یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

تاثیر امواج فراصوت بر جوانه زنی بذر زیره سیاه *(Bunium Persicum Boiss)*

علی حسنی*[۱]. محمد هادی خوش تقاضا[۲]. محمد تقی عبادی[۳]

۱*- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیو سیستم ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. پست الکترونیک: Alihasani27877@gmail.com

۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیو سیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

یکی از مهمترین گیاهان دارویی کشورمان، زیره ی سیاه می باشد که در نقاطی محدود از کشورمان می روید. در این تحقیق تاثیر امواج فراصوت تحت سه متغیر، زمان (۵، ۷ و۹ دقیقه) ، توان (۱۳۰، ۱۸۰ و ۲۳۰ وات) و دما (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس) بر روی جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه بررسی گردید. نتایج بدست آمده (جوانه زنی و شاخص بنیه بذر) نسبت به شاهد مقایسه شد و در نهایت بهینه ترین نقطه برای هر دو شاخص بدست آمد. بدین منظور درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر در حداکثر مقدار خود قرار داده شده و بهینه ترین نقاط بدست آمدند. نتایج بدست آمده نشان دهنده آن بود که تیمار فراصوت باعث افزایش درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر نسبت به نمونه شاهد است. اثر زمان و توان در سطح ۱٪ معنی دار شدند اما اثر متغیر دما معنی دار نگردید. بیشترین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه در توان ۱۸۰ وات و زمان ۷ دقیقه بود که به ترتیب درصد جوانه زنی ۹۱٪ درصد و شاخص بنیه ۸۰۰ بدست آمد. بهینه ترین نقاط به ترتیب برای زمان، توان و دما ۶/۵۱ دقیقه، ۱۷۱/۵۶ وات و ۱۸/۱۵۴ درجه سلسیوس. مقادیر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر به ترتیب در این نقاط ۹۱/۹۱۲ و ۸۰۸/۰۷۸ بدست آمدند. در آخر مشاهده گرید که تیمار فراصوت باعث افزایش ۴۲ درصدی جوانه زنی و ۴۳ درصدی شاخص بنیه بذر نسبت به نمونه شاهد بود.

کلمات کلیدی: زیره سیاه، فراصوت، جوانه زنی، شاخص بنیه بذر، بهینه سازی

Effect of ultrasound on seed germination of cumin (Bunium Persicum Boiss) seeds

Hasani, A, Alihasani27877@gmail.com
M. Hadi Khoshtaghaza, Khoshtag@ modares.ac.ir
M. Taghi Ebadi, mt.ebadi@modares.ac.ir

Abstract

Medicinal plants are valuable natural resources that today are considered by the developed countries of the world and are considered as the raw materials for becoming safe drugs for human beings. One of the most important medicinal plants in our country is black cumin, which is used in limited areas of our country. Treatment for stomach ulcer, bone fracture treatment, abdominal bloating, fever, fat loss, and many other benefits of this important herbal medicine. The essential oil of black cumin has an antioxidant effect and is used in flavorings of food, beverages, chocolate and cheese. In this research, the effect of ultrasound on three variables, time (5, 7 and 9 minutes), power (130, 180 and 230 watts**) And temperature (10, 20 and 30 degrees Celsius) on germination and indices of cumin seed index. Outputs of the results (germination and seedling index) were compared to the control, and finally, the optimal point was obtained for both output indicators. To optimize Design-Expert 10 software. For this purpose, the percentage of germination and seed vigilance index was placed at its maximum and optimal points were obtained. The results showed that ultrasound treatment increased the germination percentage and seed vigor index compared to the control sample. The effect of time and power was significant at 1% level, but the effect of temperature variation was not significant. The highest germination percentage and barley index was at 180 watts and 7 minutes, respectively, with germination percentages of 91% and indigenous index of 800. The optimal points were obtained according to the software, which was presented for time, power and temperature of 51.5, 171.56 watts and 18.515.4 degrees Celsius respectively. Germination percentage and seed vigor index were obtained at 912.91 and 808.078 respectively. Finally, we observed that ultrasonic treatment increased the germination rate by 42% and the seed yield index by 43% compared to the control sample.**

