

اثر پیش تیمارهای مغناطیس و فراصوت بر خصوصیات زراعی و عملکرد ذرت علوفه‌ای

ساسان رضادوست^۱ و هادی طایفه افشاری^۲

چکیده

به منظور مطالعه اثر پیش تیمار امواج مغناطیسی و امواج فراصوت بر عملکرد ذرت علوفه ای ۷۰۴ آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه ای واقع در روستای بدلبو در ۱۵ کیلومتری شمال ارومیه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۲ فاکتور انجام شد. عامل اول میدان مغناطیسی شامل تیمارهای ۴۰، ۸۰ میلی تسلا در زمان ۲۰ دقیقه و شاهد بود، عامل دوم امواج صوتی شامل دو سطح با فرکانس های ۴۰ و ۸۰ کیلو هرتز در زمان دو دقیقه به همراه شاهد بود. نتایج نشان داد که صفات ارتفاع بوته، تعداد گره، مساحت برگ، نسبت وزن بلال، در صد پروتئین و وزن علوفه تحت تاثیر امواج صوتی قرار گرفتند. صفت تعداد گره نیز تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار گرفت و اثر متقابل تاثیر میدان مغناطیسی در امواج صوتی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر ساقه و درصد پروتئین معنی دار شدند. تلفیق دو پیش تیمار امواج فراصوتی و مغناطیسی در سطح امواج متوسط باعث افزایش ۲۰ درصدی علوفه گردید.

کلمات کلیدی: پیش تیمار بذر، ذرت ۷۰۴، میدان مغناطیسی، فرا صوت

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۵

✓ تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۲۵

^۱ - گروه زراعت کشاورزی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی - ایران. (نویسنده مسئول) srezadust@yahoo.com

^۲ - دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت کشاورزی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی - ایران.

مقدمه

ذرت یکی از غلات مهم در جهان است و به‌عنوان یکی گیاهان پرتوقع و استراتژیک در جهان محسوب می‌شود. ذرت علوفه ای با تولید ۹۲۶۵۸۴۱ تن در ۱۶۴۰۵۶ هکتار سطح زیر کشت در سال ۱۳۹۱ جایگاه مهمی را در تامین خوراک دام به خود اختصاص داده است. آمار و اطلاعات حاکی از تولید ۱۸۲۱۷۰ تن ذرت علوفه ای با سطح زیر کشت معادل ۲۷۹۹ هکتار در سطح استان آذربایجان غربی است (بی نام، ۲۰۱۱).

امواجی با فرکانس زیر حد فرکانس شنوایی انسان (۲۰ هرتز) را امواج فرو صوت گویند. بازه فرکانس شنوایی افراد متفاوت است و معمولاً با بالا رفتن سن این بازه (شنوایی) کم می‌شود. معمولاً بالاترین فرکانس شنوایی حدود ۲۰ یا ۲۵ کیلوهرتز می‌باشد. فرکانس قابل شنیدن انسان ۲۰-۲۰۰۰ هرتز است (Zaki et al., 2007).

علی‌رغم این که علم صوت سابقه‌ای دیرینه دارد ولی کاربرد عملی و علمی از آن در کشاورزی و صنایع غذایی دیر شروع شده است. امواج فراصوت باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها در بذرهای 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. 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 فرآیند باعث ایجاد حفرات زیادتر و تخریب سلول‌های پوسته بذر می‌شود. آب جذب شده به سلول‌های جنینی می‌رود و سبب آزادسازی اسیدجیرلیک می‌شود و آزادسازی مواد غذایی در آندوسپرم را سرعت می‌بخشد (Yaldgard et al., 2008).

