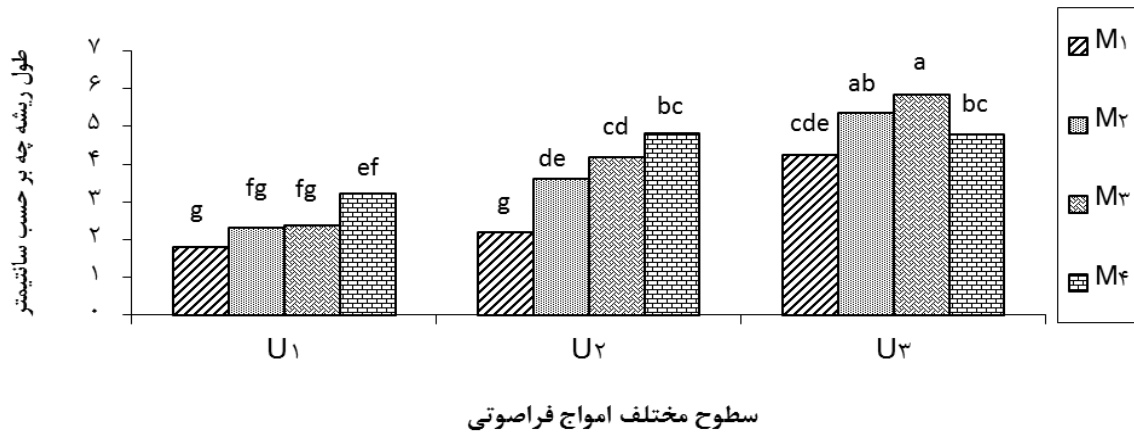
$RGR = TDM \times CGR$	سرعت رشد (CGR)
$RGR = dw/w.dt$	سرعت رشد نسبی (RGR)
$NAR = CGR / LAI$	سرعت جذب خالص CO ₂ (NAR)
$LAR = LAI / TDM$	نسبت سطح برگ (LAR)
$LWR = LWD / TDM$	نسبت وزن برگ (LWR)
$SLA = LAI / LWD$	سطح ویژه برگ (SLA)



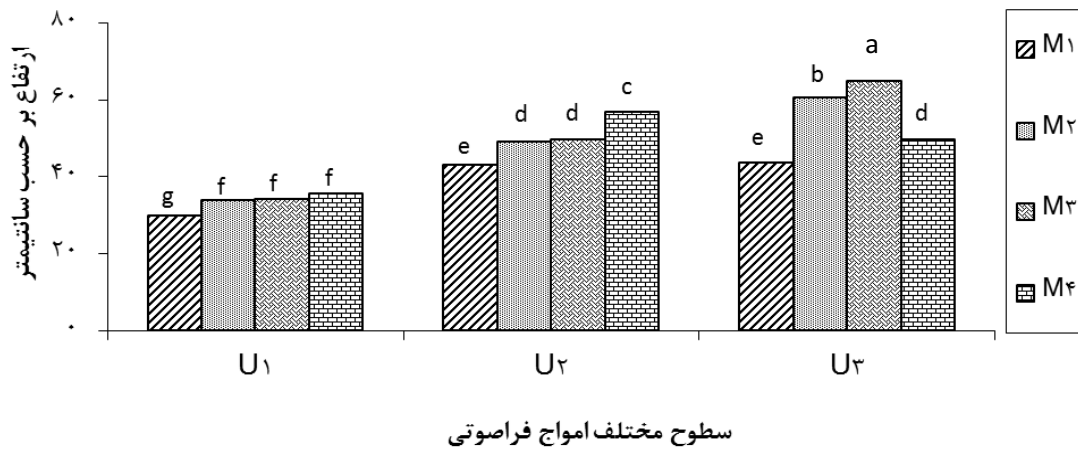
شکل ۱- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر درصد جوانه زنی



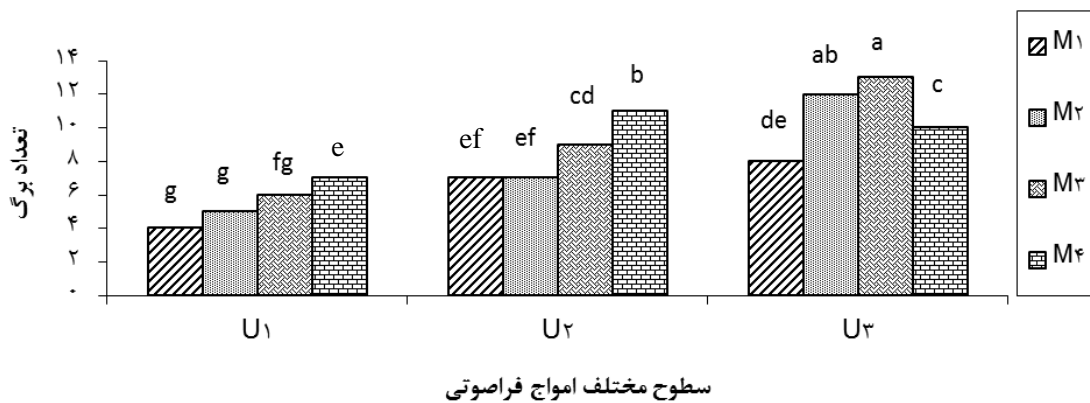
شکل ۲- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر طول ساقه چه



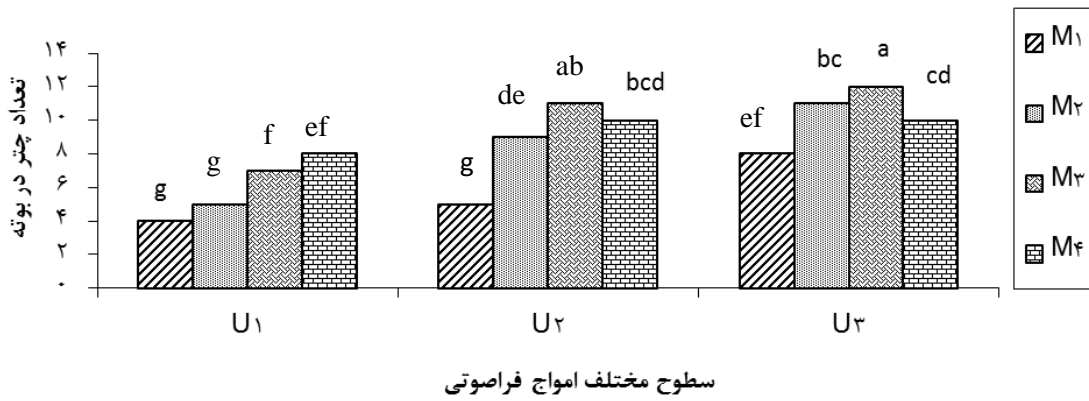
شکل ۳- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر طول ریشه‌چه