Key words: Black caraway, ultrasound, germination, seed index, optimization

مقدمه

زیره سیاه ایرانی اعضای خانواده چتریان *(Bunium Persicum L)* می باشد و در ایران به صورت وحشی در بعضی از مناطق کشور می روید. زیره سیاه گیاهی علفی و چند ساله است و محل پراکنش آن در ایران در ارتفاعات کوه های مرکزی، جنوب شرقی و شمال شرقی کشور به خصوص اطراف کرمان، تهران، سمنان و خراسان می باشد .این گیاه به وسیله بذر تکثیر می شود ودانه های رسیده در پایان مرحله رویشی در محیط پراکنده می شوند و پس از پشت سرگذاشتن سرمای زمستان در شروع فصل بهار جوانه می زنند **(Omidbeigi, 1997)**. درمان زخم معده، درمان شکستگی استخوان، برطرف کردن نفخ شکم، تب بر، کاهش چربی و کلسترول خون، ضد آلرژی و کاهش قند خون از خواص دارویی مهم این گیاه می باشد. اسانس زیره ی سیاه خاصیت ضد اکسایشی داشته و در طعم دهنده های غذا، نوشابه، شکلات و پنیر استفاده می شود. همچنین در بعضی مناطق آن را به صورت ادویه، چاشنی غذا و حتی در بعضی مناطق هندوستان از ریشه آن به عنوان سبزی استفاده می کنند(**Rangbarian *et al*., 2004; Peter KV, 2004**). اسانس زیره ی سیاه شامل کومین آلدهید، آلفاپنین و گاما ترپنین و بسیاری مواد موثر دیگر می باشد که در صنایع دارویی و غذایی کاربرد فراوان دارد. تولید اسانس در زیره ی سیاه بیش از ۳ برابر زیره ی سبز می باشد (**Shankaracharya and Shankaracharya ML, 1988**). بذر ها در طی جوانه زنی در معرض دامنه وسیعی از شرایط محیطی قرار می گیرند. سازگاری با این شرایط عموما باعث ایجاد استقرار گیاهی خوبی در محدوده وسیعی از شرایط محیطی می شود ولی دست یابی به کارایی بهینه بذر غالبا اندک است. برای دست یابی به پوشش گیاهی بهینه در کشاورزی نیاز به جوانه زنی سریع و یکنواخت تمام بذور است. سیستم های مدرن تولید گیاهان نیازمند دقت سیار زیادی در استقرار گیاه است **(Salter, 1985)**. کاربرد مکانیزاسیون در کشاورزی سیستم های مدرن کشت گیاهان، تقاضا برای جوانه زنی سریع، یکنواخت و کامل را افزایش داده است **(Taylorson, 2012)**. هم چنین افزایش تقاضای روزافزون مصرف کنندگان برای استفاده از محصولات با کیفیت منجر به استفاده از تکنولوژی های جدید و بدون عوارض مانند فراصوت شده است. امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربرد زیادی در علوم و صنایع مختلف، ازجمله صنایع غذایی پیدا کرده است. امواج فراصوت کاربردهای زیادی در کشاورزی دارد، به طوری که نه تنها در تیمارهای بذری به منظور کاهش و حذف آفات و بیماری ها کاربرد دارد، بلکه این امواج در مهندسی ژنتیک و انتقال ژن نیز کاربرد دارد. فناوری استفاده از امواج فراصوت یکی از روش های صوتی استفاده شده در کشاورزی به ویژه در ارزیابی کیفیت و عملکرد محصولات زراعی است. به طور کلی ساز وکار اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به دلیل ایجاد پدیده حفرگی یا تشکیل حبابهای بسیار ریزی است که تحت تأثیر انقباض و انبساط به صورت لحظه ای و نقطه ای حرارت و فشار فوق العاده زیاد در محیط مایع ایجاد می شود. این وضعیت باعث اثرات فیزیکی شیمیایی بر مولکول های مجاور می شود**(Mason, 1998)**. پژوهش هایی در زمینه آنتوسیانین در میوه ها و بررسی پایداری آنها در شرایط مختلف به وسیله امواج فراصوت انجام شده است (مسکوکی و مرتضوی، ۱۳۸۰). فراصوت در کشاورزی، به دلیل کنترل خوب بر شرایط تابش نظیر توان و فرکانس، کاربرد بالقوه ای دارد **(Tabaru *et al*., 2015)**. فراصوت در حوزه های مختلف مانند غیر فعال سازی آنزیم، خشک کردن، گاز زدایی، استخراج، تصفیه، هموژناسیون، ترد کردن گوشت، اکسیداسیون و استریلیزاسیون به خوبی مورد استفاده قرار می گیرد **(De Gennaro *et al*., 1999: Jambrak et al., 2014: Santacataline *et al*., 2011)**.

بذر سویا با افزایش توان از ۱۰۰ به ۳۰۰ وات و زمان ۳۰ دقیقه درصد جوانه زنی از ٪۸۳ در بذر شاهد به ٪۹۸ در توان ۳۰۰ وات رسید (**Yang *et al*., 2015**).

در آزمایشی، جهت افزایش شاخص بنیه بذر چمن ترکه (*Panicum Virgatum. L*) توسط امواج فراصوت با فرکانس ۴۰ کیلو هرتز تحت تاثیر چهار فاکتور زمان (۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ دقیقه)، دمای فراصوت (۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس)، توان فراصوت (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات) نشان دادند که دمای فراصوت بیشترین تاثیر را بر بنیه بذر دارد. هم چنین با افزایش زمان قرار گرفتن بذر تحت تاثیر امواج فراصوت، میانگین رطوبت آن ها نیز با مقدرا ۹۱/۸۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در صورتی که بذور خیسانده شده در آب (بدون تیمار فاصوت) در مدت زمان های مشابه، نسبت به شاهد۴۷/۷ درصد افزایش یافته بود. در این مطالعه گزارش شده که بذور تحت تاثیر فراصوت و سه فاکتور ذکر شده نقش مهمی در افزایش جذب آب دارد. گزارش ها نشان می دهد توان بیشترین و دما کمترین تاثیر را در جوانه زنی و بنیه بذر این نوع بذر دارد. برای بهینه سازی دقیق تر شرایط، از مدل چند جمله ای درجه دوم استفاده شد و دمای ۳۸ درجه سلسیوس توان ۳۰۰ وات و زمان ۲۵ دقیقه را بهترین تیمار برای جوانه زنی گزارش کردند. بهترین زمان، دما و توان برای افزایش جوانه زنی بذر به ترتیب ۵، ۳۵ و ۴۰۰ بود **(Chen *et al*., 2012)**. در تحقیقی که بر روی گندم و عدس با فرکانس ۴۲ کیلو هرتز و توان ۱۰۰ وات تحت سه زمان ۱، ۲ و ۳ دقیقه صورت گرفت، نتایج نشان داد که در زمان ۲ و ۳ دقیقه، درصد جوانه زنی ۹۲ درصد (شاهد) به ۹۸ درصد رسید.