امواج مغناطیس، امواجی هستند که دارای ماهیت و سرعت یکسان هستند و فقط از لحاظ فرکانس و طول موج با هم تفاوت دارند. در طیف امواج مغناطیسی هیچ شکافی وجود ندارد، یعنی هر فرکانس را بخواهیم می‌توان تولید کرد. برای مقیاس بسامد یا طول موج هیچ حد بالا و پایینی وجود ندارد. این امواج برای انتشار خود نیاز به محیط مادی ندارند و حرکت این امواج

اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و خصوصیات زراعی لوبیا نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به وسیله‌ی آب مغناطیسی افزایش یافته و تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر آب مغناطیسی قرار ندارد (Talabi et al., 2011). در آزمایش دیگر جوانه زنی گیاه زنیان تحت تأثیر امواج فراصوت و میدان مغناطیسی با فرکانس‌های ۲۲ کیلوهرتز در زمان ۲،۵ دقیقه و شدت مغناطیسی ۵۰۰۰ گوس در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ دقیقه نشان داد که میدان مغناطیسی ۳۰ دقیقه و امواج صوتی ۵ دقیقه بیشترین تأثیر بر عملکرد گیاه داشته و همچنین باعث افزایش جوانه‌زنی و یگور بذور و بهبود عملکرد نهایی گیاه تحت تأثیر تیمار شد (Morgabizadeh et al., 2010).

پوراکبر و همکاران (Poorakbar et al., 2010) در آزمایشی اثر میدان مغناطیسی بر صفات جوانه زنی بذرهای گیاه سیاهدانه در میدان مغناطیسی با شدت ۲۵ و ۵۰ میلی‌تسلا به مدت ۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ دقیقه مطالعه و نشان دادند که میدان مغناطیسی عملکرد بذر را در محیط کشت افزایش داد. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و وزن خشک گیاه به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. ترکیب

عرضی می‌باشد (Yaldgard et al., 2008). استفاده از مغناطیس در کشاورزی نشان داده که بذور مغناطیس شده همراه با آبیاری مغناطیسی جوانه‌زنی را در گندم ۲۰ درصد، گوجه فرنگی ۶۵ درصد و در فلفل و خیار ۱۰۰ درصد افزایش داد. در آبیاری مغناطیسی در مزارع یونجه عملکرد یونجه تا ۶۵ درصد افزایش و مصرف آب و هزینه‌های پمپاژ را ۴۲ درصد کاهش داده است. باید توجه داشت استفاده از مغناطیس در کشاورزی باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌گردد (Darykhany, and Elahi, 1998).

اثر امواج فراصوتی و آب مغناطیسی بر جوانه زنی گیاه رازیانه در دانشگاه چمران اهواز مورد مطالعه قرار گرفت که در آن آزمایش امواج فراصوت با شدت ۴۲ کیلوهرتز در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸ به بذر و همچنین آب تحت شدت میدان مغناطیسی به بزرگی ۶۵۰۰ گوس در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸ داده شد، نتایج نشان داد که آب مغناطیسی بر صفات متوسط سرعت جوانه زنی، وزن ساقه چه و شاخص یگور اثر معنی‌دار داشت. همچنین در تیمار فراصوت بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذور شاهد و کمترین درصد در تیمار ۸ دقیقه بود که با افزایش زمان قرار گرفتن در امواج فراصوت سرعت جوانه زنی کاهش یافت (Noroozi et al., 2011).

میدان مغناطیسی و مدت زمان آن با شدت ۲۵ میلی تسلا به مدت ۶۰ دقیقه نتایج بهتری بدست آمد. همچنین در بذره‌های در حال جوانه‌زنی تحت تأثیر میدان مغناطیسی فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، دهیدروژناز و پروتئاز به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. مطالعه اثرات پیش تیمارهای مغناطیس و فراصوت بر خصوصیات زراعی و تولید محصول ذرت علوفه‌ای از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان ۱۳۹۲ تحت شرایط مزرعه‌ای در روستای بدلبودر ۱۵ کیلومتری شمال شهرستان ارومیه انجام گرفت. این محل با عرض جغرافیایی ۳۵°، ۳۸° شمالی و طول جغرافیایی ۵۲°، ۴۴° شرقی و ارتفاع ۱۱۵۷ متر از سطح دریا قرار دارد. قبل از اقدام به تهیه بستر و کاشت، از چند نقطه محل آزمایش از عمق ۰ - ۴۰ سانتی متری خاک نمونه برداری و نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