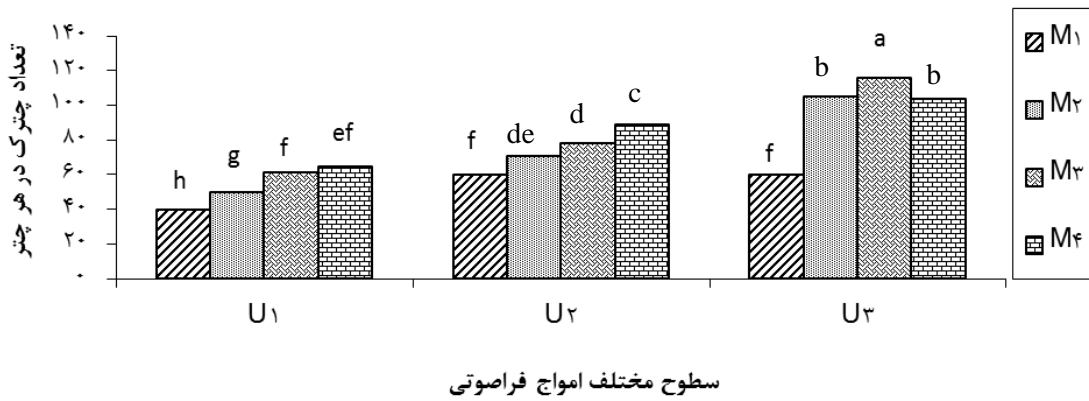
شکل ۴- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر ارتفاع گیاه



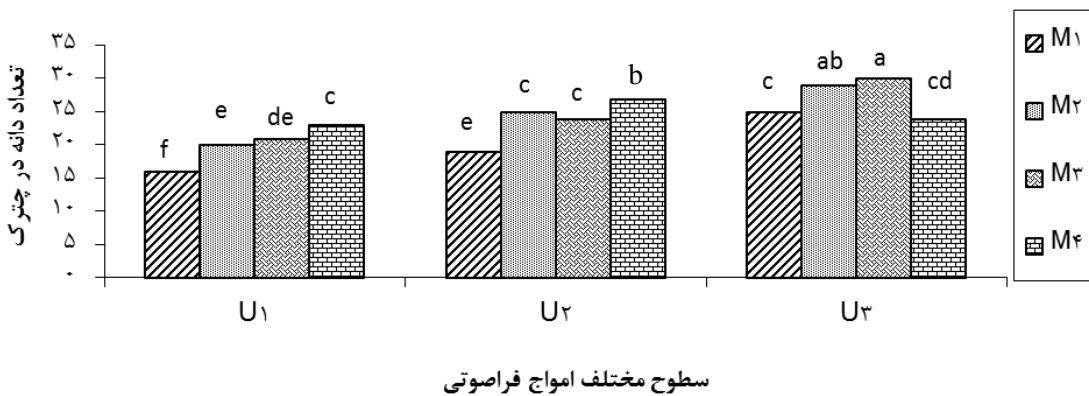
شکل ۵- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر تعداد برگ گیاه



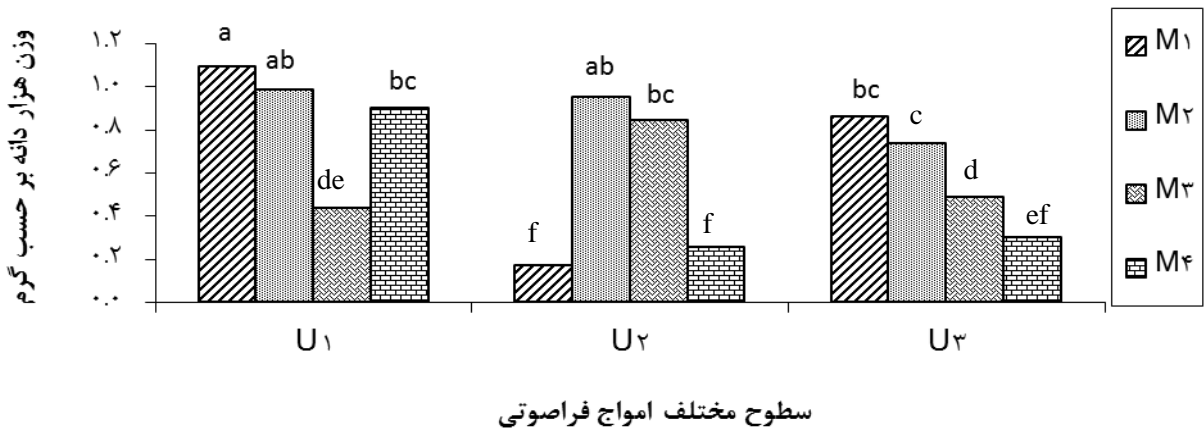
شکل ۶- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر تعداد چتر در بوته



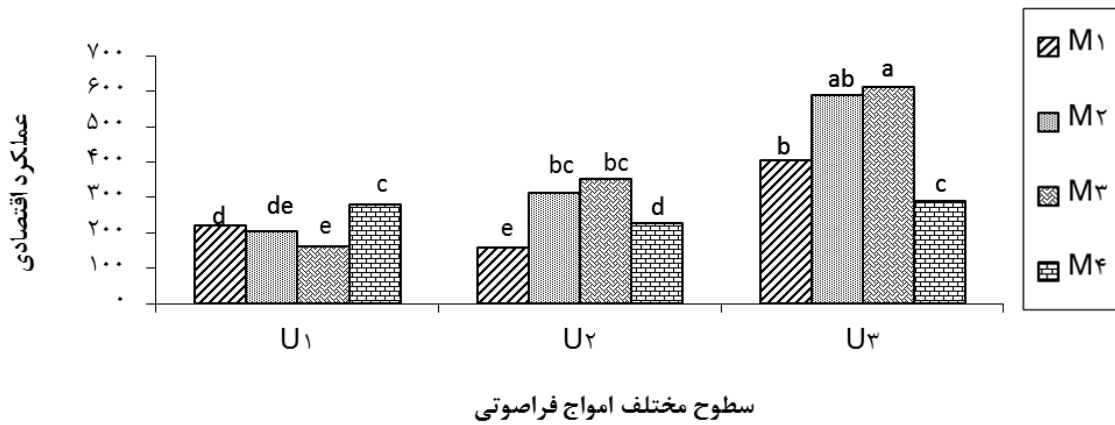
شکل ۷- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر تعداد چترک در هر بوته