محمدهادی خوش تقاضا، تهران، ۰۹۱۲۳۳۷۵۸۰۵

نتایج این تحقیق نشان داد که پاسخ بذر عدس نسبت به همین شرایط متفاوت است به طوری که بذر عدس از ۹۰ درصد (شاهد) به ۹۴ درصد در زمان ۱ دقیقه رسید، در صورتی که در زمان ۲ دقیقه این مقدار به ۸۶ درصد و در زمان ۳ دقیقه به ۹۲ درصد افزایش پیدا کرد **(Aladjadjiyan, 2011)**. نظری و همکاران در تحقیقی جهت شکست خواب بذر یونجه یک ساله با استفاده از امواج فراصوت تحت زمان های ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دقیقه و فرکانس ۴۲ کیلو هرتز مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که زمان های ۱، ۵، ۷ و ۹ دقیقه تاثیر مثبت در جوانه زنی داشت به طوری که زمان ۷ باعث افزایش جوانه زنی به ۹۶/۶۶ درصد شد. درصد جوانه زنی بذر شاهد ۳۳/۳۳ درصد بود. آن ها در این تحقیق گزارش کردند که زمان ۹ دقیقه باعث کاهش درصد جوانه زنی نسبت به شاهد می شود. در این مطالعه بیشترین طول گیاه چه مربوط به تیمار ۳ دقیقه و کمترین آن مربوط به تیما ۹ دقیقه گزارش شده است. هم چنین در این تحقیق هیچ اشاره ای به توان فراصوت نشده است **(Nazari *et al.*, 2014)**. یلداگرد و همکاران **(Yaldagard *et al.*, 2008)** اثر امواج فراصوت بر درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بذر جو را مورد بررسی قرار دادند. آن ها در مطالعه خود از توان ۹۶، ۲۷۶ و ۴۶۰ وات و زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و فرکانس ثابت ۲۰ کیلو هرتز استفاده کردند. نتایج آن ها نشان داد بیشترین درصد جوانه زنی در زمان ۱۵ دقیقه و توان ۴۶۰ وات اتفاق می افتد. همچنین امواج فراصوت باعث کاهش زمان جوانه زنی در این مطالعه شد. به طوری که در توان ۹۶ وات سرعت جوانه زنی از ۶۶/۶ روز به ۴/۰۴ روز در توان ۴۶۰ وات در زمان ۱۵ دقیقه شد در پژوهشی که بر روی بذر سنتزی آفتاب گردان با استفاده از امواج فراصوت در زمان های ۵، ۱۰، ۱۰ و ۲۰ دقیقه و توان ۴۰ درصد، ۶۰ درصد، ۸۰ و ۱۰۰ درصد از کل توان (۲۵۰ وات) خروجی و فرکانس ۴۰ کیلو هرتز و دمای ۳۰ درجه سلسیوس صورت گرفت، نتایج نشان داد که در هر ۴ زمان در توان ۴۰ درصد و ۶۰ درصد، درصد جوانه زنی نسبت به شاهد ۴۳ درصد افزایش یافت. شاخص بنیه بذر نیز در توان ۴۰ درصد و ۶۰ درصد در چهار زمان بیشتر از توان ۸۰ درصد و ۱۰۰ درصد بود. در حالت بهینه زمان ۵ و ۱۰ دقیقه و توان ۴۰ درصد و ۶۰ درصد بیشترین تاثیر را در تمام پارامترها دارد **(Machikowa *et al.*, 2013)**.

زیره ی سیاه، گیاه چند ساله و خودگشن از خانواده چتریان که با نام علمی *Bunium Persicum Boiss* معروف بوده و در زبان انگلیسی *Black Caraway* نامیده می شود. زیستگاه طبیعی این گیاه در سطح جهان، آسیای مرکزی، غربی، اروپای جنوب شرقی و درگستره ی ایران، استان های تهران، قزوین، کرمان، بندر عباس، اصفهان، فارس، سمنان و یزد است **(Azimzadeh, 2009)**.