نوع طرح آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در ۹ تیمار و ۳ تکرار که شامل دو پیش تیمار با امواج صوتی ۴۰ و ۸۰ کیلو هرتز و میدان مغناطیسی ۴۰ و ۸۰ میلی تسلا و تلفیق آنها با یکدیگر و تیمار شاهد بود. بذور برای اجرای تیمار امواج صوتی به اداره بهداشت شهرستان ارومیه برده شد و در دستگاه ادیومتر ۱ کاناله به مدت دو دقیقه قرار داده شد در ادامه بذور برای قرار گرفتن در میدان مغناطیسی به دانشکده فیزیک دانشگاه ارومیه برده شد و بذور بوسیله دستگاه مغناطیس که شامل دو آهن ربای سیم پیچی شده متصل به برق بود، که بذرها به مدت ۲۰ دقیقه در این دستگاه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گرفتند.

زمین مورد استفاده به مساحت ۶۰۰ مترمربع، در اول اردیبهشت سال ۹۱ اقدام به شخم بهاره گردید، ۲۰ روز بعد برای خرد کردن کلوخه‌ها از دستگاه کولتیواتور استفاده شد. یک هفته بعد با سم ترفلان (با نسبت یک در هزار) زمین مورد نظر سم‌پاشی و مجدداً کولتیواتور زده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک محل آزمایش

Table 1: Soil characteristics of the experimental area

درصد اشباع	هدایت الکتریکی EC × 10 ³	اسیدیته گل اشباع	مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
49	2/20	8/04	18/3	1/14	6/09	401	32	39	29

استفاده شد. مقایسه میانگین‌های به دست آمده

به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

۱- ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار امواج صوتی و اثر متقابل امواج صوتی و مغناطیسی بر ارتفاع بوته بود (جدول ۲). امواج فراصوتی بیشترین ارتفاع (۳۱۵/۱ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داده و کمترین میزان آن به نمونه‌های شاهد اختصاص داشتند. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نشان داد که تیمار ۴۰ کیلوهرتز امواج فراصوتی در ترکیب با میدان مغناطیس ۴۰ میلی‌تسلا بیشترین ارتفاع بوته (۳۴۲/۹ سانتی‌متر) مشاهده گردید (جدول ۳). در مطالعات قبلی مشخص گردید بذور تیمار

در تاریخ ۲۷ اردیبهشت به وسیله ردیف کار با مخزن خالی جوی پشته‌ها تهیه شدند. در هر کرت ۴ پشته ۴ متری تشکیل شد. در تاریخ ۲۵ خرداد اقدام به پیش تیمار بذرهای ذرت ۷۰۴ گردید و سپس بذرها بر اساس نقشه طرح کاشته شدند. اولین آبیاری در همان روز انجام گرفت. عملیات تنک نیز در مرحله ۴ برگی انجام شد و تعداد بوته‌ها به یک بوته کاهش یافت. طی دو مرحله ۴ و ۸ برگی کود اوره سرک توزیع گردید و در کل زمان داشت ۹ مرحله آبیاری شد.

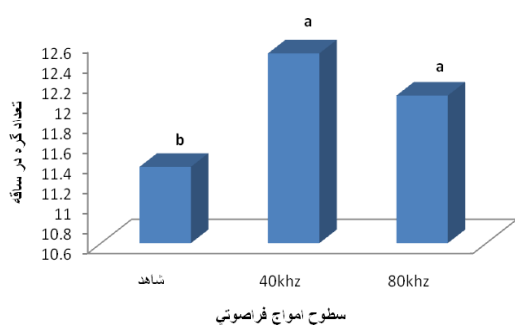
چون هدف از کاشت ذرت ۷۰۴ در این تحقیق تولید علوفه بود، برداشت در مرحله بین شیری تا خمیری شدن دانه‌ها از سه ردیف میانی کاشت در هر کرت و با رعایت حاشیه‌ها ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر به ویژه وزن تر بلافاصله در مزرعه اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌های خام به دست آمده از طریق نرم افزار آماری MSTATC