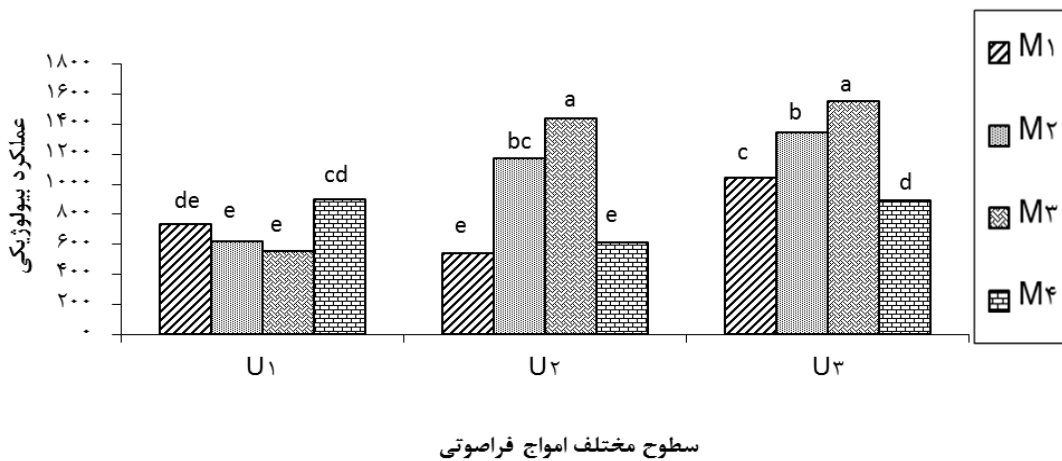
شکل ۸- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر تعداد دانه در چترک



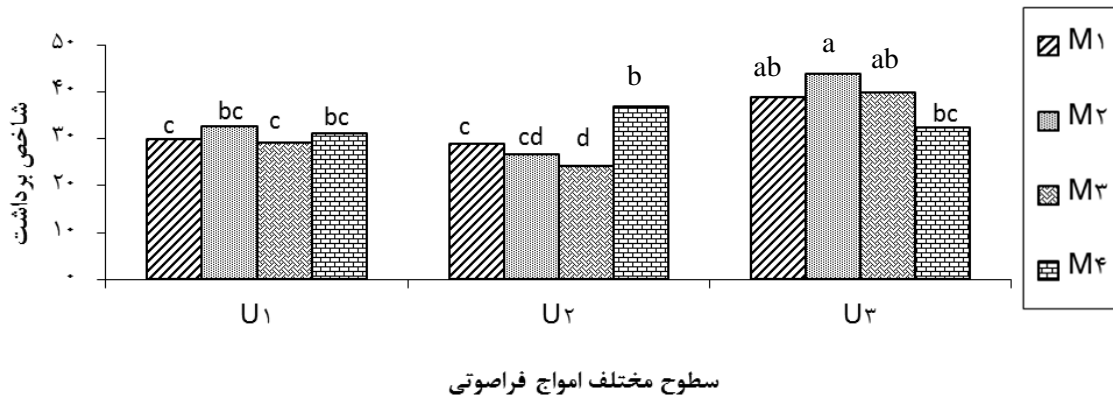
شکل ۹- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر وزن هزاردانه



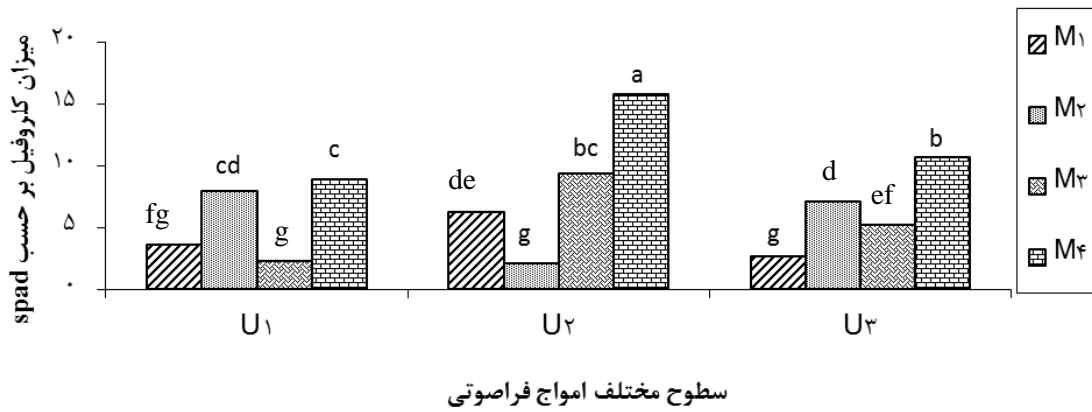
شکل ۱۰- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر عملکرد اقتصادی



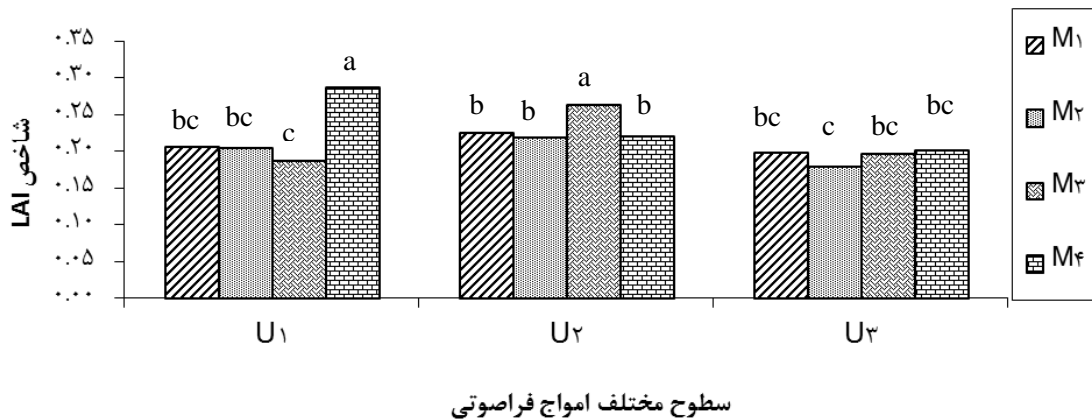
شکل ۱۱- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر عملکرد بیولوژیکی



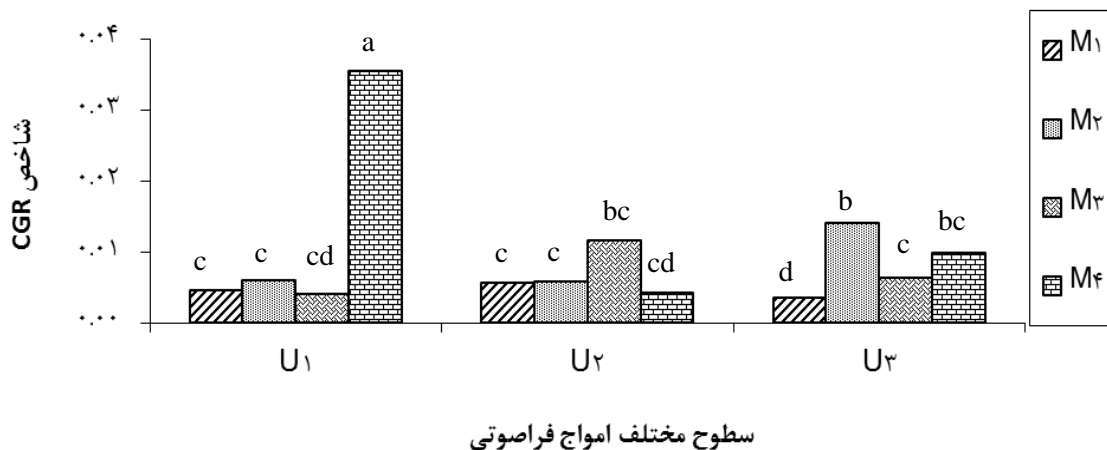
شکل ۱۲- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص برداشت



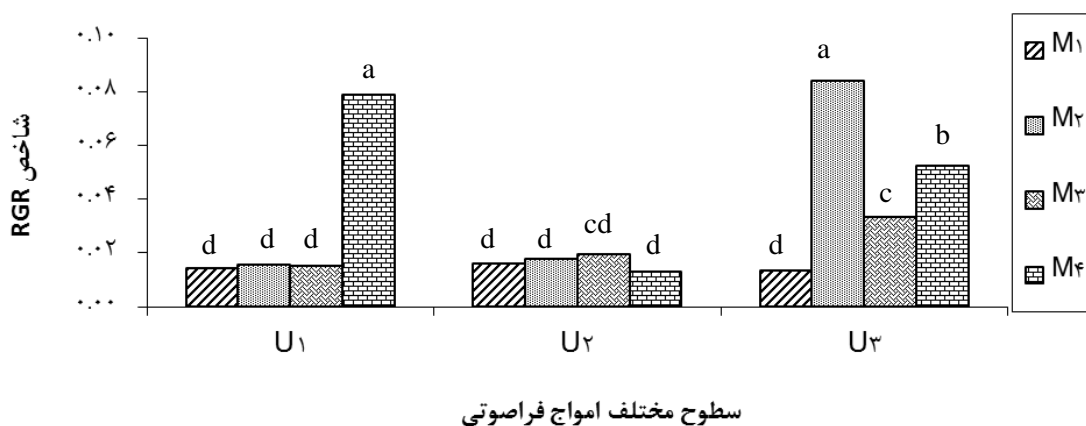
شکل ۱۳- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر میزان کلروفیل



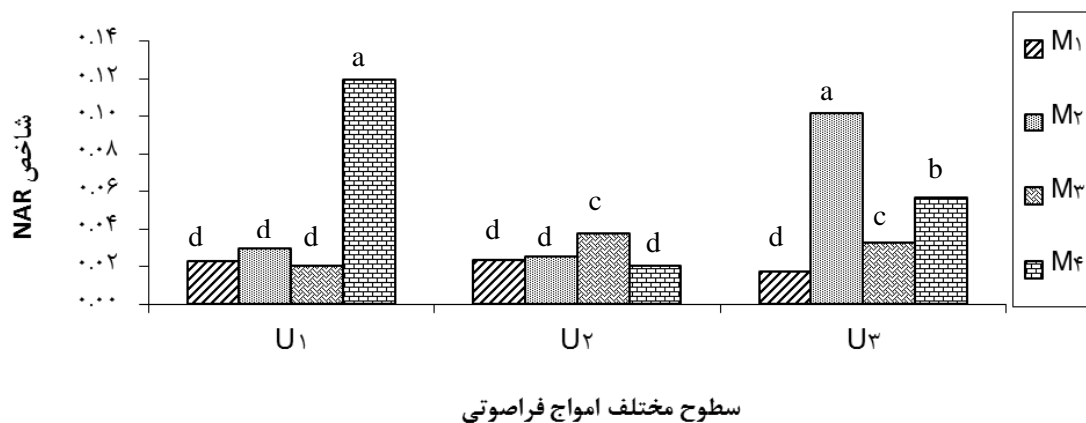
شکل ۱۴- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص LAI



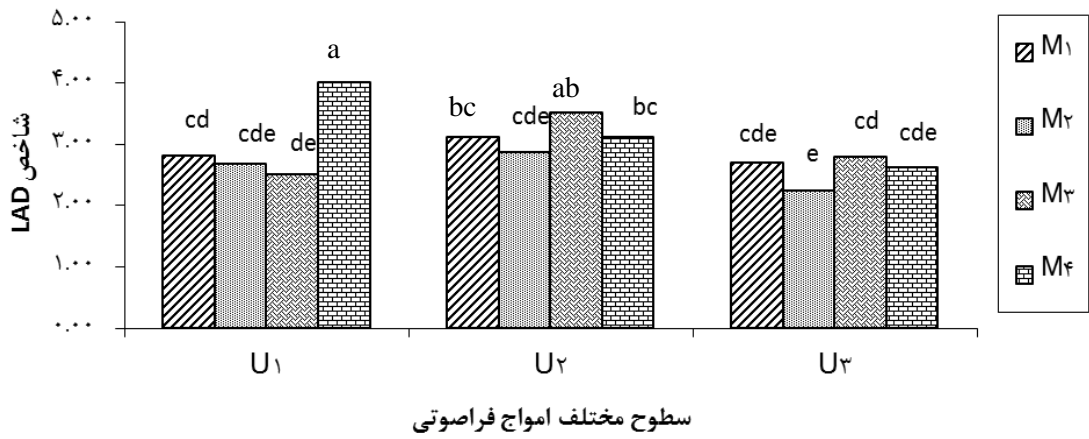
شکل ۱۵- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص CGR



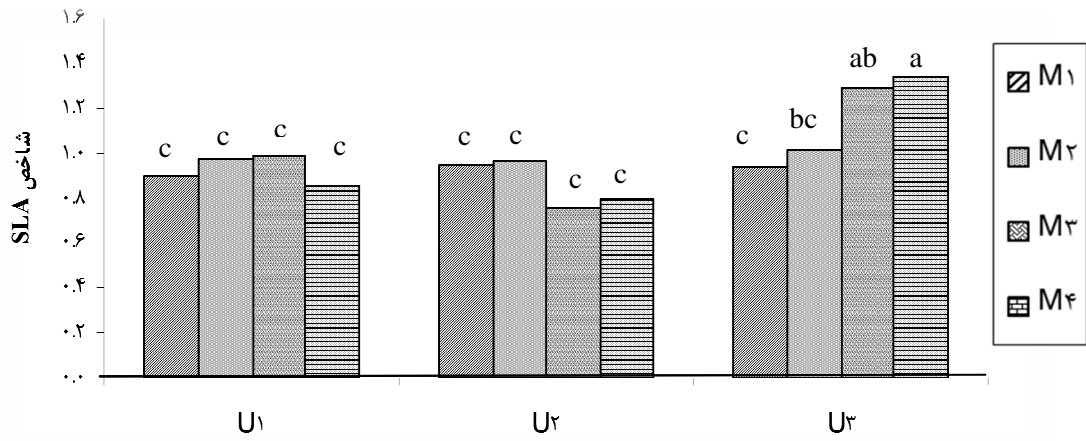
شکل ۱۶- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص RGR



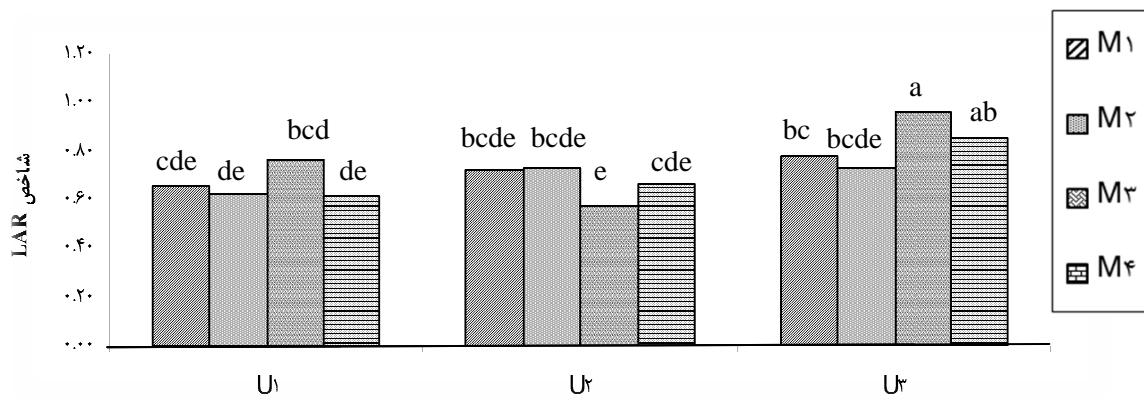
شکل ۱۷- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص NAR



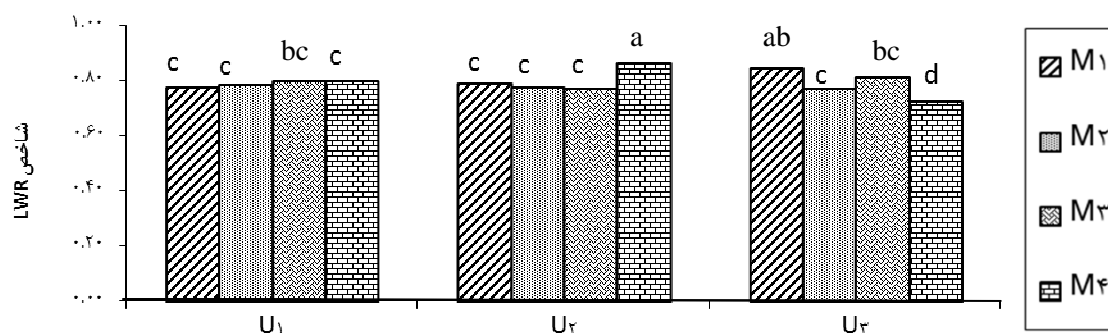
شکل ۱۸- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص LAD



شکل ۱۹- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص SLA



شکل ۲۰- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص LAR



شکل ۲۱- اثر متقابل تیمار امواج فراصوتی و میدان مغناطیسی بر شاخص LWR

بحث

Martinez و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت و با نتایج بدست آمده از پژوهش Garcia و همکاران (۲۰۰۸) مغایرت دارد. امواج فراصوتی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها در بذره‌های تیمار شده می‌شود. در اثر تیمار با امواج فراصوتی نفوذپذیری پوسته بذر نسبت به آب افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش حجم دانه است و آب به راحتی و در حجم بیشتری در اختیار دانه قرار می‌گیرد. با جذب آب فعالیت‌های حیاتی گیاه سریع‌تر آغاز می‌شود و آنزیم‌های جوانه‌زنی فعال می‌شوند. در نهایت جوانه‌زنی بهتر و بیشتر صورت می‌گیرد (Yaldagard *et al.*, 2008). افزایش سیالیت دیواره سلولی در نتیجه حرکت عناصر غذایی موجود در آندوسپرم، احتمالاً یکی از دلایل افزایش جوانه‌زنی در اثر استفاده از امواج فراصوتی است. همچنین میزان ایجاد شیار و حفره در پوسته بذرها افزایش یافت، که این امر نیز به جذب بیشتر آب و عناصر غذایی کمک می‌کند. در اثر ایجاد حفره و خراش در پوسته بذر تحت تأثیر امواج فراصوتی، حباب‌های کوچکی در سطح پوسته بذر تشکیل می‌شود که با از بین رفتن این حباب‌ها، حرارت و فشار زیادی در سطح پوسته تولید می‌شود. به دنبال این پدیده امواجی با طول موج کم تولید می‌شود، بنابراین در سطح نوعی استرس و بی‌نظمی ایجاد می‌شود. در نهایت تکرار این فرایند باعث ایجاد حفرات زیادتر و تخریب سلول‌های پوسته بذر می‌شود. آب جذب شده به سلول‌های جنینی می‌رود و سبب آزادسازی جیبرلیک اسید می‌شود و آزادسازی مواد غذایی در آندوسپرم را سرعت می‌بخشد (Yaldagard *et al.*, 2008). فرضیه دیگری نیز در این زمینه وجود دارد. احتمال می‌رود که بازتاب الکتریکی و

ثابت شده‌است که نیروی مغناطیسی خارجی می‌تواند بر فعالیت عناصر (یون‌ها) و قطبیت مواد دو قطبی در سلول‌های زنده تأثیرگذار باشد. مکانیسم این تأثیرگذاری هنوز کاملاً مشخص نشده‌است و در حال مطالعه می‌باشد. اندامک‌های سلول‌های گیاهی که از نظر متابولیسی فعالند، دارای رادیکال‌های آزاد هستند. رادیکال‌های آزاد نقش مهمی در انتقال الکترون و واکنش‌های شیمیایی دارند. این رادیکال‌های آزاد دارای الکترون‌های منفرد با نیروی مغناطیسی هستند، که می‌توانند به میدان‌های مغناطیسی خارجی بروند. در نتیجه واکنش میان میدان مغناطیسی خارجی و نیروی مغناطیسی الکترون‌های منفرد، انرژی امواج میکرو جذب می‌شود. این انرژی در نهایت به صورت شیمیایی درمی‌آید و فرایندهای حیاتی درون بذر را تسریع می‌کند. افزایش درصد جوانه‌زنی را همچنین می‌توان با افزایش حلالیت یون‌ها در محیط مایع اطراف دانه، تحت تأثیر تیمار میدان مغناطیسی توجیه کرد. احتمالاً بلافاصله پس از آغشته شدن بذر توسط آب، اولین تأثیر میدان مغناطیسی نمایان می‌شود که همان چرخش الکترون اتم هیدروژن در مولکول آب است. در این حالت مولکول آب به دو ایزومر خود یعنی اورتو (ortho) و پارا (para) تبدیل شده‌است. میدان مغناطیسی باعث افزایش یون‌های آب می‌شود. همچنین میدان مغناطیسی بر پروتون‌های مولکول آب که در ایجاد پیوند هیدروژنی دخیل هستند، تأثیر می‌گذارد (Shabrangi & Majd, 2009). نتایج بدست آمده در مورد درصد جوانه‌زنی با نتایج Aladjadjiyan (۲۰۰۷)، شرفی و همکاران (۱۳۸۷)، Chung و Moon (۲۰۰۰) و

یافته‌های متفاوتی در مورد طول ریشه‌چه بدست آوردند. مضرات افزایش استفاده از مواد شیمیایی و تأثیرات منفی آنها بر زنجیره غذایی بر همگان واضح و معلوم است. مواد شیمیایی در آخرین حلقه از زنجیره غذایی گیاه، حیوان و انسان تجمع می‌یابند و این موضوع برای انسان یک خطر بسیار جدی به‌شمار می‌آید (Aladjadjiyan, 2007). امروزه اهمیت غذای با کیفیت بالا بسیار افزایش یافته است. بنابراین استفاده از روشهای فیزیکی مثل اشعه، لیزر، امواج فراصوتی و میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی به جای کودهای شیمیایی توصیه می‌شود. تیمار بذرها با این روشها به آنها اجازه می‌دهد که رشد و توسعه اولیه سریع‌تری داشته باشند که نتیجه آن تولید بالاتر است و البته محصولات گیاهان تیمار شده مقدار نیترات و نیتريت کمتری دارند. در این پژوهش، به‌طور کلی با اعمال تیمارهای میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی جوانه‌زنی و ویگور بذرها بهبود یافت. نتایج این پژوهش حکایت از این داشت که این دو تیمار اعمال شده باعث افزایش عملکرد گیاه شدند. افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد چتر در بوته، چترک و دانه ارزیابی شد. همچنین افزایش عملکرد احتمالاً به‌دلیل کاهش مرگ گیاهچه‌ها و استقرار بهتر آنها در مزرعه می‌باشد، زیرا یکی از اثرات مفید استفاده از این دو تیمار، افزایش مقاومت گیاهان به بیماریها و آفات و ویگور بهتر است. افزایش عملکرد بیولوژیکی با توجه به افزایش رشد رویشی گیاه (افزایش ارتفاع و تعداد برگ) و اجزای عملکرد اقتصادی قابل توجه می‌باشد. با افزایش عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج Faqenabi و همکاران (۲۰۰۹)، Rybinski و همکاران (۲۰۰۳) و Podlesny و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که میدان مغناطیسی اعمال شده در زمان ۳۰ دقیقه و امواج فراصوتی با زمان ۵ دقیقه بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد گیاهان داشته است. البته با وجود حساسیت بالای گیاه به بیماریها و آفات، هیچ‌گونه اثری از بیماری و آفت دیده نشد.

سیاسگزاری

از کلیه اعضای گروه زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین و گروه فیزیک دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز که در انجام این پژوهش نهایت همکاری را

نوری حاصل از این پدیده حفره‌زایی منجر به واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در سطح سلول‌ها شود. نتایج پژوهش انجام شده با یافته‌های فاریابی و همکاران (۱۳۸۷)، Yaldagard و همکاران (۲۰۰۸) و Dorna و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. با وجود افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی افزایش نیافته است که احتمال می‌رود این امر به علت استفاده از بذره‌های با کیفیت پایین باشد. این نتایج با یافته‌های قرینه و همکاران (۱۳۸۳) مطابقت دارد و با یافته‌های Garcia و همکاران (۲۰۰۸) و Balouchi و Modarres Sanavy (۲۰۰۹) همخوانی ندارد. کشوری و همکاران (۱۳۸۷)، فاریابی و همکاران (۱۳۸۷) و Yaldagard و همکاران (۲۰۰۸)، تأثیر امواج فراصوتی را بر سرعت جوانه‌زنی متفاوت ارزیابی کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد.

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر سطوح مختلف میدان مغناطیسی و امواج فراصوتی قرار گرفتند که این مقدار افزایش طول احتمالاً به‌دلیل افزایش تراوایی غشاء و ورود مواد از پوسته و احتمالاً به دلیل کاهش انتشار مواد بدون تیمار میدان مغناطیسی می‌باشد. میدان مغناطیسی شکل و میزان سطوح انرژی را در فرایندهای شیمیایی تغییر می‌دهد؛ که نتیجه آن تغییرات بعدی در سطح مولکولی، سلولی و بافتی است. میدان مغناطیسی بر کانال کلسیم تأثیر می‌گذارد و نقل و انتقال کلسیم را از طریق بین سلولی افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد که ارتباط مستقیمی بین فرکانس و شدت میدان مغناطیسی بر پدیده‌های زیستی وجود دارد. انتقال انرژی از میدان مغناطیسی وقتی صورت می‌گیرد که فرکانس آن با فرکانس میدان مغناطیسی اطراف یونها جفت شود. اگر ساختار سیتوپلاسم یا یونها توسط میدان تغییر کند، فعالیت آن نیز تغییر خواهد کرد. ماکرومولکول‌های مختلف مانند پروتئین‌ها حرکت‌های متفاوتی تحت تأثیر میدان مغناطیسی دارند، از جمله لرزش، چرخش و غیره. این حرکات درون مولکولی می‌تواند به مرور باعث تغییر در فعالیت سلول شود (Majd و Shabrangi, ۲۰۰۹). به‌طور کلی این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شود که میدان مغناطیسی در اغلب گیاهان فاز اول رشد را بهبود می‌بخشد. Aladjadjiyan (۲۰۰۲)، Soltani و Kashi (۲۰۰۴) و Podlesny و همکاران (۲۰۰۳) نتایج مشابهی و دهقان و همکاران (۱۳۸۷)

آلبینکس در شرایط آزمایشگاهی. علوم پزشکی مدرس (آسیب‌شناسی زیستی)، ۱۱(۲-۱): ۹۷-۹۱.

- Aladjadjiyan, A., 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*. Journal of Central European Agricultur, 3(2): 89-94.
- Aladjadjiyan, A., 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agricultur, 8(3): 369-380.
- Aladjadjiyan, A. and Ylieva, T., 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). Journal of Central European Agriculture, 4(2): 131-139.
- Balouchi, H.R. and Modarres Sanavy, S.A.M., 2009. Electromagnetic field impact on annual medics and dodder seed germination. International Agrophysics, 23(1): 111-115.
- Dorna, H., Gorski, R., Szopinska, D., Tylkowska, K., Jurga, J., Wosiński, S. and Tomczak, M., 2010. Effects of a permanent magnetic field together with the shielding of an alternating electric field on carrot seed vigour and germination. Journal of Ecological Chemistry and Engineering, 17(1): 53-61.
- Esitken, A. and Turan, M., 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. camarosa). Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 54(3): 135-139.
- Fanaei, H.R., Akbari Moghadam, H., Keigha, G.A., Ghaffarie, M. and Alli, A., 2006. Evaluation of agronomy and essential oil components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgare* Mill. and *Nigella sativa* L. in the condition of Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(1): 34-41.
- Faqenabi, F., Tajbakhsh, M., Bernoosi, I., Saber-Rezaei, M., Taheri, F., Parvizi, S., Izadkhan, M., Hasanzadeh Gorttapeh, A. and Sedqi, H., 2009. The effect of magnetic field on growth, development of safflower and its comparison with others treatment. Research Journal of Biological Sciences, 4(2): 174-178.
- Fischer, G., Tausz, M., Kock, M. and Grill, D., 2004. Effect of weak 16 2/3 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. Bioelectromagnetics Journal, 25(8): 638-641.
- Garcia, M.F., Ramirez, E.M. and Padrino, M.V.C., 2008. Germination of grass seeds subjected to stationary magnetic field. International Agrophysics, 10(1): 51-55.
- Gyawali, Sh., 2007. Design and Construction of Helmholtz Coil for Biomagnetic Studies on

داشتند و همچنین از استادان عزیزم آقایان دکتر اسفندیار فاتح و دکتر یعقوب موسوی، کمال تشکر و سپاس را دارم.

منابع مورد استفاده

- امیدبگی، ر.، ۱۳۸۶. تولید و فراوری گیاهان دارویی (جلد ۱). انتشارات نشر، مشهد، ۲۱۰ صفحه.
- دهقان، س.، رضوی، ع.ر. و حسن‌زاده کاخکی، ع.، ۱۳۸۷. بررسی اثر میدان‌های مغناطیسی ۲۰۰ و ۴۰۰ گوس بر جوانه‌زنی چغندر قند. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران، گرگان، ۲۳-۲۲ آبان: ۲۴.
- شرفی، س.، صالحی ارجمند، ح.، میرمیران، م.، سخاوت، م. و ناظری، ع.، ۱۳۸۷. ارزیابی اثرات خود مسمومی و میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی ماریتیغال. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران، گرگان، ۲۳-۲۲ آبان: ۶۸.
- غیبی، ن.، جعفری، ح.، میری، س.ر.، عباسی، ا.، خلیلی نجف‌آبادی، م.، جهانی، ح. و یادگاری، س.، ۱۳۸۶. اثرات تزریق گیاه زنیان (*Trachyspermum copticum* (L.) Link) در هسته مشبک پارازیگان‌توسولاریس (PGI) بر علائم کیفی سندرم ترک در موش صحرایی نر. گیاهان دارویی، ۶(۲۳): ۶۴-۵۸.
- فاریابی، ا.، زارع‌منش، ح.، کشوری، م. و ابدالی، ن.، ۱۳۸۷. بررسی تأثیر امواج فراصوت بر فرایندهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی تنزیدن بذور فلفل دلمه و تربچه. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران، گرگان، ۲۳-۲۲ آبان: ۲۲۱.
- قرینه، م.ح.، بخشنده، ع. و قاسمی گل‌عزانی، ک.، ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش خشکی و مراحل مختلف برداشت بر بنیه (قدرت بذر) و جوانه‌زنی ارقام گندم در شرایط آب و هوایی اهواز. علمی کشاورزی، ۲۷(۱): ۶۵-۷۶.
- کافی، م.، راشد‌محصل، م.ح.، کوچکی، ع.ر. و ملافیلابی، ع.، ۱۳۸۱. زیره سبز فناوری تولید و فراوری. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۹۹ صفحه.
- کشوری، م.، ابدالی، ن.، فاریابی، ا. و زارع‌منش، ح.، ۱۳۸۷. استفاده از امواج فراصوت در افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی در بذور شاهی، شبدر و مرزه. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران، گرگان، ۲۳-۲۲ آبان: ۳۴.
- نظریان قهفرخی، م.، ستاری، م.، یادگاری، م.ح.، گودرزی، غ. و سحرخیز، م.، ۱۳۸۷. آثار ضد قارچی اسانس و عصاره الکلی زنیان علیه ایزوله‌های بالینی مقاوم و حساس به فلوکونازول کاندیدا

- Racuciu, M., Creanga, D. and Horga, I., 2008. Plant growth under static magnetic field influence. *Romanian Journal of Physics*, 53(1-2): 353-359.
- Rajabbeigi, E., Ghanati, F., Sefidkon, F. and Abdolmaleki, P., 2007. Investigating the changes of essential oil of *Ocimum basilicum* L. in response to electromagnetic field. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4): 341-350.
- Rochalska, M., 2008. The influence of low frequency magnetic field upon cultivable plant physiology. *Nukleonika*, 53(Suppl.1): S17-S20.
- Rybinski, W., Pietruszewski, S. and Kornarzynski, K., 2003. Influence of magnetic field with chemomutagen and gamma rays on the variability of yielding parameters in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Agrophysics*, 17: 85-91.
- Sleper, D., Pathan, M.S., Camps-Raga, B., Boriraksantikul, N., Tantong, S., Gyawali, S.R., Kirawanich, P. and Islam, N.E., 2008. Experimental analysis of corn seed germination enhancement under the application of electromagnetic and magnetic fields. *Proceeding of the European Electromagnetics (EUROEM 2008)*, Lausanne, Switzerland, 21-25 July: 98.
- Shabrangi, A. and Majd, A., 2009. Effect of magnetic fields on growth and antioxidant systems in agricultural plants. *PIERS Proceedings*, Beijing, China, 23-27 March: 1142-1147.
- Soltani, F. and Kashi, A.A.K., 2004. Effect of magnetic field on seed germination and vegetative growth of lettuce. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2): 101-108.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S.A. and Tabatabaie, F., 2008. Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley seed: optimization of method by the taguchi approach. *Journal of the Institute of Brewing*, 114(1): 14-21.
- Zarrinzadeh, J., Mirza, M. and Alyari, H., 2007. The effect of plantation date and irrigation on essential oil content and composition of *Cuminum cyminum* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(1): 134-140.
- Soybean. A Thesis for the Degree Master of Science. University of Missouri-Columbia.
- Hejazian, S.H., Dashti, M.H. and Salami, A., 2008. The analgesic effect of alcoholic extract of *Carum copticum* (L.) C. B. Clarke on chronic pain in mice. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(4): 468-476.
- Khoshshokhan Mozaffar, M., Ghanati, F., Zare Maivan, H., Abdolmaleki, P., Khorramishad, Kh., Etemadi, B. and Vaeszadeh, M., 2006. The effect of static magnetic field on the metabolism of certain phenolic compound in red cabbage (*Brassica oleracea* L. cv. saccata). *Pajouhesh and Sazandegi*, 70: 63-69.
- Lipiec, J., Janas, P. and Barabasz, W., 2004. Effect of oscillating magnetic field pulses on the survival of selected microorganisms. *International Agrophysics*, 18(4): 325-328.
- Majd, A. and Shabrangi, A., 2009. Effect of seed pretreatment by magnetic field on seed germination and ontogeny of agricultural plants. *Progress in Electromagnetic Symposium*, Beijing, China, 23-27 March: 1137-1141.
- Marinkovic, B., Grujic, M., Marinkovic, D., Crnobarac, J., Marinkovic, J., Jacimovic, G. and Mircov, D.V., 2008. Use of biophysical methods to improve yields and quality of agricultural productions. *Journal of Agricultural Sciences*, 53(3): 235-242.
- Martinez, E., Carbonell, M.V., Florez, M., Amaya, J.M. and Maqueda, R., 2009. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *International Agrophysics*, 23: 45-49.
- Moon, J.D. and Chung, H.S., 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *Journal of Electromagnetic*, 48(2): 103-114.
- Nimmi, V. and Madhu, G., 2009. Effect of pre-sowing treatment with permanent magnetic field on germination and growth of chilli (*Capsicum annum* L.). *International Agrophysics*, 23(2): 195-198.
- Podlesny, J., Pietruszewski, S. and Podlesna, A., 2003. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *International Agrophysics*, 18: 65-71.

Effect of ultrasound waves and magnetic field on germination, growth and yield of *Carum copticum* (L.) C. B. Clarke) in lab and field conditions

Gh. Marghaeizadeh^{1*}, M.H. Gharineh², Gh. Fathi², A.R. Abdali² and M. Farbod³

1*- Corresponding author, MSc. Student, University of Agriculture and Natural Resources of Ramin, Ahvaz, Iran
E-mail: ghazal.m429@gmail.com

2- University of Agriculture and Natural Resources of Ramin, Ahvaz, Iran

3- Department of Science, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

Received: January 2012

Revised: January 2013

Accepted: January 2013

Abstract

Seed priming includes very simple methods that could be effective in improving seed germination and establishment of seedling. Seed treatment with ultrasound waves and magnetic field are considered as biophysical and seed priming methods. The production and processing of this species in the world is of outmost importance regarding the medicinal effects of *Carum copticum* (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke), belonging to the Apiaceae family. This research was aimed to study the effects of ultrasound waves and magnetic field on germination of Ajowan in laboratory conditions at the University of Agriculture and Natural Resources of Ramin in 2010. In addition, increasing the percentage of seed germination and velocity, and increasing the resistance of seedlings to the environmental stresses such as drought, cold, heat, as well as diseases and pests were investigated. The seeds were treated with an ultrasound of 22 kHz frequency in two times of two and five minutes (U2, U3) and a magnetic field intensity of 5000 gauss in three different times of 15, 30, 45 minutes (M2, M3&M4) at a temperature of 30°C. A factorial experiment in a complete randomized design with four replications was carried out. Results showed that seed germination and vigor increased in response to the magnetic field and ultrasonic wave treatments. According to the obtained results, a magnetic field for 30 minutes and in some cases 45 minutes with ultrasound waves for five minutes had the greatest impact on this species. Despite the high sensitivity to both plant diseases and pests, no trace of disease and pest was found in the field.

Key words: Ajowan (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke), ultrasound, germination, growth, yield, magnetic field.