این گیاه به وسیله بذر تکثیر می شود و دانه های رسیده در پایان مرحله رویشی در محیط پراکنده می شوند و پس از پشت سرگذاشتن سرمای زمستان در شروع فصل بهار جوانه زنی می کنند **(Omidbeigi, 1997)**. سپس تا سال سوم گیاه فقط رشد رویشی داشته و خزان نموده ولی غده ای در زیر زمین تشکیل می گردد که در سالهای بعد رشد می نماید و در سال سوم بعد از رشد رویشی، در این مرحله گیاه از نیمه اردیبهشت تا اواسط خرداد ماه وارد مرحله زایشی شده و گل تشکیل می گردد، از سال سوم به مدت ۸ سال دارای باردهی اقتصادی با عملکرد دانه متوسط ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده که بر حسب شرایط آب و هوایی متغیر می باشد **(Khosravi, 1993; Faravani, 1997)**. بذرهای بسیاری از گیاهان مرتعی، دارویی و علف های هرز موجود در رویشگاه های طبیعی با داشتن یکی از انواع خواب، از طریق گسترش زمان و مکان جوانه زنی، بقای خود را برای سال های طولانی تضمین می کنند، اما برای تکثیر و کشت این گیاهان، رهایی از خواب و جوانه زنی یکنواخت بذرها ضروری می باشد **(Makkizadeh., 2006)**. استفاده از بذر با درصد جوانه زنی بالا یکی از راه های کاهش هزینه تولید و استفاده بهینه از زمین های کشاورزی در سطح وسیع می باشد. مشکلات اساسی در کشت گسترده برخی از گونه های گیاهات دارویی و زراعی، عدم جوانه زنی مناسب و در نتیجه استقرار نامناسب در شرایط زراعی است. جوانه زنی بذر به خصوص در زمان مواجه با تنش های محیطی، یکی از بحرانی ترین مراحل زندگی گیاه به شمار می رود **(Afzal *et al.*, 2008; Cavusoglo and Kabar, 2010; Patade *et al.*, 2009; Ya and Kaydan, 2008)**.

با توجه به مطالعه های انجام شده در مورد امواج فراصوت و تاثیر آن ها بر درصد جوانه زنی بذر، در این راستا اثر امواج فراصوت و میدان الکترومغناطیسی بر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه بررسی گردید. در این پژوهش نیز از امواج فراصوت برای افزایش درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه استفاده گردید. بذر زیره سیاه یکی از بذور مهم صادراتی غیر نفتی کشورمان می باشد، لذا در این تحقیق با توجه به این که تاکنون هیچ پژوهشی بر روی درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه با استفاده از امواج فراصوت انجام نشده است از لحاظ جنبه نوآوری حائز اهمیت می باشد.

مواد و روش ها

مواد اولیه لازم جهت انجام تحقیق، بذرهای خالص با با قوه نامیه بالا بود که از شرکت پاکان بذر واقع در استان اصفهان تهیه گردید. در این مطالعه از دستگاه ژرمیناتور مجهز به پروب فراصوت ساخت شرکت دانش بنیان با حداکثر توان خروجی ۴۰۰ وات با فرکانس ثابت ۲۰ کیلو هرتز و مجهز به ترموکوپل برای اندازه گیری دما در حین آزمایش استفاده شد. به منظور ثابت نگه داشتن دما در حین آزمایش از سیرکولاتور (ساخت شرکت سهند) استفاده گردید. نمونه ها در ظرف دو جداره با ظرفیت ۳۰۰ cc که جدار وسطی جریان آب سیرکولاتور جاری بود، استفاده شد. . آزمون جوانه زنی استاندارد در ظرف پتری و بر روی کاغذ صافی در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) و به مدت دو هفته مطابق با قوانین ایستا (ISTA, 2010) انجام گرفت و درصد جوانه زنی کل و شاخص بنیه بذر با استفاده از روابط زیر بدست آمد **(Ellis and Roberts, 1981)**.

(۱) درصد بذور جوانه زده = کل بذورجوانه بذور / کل بذور موجود در پتری

(۲) شاخص بنیه بذر = میانگین طول (cm) * جوانه زنی استاندارد

در طول آزمایش در هر پتری دیش از ۳۰ بذر زیره سیاه استفاده گردید. درصد جوانه زنی اولیه و بنیه بذر شاهد که هیچ گونه عمل فراصوتی بر روی آن ها انجام نگرفت، به ترتیب ۵۳ درصد و ۴۴۸ به دست آمد. زمان های مورد استفاده برای دستگاه التراسونیک که بذر ها در داخل آن قرار می گیرند ۵، ۷ و ۹ دقیقه بود. سطوح توان التراسونیک ۱۳۰، ۱۸۰ و ۲۳۰ وات انتخاب گردید. دما نیز ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شد.

ابتدا بذر ها و کلیه سطوح مورد استفاده برای انجام آزمایش به طور کامل ضد عفونی شدند. بعد از خشک شدن کامل مواد، در هر پتری دیش ۳۰ عدد بذر قرار گرفت. سپس بذرها در دستگاه ژرمیناتور مجهز به پروب فراصوت که توانایی تنظیم هر سه متغیر زمان، توان و دما بر روی آن امکان پذیر شده است، قرار داده شدند. هر تیمار بصورت کاملا جدا تحت امواج فراصوت قرار گرفت. از یک بشر ۵۰۰ سی سی برای قرار گیری بذور و آب استفاده شد. بذرها در داخل بشر قرار داده می شدند. پروب فراصوت در داخل بشر قرار داده می شد و تیمارهای فراصوت با توجه به سطح انتخابی آن ها بر روی بذرها اعمال می شدند.

طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری از روش سطح پاسخ (RSM[1]) که در برگیرنده گروهی از فن آوری های ریاضی و آماری است که امکان رسیدن به شرایط بهینه در سامانه های پیچیده را فراهم می آورد، استفاده شد.. پایه تئوری RSM یک ابزار قوی برای بهینه سازی تجربی است. این روش رابطه ای را بین متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته جستجو می کند. در این آزمایش از طرح باکس- بنکن۲ استفاده شد. در طرح های باکس-بنکن هرگز همه عوامل به طور همزمان در سطح بالایی خود قرار نمی گیرند که این ویژگی را اغلب یک مزیت برای این طرح به حساب می آورند. برای ثابت نگه داشتن دمای نمونه، از ظرف دو جداره استفاده شد. در جدار وسطی آب در جریان می باشد. با توجه به انتخاب متغیر مستقل دما در آزمایش، نیاز به تنظیم و ثابت نگه داشتن دمای نمونه بود. بدین منظور از یک دستگاه سیرکولاتور(ساخت شرکت سهند) استفاده شد. برای ثابت نگه داشتن دماهای مورد نظر به روش آزمون و خطا، دمای آب خروجی از سیرکولاتور به طور نقطه ای مورد واسنجی قرار گرفت. از فاکتورهای موثر در جوانه زنی به کمک امواج فراصوت، دما، زمان و توان می باشد. در روش سطح پاسخ نیاز به انتخاب محدوده تغییرات متغیرهای مستقل در آزمایش می باشد. در این آزمایش از اثر متغیرهای مستقل شامل توان فراصوت (A)، دمای فراصوت (B) و زمان فراصوت (C) هر کدام در ۳ سطح استفاده گردید.

متغیر مستقل	نماد ریاضی	سطوح کد بندی		
		۱	۰	-۱
زمان (min)	A	۵	۷	۹
توان (w)	B	۱۳۰	۱۸۰	۲۳۰
دما (c°)	C	۱۰	۲۰	۳۰

جدول ۱-۱ سطوح کد بندی متغیرهای مستقل انتخاب شده در روش سطح پاسخ

Table 1: The coding levels of the independent variables selected in the response level method

نتایج و بحث

اثر امواج فراصوت بر جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که اثرات ساده متغیر زمان و توان در سطح ۱٪ معنی دار گردید. اثر ساده دما معنی دار نشد. اثرات توان دوم هر سه متغیر (زمان، توان و دما) معنی دار گردید. با توجه به ضرایب مدل رگرسیونی متغیر زمان بیشترین تأثیر را بر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه داشت (فرمول شماره ۱). ضریب تبیین تعدیل شده[1] و ضریب تغییرات (C.V) مدل به ترتیب برای درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر ۰/۹۹۱۴، ۲/۶۸ و ۰/۹۹۸ و ۲/۷۶ به دست آمدند. در این صورت می توان نتیجه گرفت که مدل درجه دوم از دقت مناسب برای تخمین داده ها برخوردار بوده و میزان دقت در برآورد یا پیش بینی داده ها در برابر مقادیر اندازه گیری شده بیانگر مطلوبیت بالای مدل می باشد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

$$Germenation= -284.669 + 2.84 * A + 48.887 * B + 2.17100 * C + 0.25 (A * B) – 5.000 – 0.004 (A * C) + 1.000 – 0.02 (B * C) – 0.073750 (A^2) – 3.90625 (B^2) – 6.35000 – 0.003 (C^2)$$

معادله شماره ۱. مدل رگرسیونی برای درصد جوانه زنی

Equation number 2. Regression Model for Germination

$$Vigor= 2484.37062 + 25.6425 * (A) + 426.8575 * (B) + 18.9325 * (C) +0.10500 * (AC) – 0.4.000E – 003 * (AC) – 0.66312 * (A^2) – 33.8968 * (C^2) – 0.055175 * (C^2)$$

معادله شماره۲. مدل رگرسیونی برای شاخص بنیه بذر

Equation number 2. Regression Model for Seed Burden Index

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص بنیه	درصد جوانه زنی	مقدار F	واریانس	معنی داری
	بذر					F
مدل	۹	۲/۳۴۷ E+ ۰۰۵	۳۰۸۲/۹۰	۹۰/۰۶	۳۴۳/۵۴	</۰۰۰۱*
دما- A	۱	۷۳۳/۴۵	۱۰/۱۳	۲/۶۶	۱۰/۱۳	/۴۶۸
زمان- B	۱	۳۳۹۵/۲۸	۴۵۰/۰۰	۱۱۸/۳۱	۴۵۰	<۰۰۰۱*
توان- C	۱	۵۲۹۹/۳۵	۶۰/۵۰	۱۵/۹۱	۶۰/۵	/۰۰۵۳
B * C	۱	۱۷/۶۴	/۴	۱/۰۵	۴	/۳۳۹۳
A * C	۱	۲۰/۲۵	/۲۵	/۰۶۶	/۲۵	/۸۰۵۰
A * B	۱	۲۰۸/۸ ۰	/۲۵	/۰۶۶	/۲۵	/۸۰۵۰
B^2	۱	۱۸۵۱۵/۱۵	۱۰۲۷/۹۶	۶۰/۲۱	۱۰۲۷/۹۶	<۰۰۰۱*
C^2	۱	۴۰۶۱۹/۱۹	۱۰۶۱/۱۲	۲۷۰/۲۶	۱۰۶۱/۱۲	<۰۰۰۱*
A^2	۱	۸۰۱۱۲/۶۵	۲۲۹/۰۱	۶۰/۲۱	۲۳۹/۰۱	/۰۰۰۱*
باقیمانده	۷	۳۱۳/۳۴	۳۶/۶۳		۳/۸۰	
عدم برازش	۳	۷۲۸/۸۰	۲۶/۶۳		۸/۸۸	
خطای خالص	۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		/۰۰۰	
کل	۱۶		۳۱۰۹/۵۳			