شده با امواج صوتی و یا میدان های مغناطیسی از سرعت جوانه زنی و قدرت رشد بیشتری برخوردار هستند (Shors *et.al.*, 1999)؛ (Rochalska, 2011). به طور کلی بذوری که سریع تر جوانه می زنند نسبت به سایر بذور سریع تر در خاک استقرار یافته و در رقابت برای جذب مواد غذایی، آب و نور نسبت به سایر بذور بهتر عمل کرده و با این پتانسیل اولیه رشد از ارتفاع بیشتری برخوردار خواهند بود.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس به نظر می رسد امواج صوتی بر ارتفاع بوته موثرتر عمل کرده و توانسته اند تغییرات معنی داری به وجود آورند. امواج صوتی ۴۰ کیلوهرتز بلندترین بوته ها را تولید نمودند، لذا انتظار می رود حداکثر وزن بوته نیز در این تیمارها حاصل شود چرا که ارتفاع گیاهان علوفه ای مهمترین جزء وزن اندام هوایی محسوب می گردد. علاوه بر این افزایش ارتفاع، افزایش تعداد برگ و در پی آن افزایش کیفیت علوفه را بدنبال خواهد داشت. افزایش ارتفاع در گندم (wang *et.al.*, 2003) و برنج (Yu *et.al.*, 2013) تحت تیمار امواج صوتی نیز گزارش شده است.

۲- تعداد گره در ساقه

تعداد گره در ساقه ذرت تحت تاثیر تیمار امواج صوتی و میدان مغناطیسی قرار گرفته ولی اثر تلفیقی این دو عامل معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین مربوط به تیمار فراصوتی نشان داد بیشترین تعداد گره در ساقه (۱۲/۴۹) در شدت ۴۰ کیلوهرتز و کمترین میزان آن (۱۱/۳۶) در تیمار شاهد حاصل شد (شکل ۱). همچنین در پیش تیمار مغناطیسی بذور ذرت نیز بیشترین گره در تیمار ۴۰ میلی تسلا مشاهده شد (شکل ۲). در یک آزمایش گلخانه ای تیمار صوتی با افزایش فعالیت های متابولیکی و تحریک تقسیم سلولی توانست رشد ریشه و تعداد گره را در استولون های توت فرنگی افزایش دهد (Xiaocheng *et. al.*, 2007).

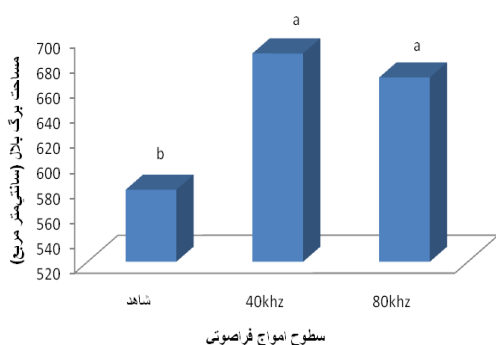


شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد گره ساقه ذرت

تحت تیمار امواج فراصوتی

Fig1: Comparison of corn node number in ultrasound treatments

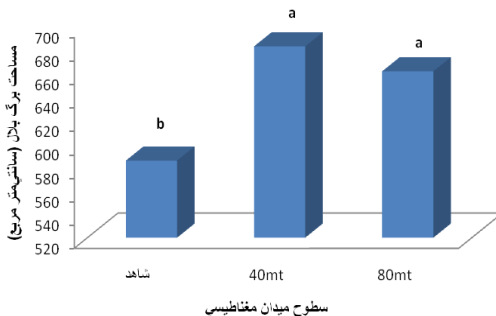
برگ و رشد بیشتری داشتند در این گیاهان میزان فعالیت ATP سنتتاز بیشتر بود لذا گیاهان از انرژی بیشتری برای انجام فعالیت های متابولیکی و تقسیم سلولی و رشد برخوردار بودند (Lirong *et.al.*, 2014).



شکل ۳- مقایسه میانگین مساحت برگ بلال

تحت تیمار فراصوت

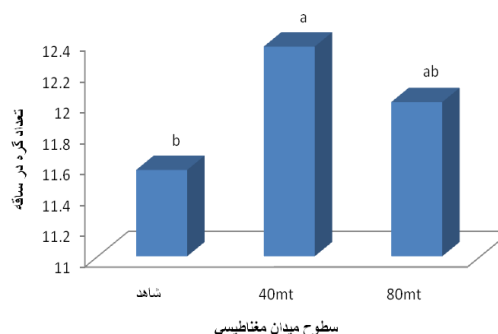
Fig. 3: Comparison of corn leaf area in ultrasound treatments



شکل ۴- مقایسه میانگین مساحت برگ ذرت

تحت تیمار مغناطیسی

Fig. 4: Comparison of corn leaf area in magnetic treatments



شکل ۲- مقایسه میانگین های تعداد گره ساقه

ذرت تحت تیمار امواج مغناطیسی

Fig 2: Comparison of corn node number in magnetic treatments

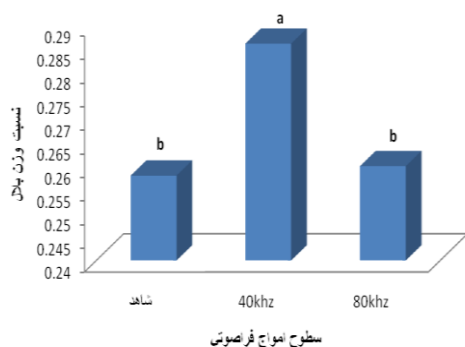
۳- مساحت برگ

امواج فراصوتی و مغناطیسی به احتمال ۹۹ درصد تأثیر معنی داری بر مساحت برگ بلال داشتند اما اثر برهمکنش این دو عامل معنی دار نبود (جدول ۲). امواج ۴۰ کیلوهرتز نتایج بهتری داشته و بیشترین (۶۸۴/۴ سانتی متر مربع) میزان مساحت برگ را به خود اختصاص داده و مساحت برگ در تیمار فراصوت ۸۰ با ۴۰ کیلوهرتز اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۳). در بررسی اثر امواج مغناطیسی نیز نتایج مشابهی با تیمار فراصوتی بدست آمد فراخ ترین برگ ها (۶۸۳/۳ سانتی متر مربع) مربوط به امواج ۴۰ میلی تسلا بود (شکل ۴). توت فرنگی های تیمار شده با امواج صوتی در گلخانه افزایش سطح

۴- نسبت وزن بلال

این صفت مهم نیز تحت اثرات ساده امواج فراصوتی و امواج مغناطیسی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت ولی متاثر از برهمکنش این دو عامل نبود (جدول ۲). بیشترین نسبت وزن بلال (۰/۲۸۶) مربوط به تیمار ۴۰ کیلوهرتز امواج فراصوتی بود و بین شاهد و تیمار ۸۰ کیلوهرتز اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۵). در بررسی تأثیر امواج مغناطیسی مشخص گردید کاربرد میدان‌های مغناطیسی باعث افزایش نسبت وزن بلال می‌شود به طوری که بیشترین میزان آن (۰/۳۰۴) در تیمار ۴۰ میلی تسلا و کمترین میزان آن (۰/۲۴۳) در نمونه شاهد مشاهده گردید (شکل ۶). در پی تأثیر مثبت امواج فراصوت در افزایش وزن دانه و بلال، نسبت وزن بلال در این محصول علوفه ای ارتقا یافت و این صفت کیفی در حد معنی دار آماری بهبود یافت. مطالعات نشان می‌دهد امواج صوتی به طور معنی داری عملکرد فلفل دلمه‌ای، خیار و گوجه فرنگی را به ترتیب ۳۰، ۳۷ و ۱۳ درصد افزایش می‌دهد (Hassanien *et.al.*, 2014). امواج صوتی باعث تغییرات تعداد گل و میوه، میزان کلروفیل، سرعت فتوسنتز در توت فرنگی و خیار تا ۴۲ روز بعد از تیمار افزایش می‌یابد که همراه با بهبود و توسعه

کارآیی فتوسیستم ۲ و افزایش انتقال الکترون است (Fan *et.al.*, 2010; Meng *et.al.*, 2011)، به علاوه امواج فراصوتی تولید هورمون‌های داخلی مانند اکسین و جیبرلین را در سبزیجاتی نظیر خیار، گوجه فرنگی، طالبی و بادمجان تحریک می‌کنند (Huang and Jiang, 2011; Zhu *et.al.*, 2011). این تنظیم کننده‌های رشد باعث افزایش رشد زایشی و تولید محصول یا میوه بیشتری خواهند بود. افزایش نسبت وزن بلال نشان دهنده افزایش تعداد و وزن بلال در گیاه نسبت به وزن کل بوته است که می‌تواند ناشی از افزایش رشد زایشی و تولید بلال بیشتر و یا افزایش وزن بلال ها به دلیل اندوخته غذایی بیشتر باشد.

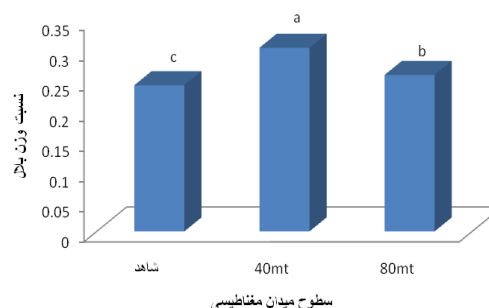


شکل ۵- مقایسه میانگین نسبت وزن بلال

تحت تیمار فراصوت

Fig. 5: Comparison of corn ear weight ratio in ultrasound tretments

اسیدهای آمینه و سنتز پروتئین‌ها باشد. یو و همکاران (۲۰۱۳) افزایش پروتئین، نشاسته و عملکرد دانه برنج تحت تیمار فراصوتی را گزارش نمودند.



شکل ۶- مقایسه میانگین نسبت وزن بلال تحت

تیمار مغناطیس

Fig. 6: Comparison of corn ear weight ratio in magnetic treatments

۶- عملکرد علوفه

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوطه نشان داد که امواج مغناطیسی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمارها به احتمال ۹۵ درصد بر عملکرد علوفه موثر بودند (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین های اثرات متقابل امواج مغناطیسی و فراصوت مشخص شد حداکثر عملکرد علوفه از ترکیب تیمارهای ۴۰ میلی تسلا مغناطیس و ۴۰ کیلو هرتز فراصوت قابل حصول است. کمترین مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). نتایج آزمایشی در مشهد نشان داد که تیمار میدان مغناطیسی و نانو ذرات نقره با ۷۴/۴۹ تن در هکتار علوفه تر و کود کمیرا با ۶۴/۸۷ تن در هکتار به طور معنی داری نسبت به بقیه تیمارها بالاترین عملکرد علوفه تر را نشان دادند که این مقدار نسبت به شاهد بترتیب معادل ۳۵ درصد و ۱۷/۵ درصد افزایش داشت (Feizi, and Rezvani Moghaddam, 2011). با کاربرد میدان مغناطیسی و پیش تیمار فراصوت به نظر

۵- درصد پروتئین

امواج فراصوتی و اثرات متقابل امواج فراصوتی و مغناطیسی بر درصد پروتئین ذرت تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که از بین سطوح تیمار امواج مغناطیسی بیشترین درصد پروتئین در سطح ۴۰ کیلوهرتز امواج صوتی حاصل شده است به طوری که بیشترین پروتئین (۱۴/۸ درصد) مربوط به تیمار ترکیبی ۴۰ کیلوهرتز فراصوتی و ۴۰ میلی تسلا مغناطیسی بود (جدول ۳).

مطالعات قبلی نشان می دهد که استفاده از امواج صوتی باعث تحریک رشد سلولی، افزایش تقسیم سلولی و افزایش فعالیت آنزیمی و چربی های ذخیره ای می شود که مؤید نتایج این تحقیق است (Reda et al., 2013). افزایش میزان پروتئین تحت تیمار امواج فراصوتی می تواند در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم ها در جهت تجمع

می رسد میزان تخلیه عناصری چون نیتروژن، فسفر و کلسیم توسط گیاه از خاک نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بود. به همین دلیل گیاه با در اختیار گرفتن عناصر ضروری برای رشد بهینه به حداکثر توان تولیدی خود نزدیک شده است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل نشان داد پیش تیمار فراصوت نسبت به امواج مغناطیسی تاثیر بیشتری داشتند که این مساله به ویژه در صفات درصد پروتئین، وزن بلال و ارتفاع ساقه مشهود بود.

ارزیابی کلی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح میانه پیش تیمارها یعنی شدت ۴۰

کیلوهرتز فراصوت و ۴۰ میلی تسلا امواج مغناطیس نسبت به سطح دوم مورد استفاده، توانستند حداکثر مقدار صفات مورد بررسی به ویژه عملکرد علوفه را به خود اختصاص دهند. این مساله حاکی از انتخاب صحیح سطوح و شدت اعمال تیمارها می باشد که با بررسی همه جانبه منابع روز دنیا حاصل شد. بدیهی است که افزایش شدت تیمارهای فراصوت و مغناطیس نه تنها مثرثمر نبود بلکه در بعضی موارد شاهد کاهش مقادیر صفات مورد ارزیابی تا آستانه شاهد حتی کمتر از آن شود (به عنوان مثال صفات نسبت وزن بلال و وزن علوفه).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی

Table 3- Comparison of treatments interaction effects

عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield(Kg/ha)	پروتئین (درصد) Protein(%)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Height(Cm)	تیمارها Treatments	
1035.3d	10.3e	۲۷۷,۴ c	مغناطیس Magnetic Field شاهد	فراصوت Ultrasound
1267.7bcd	12.3d	280.1c	۴۰ میلی تسلا	شاهد control
11600.1cd	10.7e	278.6c	۸۰ میلی تسلا	
1360.2bcd	14.4b	319.6b	شاهد	
1893.5a	15.6a	342.9a	۴۰ × میلی تسلا	۴۰ کیلو هرتز
1534.8bc	14.1b	323.2b	۸۰ میلی تسلا	40Khz
1167.4cd	13.4c	316.1b	شاهد	
1689.6ab	13.8c	321.7b	۴۰ میلی تسلا	۸۰ کیلو هرتز 80Khz
1457.3bcd	12.1	318.5b	۸۰ میلی تسلا	

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر پیش تیمار میدان مغناطیسی و فراصوت بر صفات زراعی ذرت سیلویی

Table 2: Analysis of variance magnetic field and ultrasound treatments on silage corn agronomic trials

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی Degrees of Freedom	عملکرد علوفه Feed weight	درصد پروتئین Protein Percent	نسبت وزن بلال Earweight ratio	مساحت برگ Leaf Area	تعداد گره در ساقه Node number	ارتفاع Height
تکرار (بلوک) Replication	2	296.66 ^{ns}	2.03 ^{**}	4.97 ^{ns}	1829.73 [*]	0.26 [*]	103.41 ^{ns}
فراصوت Ultrasound	2	8377.92 ^{ns}	123.43 ^{**}	21.55 ^{**}	30361.99 ^{**}	2.95 ^{**}	3582.86 ^{**}
مغناطیس Magnetic	2	46833.44 ^{**}	0.37 ^{ns}	92.18 ^{**}	23639.27 ^{**}	1.45 [*]	283.34 ^{ns}
اثرات متقابل Interactions	4	7368.86 [*]	12.65 ^{**}	5.25 ^{ns}	2937.36 ^{ns}	0.82 [*]	835.47 ^{**}
اشتباه Error	16	3149.26	2.37	2.49	1811.17	0.34	119.63
ضریب تغییرات C.V. (%)		13.83	2.91	5.88	6.61	4.88	3.67

* و ** : به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم اختلاف معنی دار

and ns : Significant at the 1% and 5% probability levels and non significant respectively.

References

منابع مورد استفاده

- ✓ Darykhany, A. S., and A. Elahi. 1998. Effect of magnetic field on seed germination. Science and Technology of seed, Gorgan, 61- 67.
- ✓ Fan, R., Q. Zhou, D. Zhao. 2010. Effect on changes of chlorophyll fluorescence in cucumber by application of sound frequency control technology. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 19, 194-197.
- ✓ Feizi, H. and P. Rezvani Moghaddam. 2011. Influence of magnetic field and silver nano particles in comparison to macro and micro nutrient fertilizers on growth, yield and silage quality of maize. J. of Water and Soil. Vol 24: 6. 7490- 7499. 🔍
- ✓ Garcia Reina, F., L.A. Pascual, and I. A. Fundora. 2011. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental Results. Bioelectromag 22:596-602.
- ✓ Hassanien, R. H. E., H., Tian-zhen, L. Yu-feng, and L. Bao-ming. 2014. Advances in Effects of Sound Waves on Plants. Journal of Integrative Agriculture. 13(2): 335-348.
- ✓ Hou T. Z., B. M. Li, , W. Wang, G. H. Teng, Q. Zhou, L. R. Qi, and Y. F. Li. 2010. Influence of acoustic frequency technology on cotton production .Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 26, 170-174, (in Chinese). 2010.
- ✓ Huang, J. and S. Jiang. 2011. Effect of six different acoustic frequencies on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) during its seedling stage. Agricultural Science and Technology, 12, 847-851, (in Chinese).
- ✓ Lirong, Q., T. Guanghui, H. Tianzhen, Z. Baoying, and L. Xiaona. 2014. Influence of Sound Wave Stimulation on the Growth Strawberry in Sunlight Greenhouse. HAL Id: hal-01055415 <https://hal.inria.fr/hal-01055415>.
- ✓ Meng, Q.W., Q. Zhou, Y. Gao and S. J. Zheng. 2011. Effects of acoustic frequency treatment on photosynthetic and chlorophyll fluorescence characters of tomato. Acta Agriculturae Jiangxi, 23, 57-59.
- ✓ Morgabizadeh, G. M., G. Fathi and A. Abdali. 2010. The effect of ultrasound and magnetic field on germination of weed. Proceedings of the Congress of Agronomy and plant Breeding. University of Agriculture and Natural Resources Ramin, Ahvaz. P. 560.
- ✓ Noroozi, H., A. Fateh, M. Farbod, K. Najafi Babadi and B. Ysephi. 2011. The effect of ultrasound and magnetic water on the germination of fennel. Shahid Chamran University Press. 22- 29.
- ✓ Poorakbar, L., R. Ashrafi and M. Asadi. 2010. The effect of magnetic field on the germination of black cumin seeds. Proceedings of the Congress of Science and Agronomy and Plant Breeding. Faculty of Science, University of Science, page 29-38.
- ✓ Reda. H., E. Hassanien, T. Z. Hou, Y. F. Li. and B. M. Li. 2013. Advances in Effects of Sound Waves on Plants. Journal of Integrative Agriculture. 10: 2095- 3119.
- ✓ Rochalska M. 2001. Frequent magnetic field as method of seeds vigor improvement. Proc. First Int. Conf. 'Agrolaser 2001', Lublin 26-28.09.2001, 167-168.

-
- ✓ Shors J. D., D. R., Soll Daniels, D. P. Gibson. 1999. Method for enhancing germination. University of Iowa Research Foundation, assignee. US patent 5:950-362.
 - ✓ Talebi, M., A. Tavakoli and J. Nikbakht. 2011. Effect of magnetic water irrigation on yield, yield components and water use efficiency beans. Zanzan University Press. Pages 12- 14.
 - ✓ Wang B. C., X. Chen, Z. Wang, Q. Z. Fu, H. Zhou, and L. Ran. 2003. Biological effect of sound field stimulation on paddy rice seeds. Colloids and Surfaces (B: Biointerfaces), 32, 29-34.
 - ✓ Xiaocheng, Y., D. jianping, and W. Bochu. 2007. Effects of different sound frequency on roots development of *Actinidia chinensis* plantlet, Journal of Chongqing University (Natural Science Edition). 30(11):72-74.
 - ✓ Yaldagard, M., S. A. Mortazavi, and F. Tabatabaie. 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.
 - ✓ Yu, S., S. Jiang, L. Zhu, J. Zhang, Q. Jin. 2013. Effects of acoustic frequency technology on rice growth, yield and quality. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 29: 145-146 (in Chinese).
 - ✓ Zaki Dizaji, H., A. Mhmdnykbkht, S., Minaii and T. Tavakoli Hashchin. 2007. Non-destructive methods to measure the quality of agricultural products with emphasis on the ultrasound method. 17th Conference on Food Industry. Orumieh.
 - ✓ Zhu, J. R., S. R. Jiang, and L. Q. Shen. 2011. Effects of music acoustic frequency on indoleacetic acid in plants. Agricultural Science and Technology, 12, 1749-1752, (in Chinese).