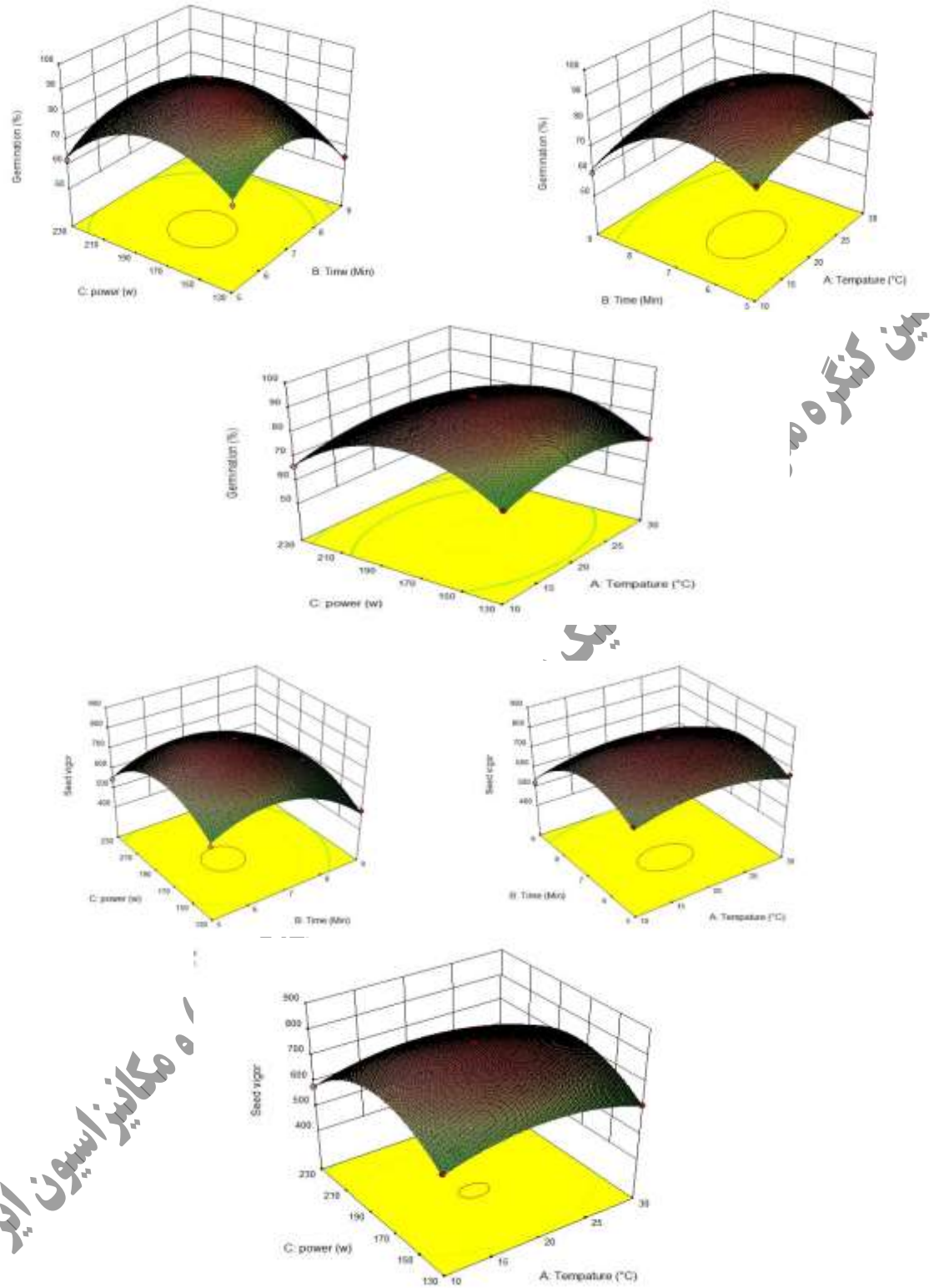
جدول ۲-۱ آنالیز واریانس مدل درجه دوم در روش منحنی های سطح پاسخ برای افزایش درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر

Table 2. Analysis of variance of quadratic model in the method of response surface curves for increasing germination percentage and seed vigor index

اثرات متقابل متغیرها و نتایج بدست آمده از آزمایش و تاثیر آن ها بر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر

همان طور که جدول تجزیه واریانس (۲-۴) نشان می دهد، در مورد اثرات متقابل تیمارها باید عنوان کرد که هیچ کدام از اثرات متقابل تاثیر معنی داری بر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر نداشتند. معنی دار نبودن اثرات متقابل احتمالا به خاطر معنی دار نشدن اثر ساده دما می باشد. با توجه به شکل (۱) که مربوز به درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر زیره سیاه می باشد مشاهده می کنید که بیشترین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر در زمان ۷ دقیقه و توان ۱۸۰ وات به ترتیب با مقادیر ۹۱٪ و ۸۰۰ بدست آمد. با افزایش توان از این مقدار یعنی توان ۲۳۰ وات، به دلیل قرار گرفتن بیشتر بذر در معرض امواج فراصوت، تخریب دیواره سلولی و آسیب به بذر بیشتر شده در نتیجه جوانه زنی کاهش می یابد. قرار گرفتن بذر در زمان کمتر از ۷ دقیقه نیز به این دلیل که انرژی و حرارت لازم جهت نفوذ آب به داخل بذر را فراهم نمی آورد و پوسته در مقابل نفوذ آب هنوز مقاوم است، جوانه زنی در مقایسه با زمان ۷ دقیقه کاهش یافته است. در بررسی اثر متقابل زمان و دما بر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر ابتدا این دو فاکتور افزایش وسپس کاهش می یابند. با افزایش دما اثر امواج فراصوت و شدت کاویتاسیون کاهش می یابد و از طرفی افزایش توان باعث افزایش حباب ها در سیال شده، درنتیجه موجب افزایش پدیده کاویتاسیون می گردد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

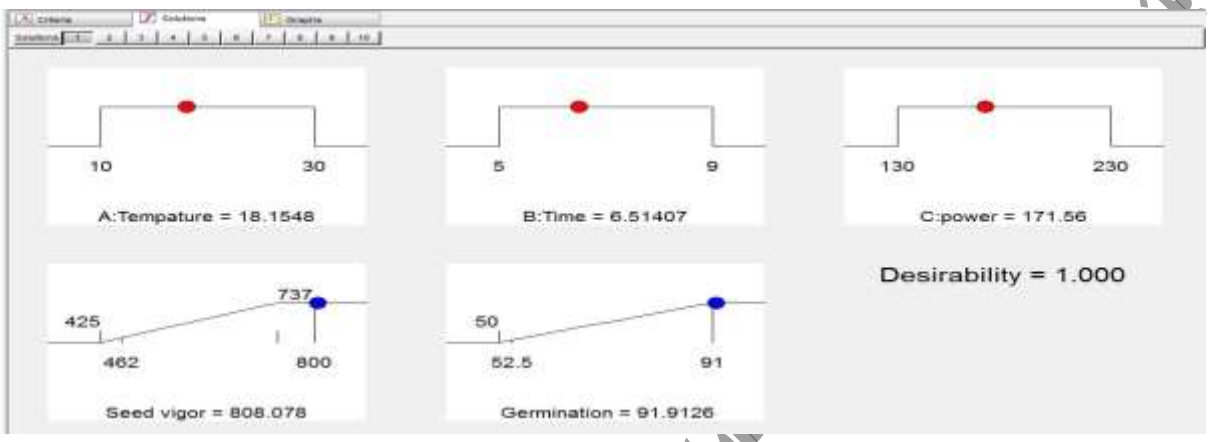


شکل (۱) اثرات متقابل زمان، توان و دما اعمال فراصوت بر درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر در نمای سه بعدی(در تمام نمودار ها متغیر مستقل سوم در نقطه مرکزی خود قرار دارد)

Figure 1: Interaction effects of time, power and temperature of ultrasound application on germination percentage and seedling index in 3D view (in all the diagrams, the independent third variable is located at its central point)

بهینه سازی شرایط فراصوت

شرایط بهینه بذر زیره سیاه با استفاده از زمان، توان و دما مختلف بر روی درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر با استفاده از نرم افزار Design Expert 10 تعیین شد. برای این منظور درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر در حداکثر مقدار خود قرار داده شدند. مقادیر متغیر های مستقل در شرایط بهینه برای زمان ۶/۵۱ دقیقه، توان ۱۷۱/۵۶ وات و دمای ۱۸/۱۵۴ درجه سلسیوس تعیین شد. در این حالت بیشترین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر ۹۱/۹۱۲ و ۸۰۸/۰۷۸ بدست آمد.



شکل (۲) مقادیر بهینه برای درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر با توجه به متغیر های زمان، توان و دما

Fig. 2: Optimal values for germination percentage and seed vigor index according to the variables of time, power and temperature

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد امواج فراصوت باعث افزایش درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر می شوند. بیشترین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر مربوط به زمان ۷ دقیقه و توان ۱۸۰ وات بود. افزایش یا کاهش این مقادیر باعث کاهش درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر می شود بیشترین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر در این مقادیر به ترتیب ۹۱/۹۱۲ درصد و ۸۰۸/۰۷۸ بود. با توجه به اهمیت بسیار زیاد انرژی. تیمار فراصوت یک روش کاملا ارزان و کم هزینه برای این طرح بود. نتیجه گیری نهایی که در این تحقیق گرفته شد حاکی از آن بود که اثر تیمار فراصوت برای بذر زیره سیاه باعث افزایش ۴۲ درصد جوانه زنی و ۴۳ درصدی شاخص بنیه بذر نسبت به تیمار شاهد گردید.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

فهرست مراجع

Azimzadeh M. (2009), *Genetic assessment of Iranian Bunium persicum Boiss using ITS*. Tehran: University of Tehran, p.81.persian.

Afzal, I., Rauf, S., Basra, S. M. A. and Murtaza, G. (2008), Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress, Plant, soil and Environment, 54(9):382-388.

Aladjadjiyan, A. (n.d.), ULTRASONIC STIMULATION OF THE DEVELOPMENT, 21 (3): 179_187.

Chen, G., Wang, Q., Liu, Y., Li, Y., Cui, J. and Liu, Y. (2012), Modelling analysis for enhancing seed vigour of switchgrass (Panicum virgatum L.) *Using an ultrasonic technique, Biomass and Bioenergy. Elsevier Ltd*, 47: 426_435. http://dx.doi.org/10.1016/.

Cavusoglu, K. and Kabar, K. (2010), Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses, EurAsian *Journal Of Biosciences*, 79(May): 70_79. http://www.ejobios.com/pdf/EJOB_10_05_4_9_70_79.pdf.

De Gennaro, L., Cavella, S., Romano, R. and Masi, P. (1999), the use of ultrasound in food technology I: inactivation of peroxidase by thermosonication, *Journal of Food Engineering*. Elsevier, 39(4): 401_407.

Ellis, R. H. and Roberts, E. H. (1981), the quantification of ageing and survival in orthodox seeds, Omidbeigi, R. 1997. Producton and Processing of Medicinal Plants. (1st edition) Tarrahane-Nashr Publication, Tehran, Vol. 2. pp. 424. (In farsi) (BOOK).

Faravani, M. (1997), Invesgigation on plant density of Black cumin (Bunium persicum) on grain yield and yield compenents in nurseryand field. Research Report, Research Department of Seed and Plant, Agricultural Research Center of Khorasan. (In Farsi)

Jambrac, A. R., Mason, T. J., Lelas, V., Paniwnyk, L. and Herceg, Z. (2014), Effect of ultrasound treatment on particle size and molecular weight of whey proteins, Journal Of Food Engineering. Elsevier, 121: 15_23.

Khosravi, M. (1993), Bunium persicum (Botany, Ecology and Explore the possibility of crop production). M.Sc. Thesis. Agriculture field, Ferdowsi University of Mashhad. PP. 107. (In Farsi)

Mason, T.J., (1998), Power ultrasonic food processing. The way forward: 105-117. In: Povey, M.J.W. and Mason, T.J., (Eds.). Ultrasound in Food Processing. Springer, Technology and Engeeniring, 282p.

Machikowa, T., Kulrattanarak, T. and Wonprasaid, S. (2013), Effects of Ultrasonic Treatment on Germination of Synthetic Sunflower Seeds, 7(1):53_56.

Nazari, M., Sharififar, A. and Asghari, H. R. (2014), Medicago Scutellata Seed Dormancy Breaking by Ultrasonic Waves, Plant Breeding And Seed Science, 69(1). http://www.degruyter.com/view/j/plass.2014.69.issue_1/plass_2015_0002/plass_2015-0002.xml.

Nadjafi, F., Bannayan, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M. 2006. Seed germination and dormancy Salter, P.G. (1985), Crop establishment: recent research and trends in commercial practice, Scintific Horticulture. Hurticultural Education Association, 36: 32_47.

Omidbeigi, R. (1997), Producton and Processing of Medicinal Plants. (1st edition) Tarrahane-Nashr Publication, Tehran, Vol. 2. pp. 424. (In Farsi) (Book).

Peter KV. Handbook of herbs and spices. Florida, CRC Press; 2004. p.72.

Patade, v. Y., Bhargava, S. and S. and Suprasanna, P. (2009), Haiopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134(1_2): 24_28.

Ranjbarian P, Sadeghian S, Shirazi M, Sarraf-Nejad A, Fazeli M, Amin G. (2004). Antimicrobial properties of four plant essential oils and essences against H.pylori using disc diffusion and flow cytometry methods. *Scientific Journal of Medical University of Hamadan*. 33(11): 42-7.persian.

Shankaracharya, NB, Shankaracharya ML. (1988), Research note on the essential oils of Cuminum cyminum L. and Bunium persicum. *B. Pafai Journal*. 10(4): 33 Plant, Agricultural Research Center of Khorasan. (In Farsi).

Santacatalina, J. V, Garcia_Perez, J. V, Corona, E. and Benedito, J. (2011), Ultrasonic monitoring of lard Crystallization during storage, *Food Research International*. Elsevier, 44(1): 146_155.

Salter, P. J. (1985), Crop establishment: recent research and trends in commercial practice, Scientific Horticulture. Hurticultural Education Association, 36: 32-47.

Tabaru, M., Fujino, R. and Nakamura, K. (2015), Effects of ultrasound irradiation on the growth of Jaapanese radish sprouts, *Acoustical Scinece and Technology*, 36(2): 167-170.

Taylerson, R. B. (2012), recent advancesin the development and germination of seed. Sprenger Science and Business Media.

Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., Tabatabaie, F. and Brew, J. I. (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, 14_21.

Ya, M. and Kaydan, D. (2008), Alleviation of osmotic stress of water and solt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments, *Journal Of Biotechnology*, 7(13): 2156_2162.

Yang, H., Gao, J., Yang, A.and Chen, H. (2015), The ultrasound-trwated soybean seeds improve idibility and nutritional quality of soybean sprouts, FRIN. Elsevier Ltd, 1-7. http://dx.Doi.org/10.1016/j. foodres. 01.011.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران