بهینه‌سازی مدت و شدت اعمال میدان مغناطیسی یکنواخت برای آب و بذر دو رقم گندم به روش سطح پاسخ

مائده شفیعی علویجه[۱،*]، مهدی کسرایی[۲]، علیرضا خوشرو[۳]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز (m.shafieealavijeh@gmail.com)
۲. هیأت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز (Kasraei@shirazu.ac.ir)
۳. هیأت علمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج (khoshroo@yu.ac.ir)

چکیده

استفاده از میدان مغناطیسی برای آب و بذر گیاهان روشی نو در افزایش بهره‌وری آب و سرعت جوانه‌زنی بذر می‌باشد. هدف این پژوهش تعیین مناسب‌ترین تیمار مغناطیسی برای قرارگیری بذر پنج رقم گندم و آب مصرفی آن‌ها بوده است. برای مغناطیس کردن بذرها و آب از سامانه مغناطیس کننده در بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز استفاده شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص‌های بنیه طولی و وزنی بودند. تیمارها شامل دو رقم گندم سرداری و شیراز، پنج سطح چگالی میدان مغناطیسی برای بذر و آب (E_1=۰، E_2=۵۰، E_3=۱۰۰، E_4= ۱۵۰ و E_5= ۲۰۰ میلی-تسلا) و پنج سطح زمان برای قرار گرفتن در میدان مغناطیسی (T_1=۰، T_2= ۴۵، T_3= ۶۰، T_4= ۷۵ و T_5= ۱۲۰ دقیقه) بود. در هر رقم یک تیمار شاهد بدون آن‌که در میدان مغناطیسی قرار گیرد، نیز در نظر گرفته شد. برای تعیین تیمار بهینه چگالی میدان و مدت‌زمان قرارگیری در میدان مغناطیسی از روش سطح پاسخ (RSM) در نرم‌افزار Design Expert استفاده شد. در رقم شیراز تیماری که به‌طور تجربی بذر به مدت ۱۲۰ دقیقه در میدان مغناطیسی ۲۰۰ میلی‌تسلا بدون مغناطیس کردن آب قرارگرفته بود بیش‌ترین مقدار سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی و وزنی را داشت که افزایش آن نسبت به شاهد به ترتیب ۹۰٪، ۴۵٪، ۱/۵ و ۱/۴۸ برابر بود. برای رقم سرداری نیز شاهد به‌عنوان تیمار بهینه مشخص شد.

کلمات کلیدی: *آب مغناطیسی، بذر مغناطیسی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی، شاخص بنیه وزنی، روش سطح پاسخ.*

*نویسنده مسئول: m.shafieealavijeh@gmail.com

بهینه‌سازی شرایط اعمال میدان مغناطیسی یکنواخت برای آب و بذر دو رقم گندم با شاخص‌های رشد به روش سطح پاسخ

مقدمه

درگذشته با افزایش سطح زیر کشت تولید را بالا نگه می‌داشتند. با پیشرفت جوامع و افزایش جمعیت امکان بالا بردن سطح زیر کشت وجود ندارد. اما با بالا بردن عملکرد در واحد سطح می‌توان به تولید بیش‌تری رسید. با افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه‌های حاصل از بذور کشت شده می‌توان به عملکرد بالا در واحد سطح رسید. به‌این‌ترتیب گیاهچه‌ها از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی بهتر استفاده خواهند کرد [۶].

مطالعه‌ای برای بررسی تأثیر آب‌شور مغناطیسی توسط مهدائوی و همکاران [۹] بر جوانه‌زنی بذر گوجه‌فرنگی و ذرت انجام شد. علاوه بر این، اثر تیمار مغناطیسی بر خواص آب نیز موردبررسی قرار گرفت. یک دستگاه تصفیه مغناطیسی با میدان مغناطیسی ۱۳/۵ میلی‌تسلا استفاده شد. آب‌شور با اضافه کردن مقادیر نمک (g/L ۶/۶، g/L ۴/۲ و g/L ۲/۱) به آب مقطر به‌عنوان مرجع استفاده شد. نتایج، کاهش هدایت الکتریکی پس از عبور نمونه‌های آب از میدان مغناطیسی را نشان داد. pH افزایش یافت که پس از ۲۴ ساعت تثبیت شد. درصد جوانه‌زنی و طول ریشه برای محدوده‌های مختلف شوری برای تمام‌دانه‌ها نسبت به گروه شاهد بیش‌تر بود. جوانه‌زنی ذرت با آب مغناطیسی شور ۴/۲ گرم در لیتر بیش‌ترین نسبت را به خود اختصاص داد و ۲۸ درصد بیش‌تر از شاهد بود. بیش‌ترین طول ریشه دردانه‌های گوجه‌فرنگی با ۲۴٪ افزایش نسبت به شاهد، در آبیاری با آب‌شور مغناطیسی ۴/۲ گرم در لیتر بود. نتایج نشان داد که تیمار آب مغناطیسی درصد جوانه‌زنی و طول ریشه دانه‌ها را بهبود داده بود.

در پژوهشی شین و همکاران [۱۰] تأثیر میدان مغناطیسی استاتیک را بر روی بذر سویا با قرار دادن دانه‌ها در میدان‌های مختلف مغناطیسی از صفرتا ۳۰۰ میلی‌تسلا در بازه‌های ۵۰ میلی‌تسلا به مدت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه بررسی کردند. نتایج نشان داد قرار دادن دانه‌ها در میدان مغناطیسی پارامترهای مربوط به جوانه‌زنی مانند جذب آب، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن تر و وزن خشک در شرایط آزمایشگاهی افزایش یافت. افزایش نسبت به شاهد برای سرعت جوانه‌زنی به میزان۴۲-۵٪، برای طول گیاهچه ۷۳-۴٪، برای وزن تر ۵۳-۹٪ و برای وزن خشک ۱۶-۵٪ بود. تیمارهای میدان مغناطیسی ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا در ۶۰ دقیقه در افزایش بیش‌تر پارامترهای گیاه مؤثرتر بودند.

در تحقیقی دیگر اقبال و همکاران [۷] شدت میدان مغناطیسی بهینه برای نخود فرنگی را با استفاده از روش سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی بررسی کردند. در این تحقیق عامل میدان مغناطیسی در سه سطح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌تسلا و زمان در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه در نظر گرفته‌شده بود. بررسی شاخص وزن‌تر ریشه و ساقه و همچنین طول و عملکرد نشان داد که شدت میدان مغناطیسی کم برای قرار گرفتن در مدت‌زمان طولانی و شدت میدان مغناطیسی بالا برای قرار گرفتن در مدت‌زمان کم‌تر مناسب است. طبق نمودارهای کانتوری پیش‌بینی‌شده است بیش‌ترین مقدار پارامترهای بررسی‌شده را تیمارهای ۱۱۶/۰۴ mT برای ۱۱/۵۱ دقیقه، ۸۵/۴۷ mT برای ۱۴ دقیقه و ۱۳۶/۶۱ mT برای ۸/۱۶ دقیقه داشته باشند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مناسب‌ترین تیمار مغناطیسی برای قرارگیری بذر دو رقم گندم و آب مصرفی آن‌ها به روش سطح پاسخ مشخص‌شده است. برای مغناطیس کردن از آهنربای الکتریکی که در بخش مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز توسط عاطفی راد [۳] ساخته‌شده بود استفاده شد. هم‌چنین به‌منظور مغناطیس کردن آب یک سیستم گردش آب ساخته‌شد. با قراردادن این دو مجموعه در کنار یکدیگر امکان مغناطیس کردن بذر و آب فراهم شد. سپس با انجام آزمون-های آزمایشگاهی صفت‌های مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

ویژگی‌های فنی آهنربای الکتریکی

۱. شاسی: شاسی شامل دو صفحه به ابعاد ۲۰، ۲۰ و ۱ سانتی‌متر و یک صفحه به ابعاد ۱، ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر است و در دو صفحه کوچک‌تر محل قرارگیری هسته‌ها تراشکاری شده است.

۲. هسته‌ها: در ساخت این آهنربا از دو هسته استوانه‌ای به قطر ۶ سانتی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر استفاده‌شده است. جنس هسته‌ها از فولاد ST37 می‌باشد.

۳. سیم‌پیچ‌های آهنربا: این آهنربا دارای دو سیم‌پیچ که به دور هسته‌ها پیچیده شده است، می‌باشد. سیم‌های استفاده‌شده از جنس مس با قطر ۰/۷۵ میلی‌متر می‌باشند. به‌منظور ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت و یک‌جهت در فاصله بین دو هسته دو سیم‌پیچ به شکل سری به یکدیگر متصل شده‌اند.

۴. حلقه‌های نگهدارندِ: به‌منظور جلوگیری از جابه‌جا شدن هسته‌ها در راستای طولی و ثابت ماندن و تنظیم فاصله بین دو هسته، توسط دو حلقه فلزی با پیچ بر روی هسته‌ها قفل‌شده‌اند.

مجموعه گردش آب در میدان مغناطیسی

در این مجموعه برای ایجاد جریان چرخشی آب، عمود بر میدان مغناطیسی از پمپ سانتریفیوژ مدل MKP 60-1 ساخت شرکت Vecont استفاده‌شده است. هم‌چنین به‌جای استفاده از مخزن و به‌منظور آن‌که آب همواره در مدت‌زمان مشخص‌شده در گردش باشد ۱۲۰ متر شیلنگ لاستیکی با قطر داخلی ۱/۲ سانتی‌متر با ظرفیت ۱۴ لیتر به‌کاربرده شده است.

در شکاف هوایی برای عبور آب از شیلنگ پلاستیکی با قطر خارجی ۶ میلی‌متر و قطر داخلی ۴ میلی‌متر به‌صورت مارپیچ حلزونی استفاده‌شده است. این قسمت برای مغناطیس کردن بذر قابل جدا شدن بود.

دستگاه اندازه‌گیری میدان مغناطیسی (تسلامتر)

برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی از دستگاه تسلامتر (گوس‌متر) مدل MG-3002 ساخت کشور تایوان استفاده گردید که توانایی اندازه‌گیری میدان مغناطیسی از صفر تا ۳۰۰ میلی‌تسلا با دقت ۰/۱ میلی‌تسلا را داشت.

منبع تغذیه

در این پژوهش به‌منظور داشتن میدان مغناطیسی یکنواخت از منبع تغذیه DC مدل MP-3005 ساخت شرکت Megatek استفاده شد. دستگاه دارای دو تنظیم یکی برای تنظیم ولتاژ با دقت ۰/۱ ولت و دیگری برای تنظیم شدت‌جریان خروجی با دقت ۰/۱ آمپر بود.

آزمون‌های آزمایشگاهی

اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی

برای اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی به مدت ۷ روز، هرروز تعداد بذرهای جوانه‌زده از ۲۵ بذر قرار داده‌شده در هر پتری-دیش شمارش و ثبت می‌شد. معیار جوانه‌زنی برای بذرها خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر در نظر گرفته شد. عمل شمارش بذرها در هرروز انجام و سپس سرعت جوانه‌زنی از معادله ۲ محاسبه گردید [۸].

$$GR = \sum \frac{n}{D} \quad (۲)$$

GR[1]: سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد دانه‌های جوانه‌زده در روز

n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هرروز

D: تعداد روز گذشته از شروع آزمایش

اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی

اگر n_i مجموع تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز هفتم و S تعداد کل بذرها باشد با توجه به اینکه رشد ریشه‌چه به‌اندازه ۲ میلی‌متر به‌عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. از معادله ۳ درصد جوانه‌زنی (GP[2]) محاسبه گردید [۵].

$$GP = \frac{n_i}{S} \times 100 \quad (۳)$$

اندازه‌گیری شاخص بنیه طولی

شاخص بنیه طولی با استفاده از فرمول ۴ محاسبه شد. در این فرمول SLVI[3] شاخص بنیه طولی بذر (سانتی‌متر)، RL طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)، SL طول ساقه چه (سانتی‌متر) و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد [۱].

$$SLVI = \frac{(SL+RL)\times GP}{100} \quad (۴)$$

اندازه‌گیری شاخص بنیه وزنی

شاخص بنیه وزنی (SWVI)[4] با استفاده از فرمول ۵ تعیین شد. در این فرمول RW وزن ریشه‌چه (گرم)، SW وزن ساقه چه (گرم) و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد[۴].

$$SWVI = \frac{(SW+RW)\times GP}{100} \quad (۵)$$

1 - Germination Rate
2 - Germination Percentage
3- Seed Length Vigor Index
4 - Seed Weight Vigor Index

تجزیه‌وتحلیل آماری

در این پژوهش هر تیمار در سه تکرار بررسی شد. سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص‌های بنیه طولی و وزنی در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. داده‌های اندازه‌گیری شده به نرم‌افزار Excel منتقل و ذخیره‌سازی گردید. این داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. هم‌چنین از آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها و مشخص کردن بهترین تیمار تجربی استفاده شد. تیمارها شامل؛ دو رقم گندم سرداری و شیراز، پنج سطح شدت میدان مغناطیسی برای بذر و آب (E_1(۰)، (E_2(۵۰ میلی‌تسلا)، (E_3(۱۰۰ میلی‌تسلا)، (E_4(۱۵۰ میلی‌تسلا) و (E_5(۲۰۰ میلی‌تسلا) و پنج سطح زمان برای قرار گرفتن در میدان مغناطیسی (T_1(۰)، (T_2(۴۵ دقیقه)، (T_3(۶۰ دقیقه)، (T_4(۷۵ دقیقه) و (T_5(۱۲۰ دقیقه) بود. در هر رقم یک تیمار شاهد بدون آنکه در میدان مغناطیسی قرار گیرد، در نظر گرفته شد. در این آزمایش به دلیل زیاد بودن تعداد تیمارها با انجام آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل، هم‌چنین تشکیل تیمارهای موهومی که قابل‌بررسی نیستند و با توجه به نتایج پژوهش‌های عاطفی راد [۳] و زارعی [۲] که به ترتیب میدان مغناطیسی و مدت‌زمان اعمال برای بذر و آب را در حدود ۲۰۰ میلی‌تسلا و ۱۲۰ دقیقه توصیه کردند، تنها تیمارهایی که مجموع زمان در آن‌ها ۱۲۰ دقیقه و مجموع میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا بود در نظر گرفته شد.

درنهایت انتخاب سطوح بهینه فاکتورهای ورودی، شدت میدان مغناطیسی و مدت‌زمان قرارگیری در میدان مغناطیسی برای هر رقم با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) در نرم‌افزار Design Expert انجام شد.

نتایج و بحث

هر رقم در صفت‌های اندازه‌گیری شده به‌صورت جداگانه بررسی شد. با بررسی کل صفت‌ها و نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین بهترین تیمار به‌طور تجربی برای هر رقم تعیین گردید.

سپس به‌منظور بهینه‌سازی فاکتورها در هر رقم خروجی‌های سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص‌های بنیه طولی و وزنی به‌عنوان پاسخ در آنالیز داده‌ها مورداستفاده قرار گرفتند.

آنالیز با روش سطح پاسخ رقم سرداری

با توجه به این‌که معادله کلی به شکل معادله (۶) است ضرایب معادلات به‌دست‌آمده از آنالیز داده‌ها برای هر یک از پاسخ‌های رقم سرداری در جدول (۱) گزارش‌شده است.

$$y= C_0+C_1\times MFS+C_2\times TMFS+C_3\times MFW+C_4\times(MFS\times TMFS)+C_5\times(MFS\times MFW) \quad (۶)$$

جدول ۱- ضرایب معادله پاسخ‌های رقم سرداری

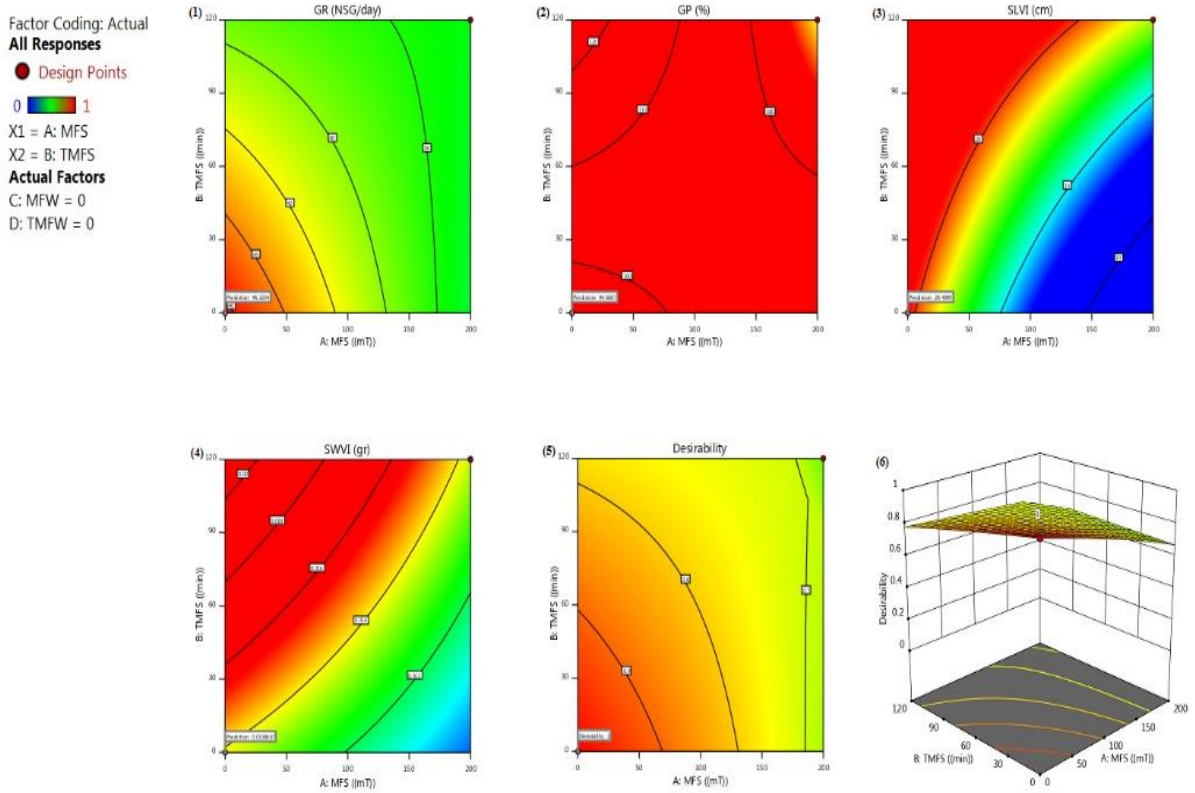
y	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
GR	۴۶/۳۳	-۰/۰۴۸	-۰/۰۵۷	-۰/۰۴۵	۰/۰۰۰۳۱	$-۳/۱۳\times۱۰^{-۶}$
GP	۹۴/۶۷	۰/۰۶۹	۰/۲۶	-۰/۰۳۶	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲
SLVI	۲۰/۴۱	-۰/۰۷۲	۰/۰۳۴	-۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۱۶
SWVI	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۵۹	$-۹/۳۳\times۱۰^{-۶}$	$-۱/۴۵\times۱۰^{-۷}$	$-۲/۰۶\times۱۰^{-۷}$

با آنالیز داده‌ها برای بهینه‌سازی تیمار، در تیمار بهینه به‌دست‌آمده مقدار ورودی‌های بهینه و مقدار پاسخ‌های پیش‌بینی‌شده در جدول (۲) آورده شده است.

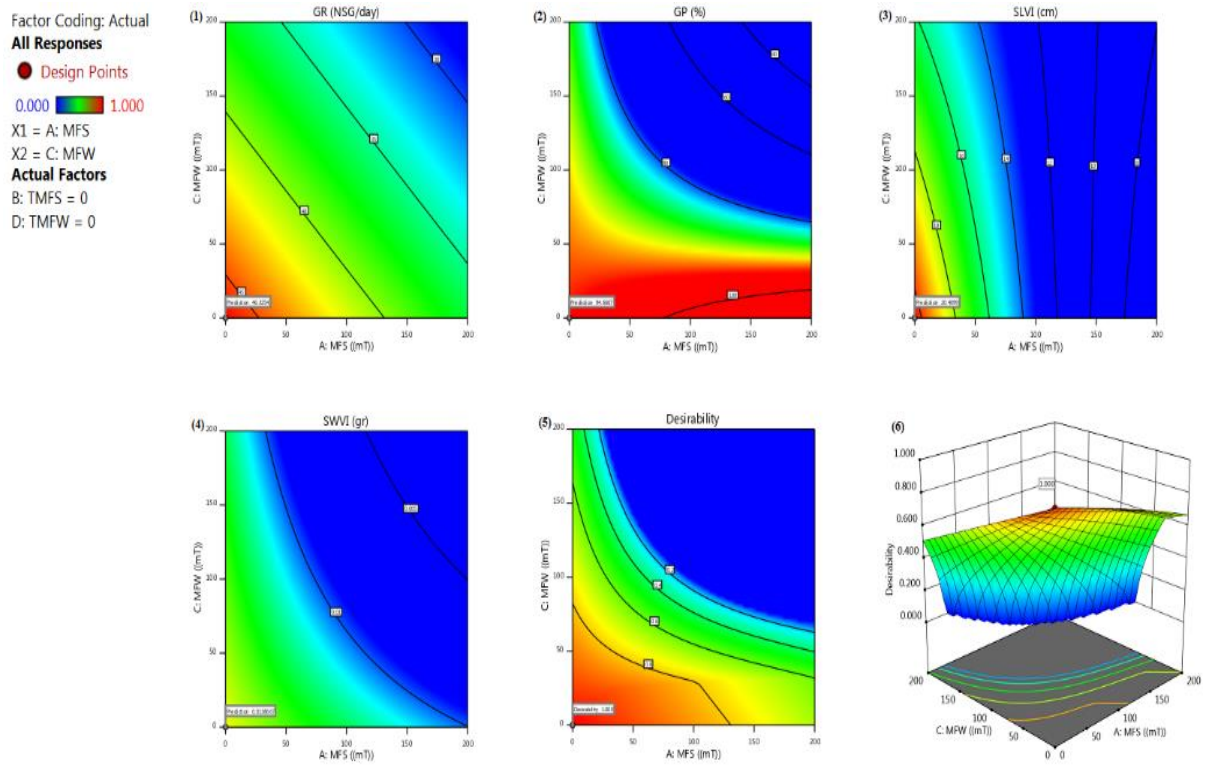
جدول ۲- مقدار ورودی‌های بهینه و پاسخ‌های پیش‌بینی‌شده برای رقم سرداری

MFS (mT)	TMFS (min)	MFW (mT)	TMFW (min)	GR (NSG/day)	GP (%)	SLVI (cm)	SWVI (gr)
۰	۰	۰	۰	۴۶/۳۳	۹۴/۶۷	۲۰/۴۱	۰/۰۱۴

تیمار E1T1E1T1، تیمار بهینه است و می‌توان گفت احتمالاً در رقم سرداری نیازی به مغناطیس کردن بذر و آب وجود ندارد و شاهد می‌تواند بیش‌ترین و بهینه‌ترین پاسخ را به ما بدهد.



شکل ۱- کانتورهای رقم سرداری بر حسب شدت میدان مغناطیسی برای بذر و مدت زمان مغناطیس کردن بذر. (۱) سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز، (۲) درصد بذر جوانه‌زده برحسب (٪)، (۳) شاخص بنیه طولی برحسب (cm)، (۴) شاخص بنیه وزنی برحسب (gr)، (۵) شاخص رضایت و (۶) شاخص رضایت در سه بعد.



شکل ۲- کانتورهای رقم سرداری بر حسب شدت میدان مغناطیسی برای بذر و شدت میدان مغناطیسی برای آب. (۱) سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز، (۲) درصد بذر جوانه‌زده برحسب (٪)، (۳) شاخص بنیه طولی برحسب (cm)، (۴) شاخص بنیه وزنی برحسب (gr)، (۵) شاخص رضایت و (۶) شاخص رضایت در سه بعد.

آنالیز با روش سطح پاسخ رقم شیراز

با توجه به این‌که معادله کلی به شکل معادله (۷) است ضرایب معادلات به‌دست‌آمده از آنالیز داده‌ها برای هر یک از پاسخ‌های رقم شیراز در جدول (۳) گزارش‌شده است.

$$y= C_0+C_1\times MFS+C_2\times TMFS+C_3\times MFW+C_4\times(MFS\times TMFS)+C_5\times(MFS\times MFW) \quad (۷)$$

جدول۳- ضرایب معادله پاسخ‌های رقم شیراز

y	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
GR	۲۱/۶۲	-۰/۰۸۵	-۰/۱۳	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۱۶
GP	۶۸	-۰/۳۲	-۰/۲۹	-۰/۱	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۱۳
SLVI	۸/۲۲	-۰/۰۵۹	-۰/۰۲۵	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۱۲
SWVI	۰/۰۰۷۴	-۰/۰۰۰۰۴۸	$-۷/۹۲\times۱۰^{-۶}$	-۰/۰۰۰۰۱۳	$۸/۶۳\times۱۰^{-۷}$	$-۱/۸۴\times۱۰^{-۷}$

با آنالیز داده‌ها برای بهینه‌سازی تیمار، در تیمار بهینه به‌دست‌آمده مقدار ورودی‌های بهینه و مقدار پاسخ‌های پیش‌بینی‌شده در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴- مقدار ورودی‌های بهینه و پاسخ‌های پیش‌بینی‌شده برای رقم شیراز

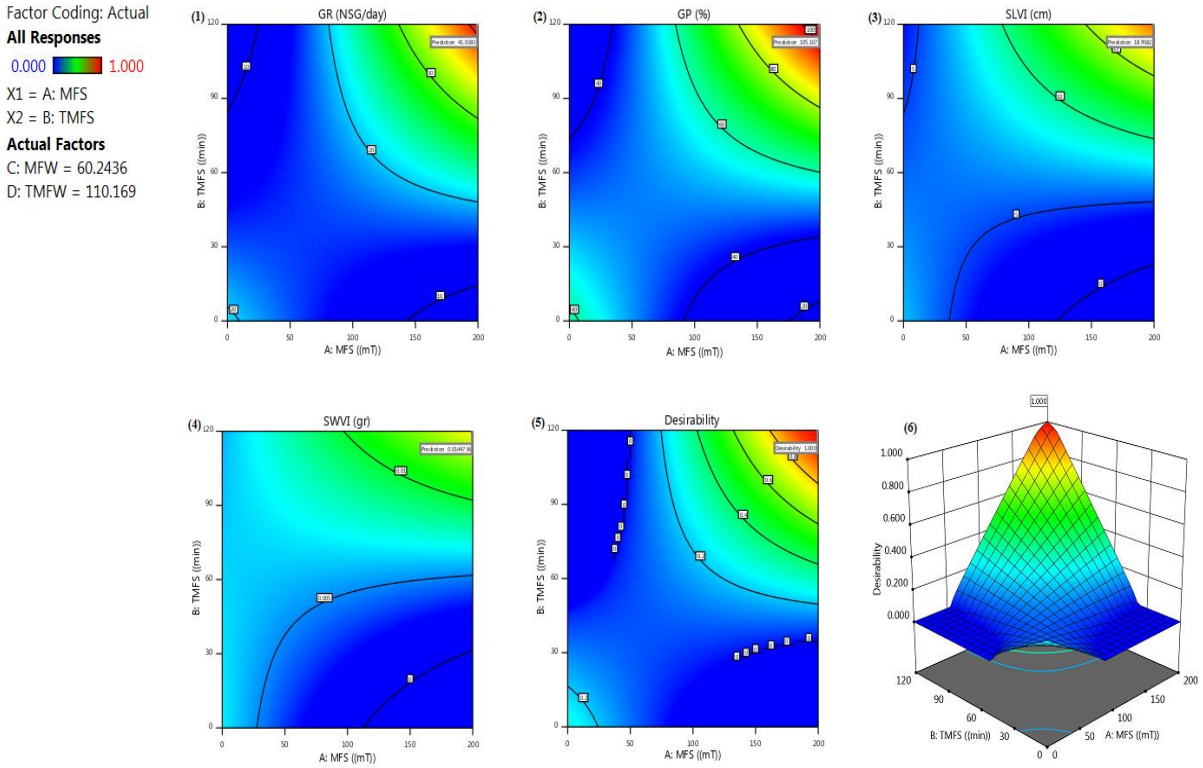
MFS (mT)	TMFS (min)	MFW (mT)	TMFW (min)	GR (NSG/day)	GP (%)	SLVI (cm)	SWVI (gr)

۰/۰۱۴	۱۸/۹۶	۱۰۵/۱۱	۴۱/۰۴	۱۱۰/۱۷	۶۰/۲۴	۱۱۹/۴۴	۱۹۹/۴۳

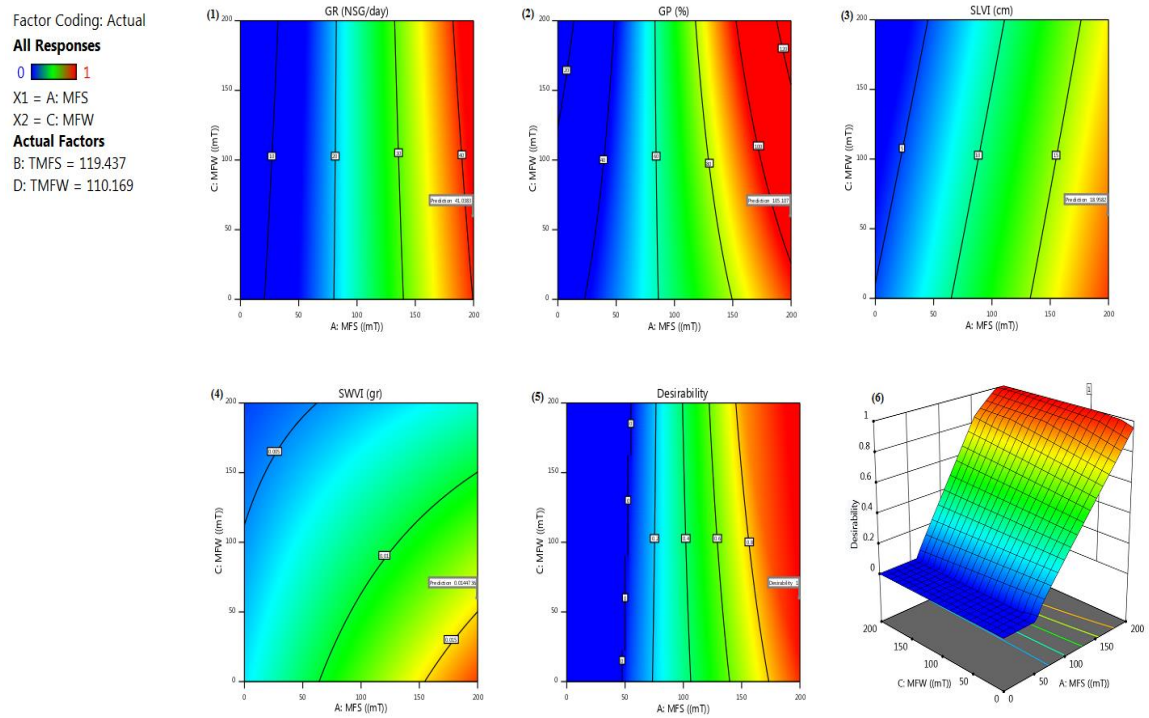
با توجه به نتایج رقم شیراز به‌عنوان تأثیرپذیرترین رقم در نظر گرفته می‌شود. مقایسه تیمار بهینه با شاهد در رقم شیراز نشان می‌دهد سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی و وزنی به ترتیب ۸۹/۸۴ و ۵۴/۵۷، ۱۳۰/۶۵ و ۸۸/۹۲ درصد افزایش خواهد داشت.

درحالی‌که تیمار E5T5E1T1 در رقم شیراز بیش‌ترین مقدار پاسخ‌ها را به خود اختصاص داده است و سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی و وزنی نسبت به شاهد به ترتیب ۸۹/۷۲ و ۴۵/۱، ۱۵۲/۷۲ و ۱۴۸/۱۱ درصد افزایش داشته است.

بنابراین پیشنهاد می‌شود که به‌جای تیمار بهینه تیمار E5T5E1T1 استفاده شود زیرا مغناطیس کردن بذر بدون مغناطیس کردن آب افزایش بیش‌تری نسبت به تیمار بهینه پیش‌بینی‌شده دارد و در واقعیت نیز انجام این عمل آسان‌تر است.



شکل ۳- کانتورهای رقم شیراز بر حسب شدت میدان مغناطیسی برای بذر و مدت زمان مغناطیس کردن بذر. (۱) سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز، (۲) درصد بذر جوانه‌زده برحسب (٪)، (۳) شاخص بنیه طولی برحسب (cm)، (۴) شاخص بنیه وزنی برحسب (gr)، (۵) شاخص رضایت و (۶) شاخص رضایت در سه بعد.



شکل۴- کانتورهای رقم شیراز بر حسب شدت میدان مغناطیسی برای بذر و شدت میدان مغناطیسی برای آب. (۱) سرعت جوانه‌زنی برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز، (۲) درصد بذر جوانه‌زده برحسب (٪)، (۳) شاخص بنیه طولی برحسب (cm)، (۴) شاخص بنیه وزنی برحسب (gr)، (۵) شاخص رضایت و (۶) شاخص رضایت در سه بعد.

نتیجه گیری

در رقم سرداری کلیه تیمارها نسبت به شاهد کاهش داشتند و با استفاده از روش سطح پاسخ تیمار بهینه به‌دست‌آمده برای رقم سرداری شاهد بود احتمالاً مغناطیس کردن بذر و آب در این رقم تأثیری در صفت‌های بررسی‌شده ندارد.

در رقم شیراز سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های بنیه طولی و وزنی در سطح ۱٪ و درصد جوانه‌زنی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. می‌توان گفت رقم شیراز مناسب‌ترین رقم در بین ارقام بررسی‌شده متأثر از استفاده توأم بذر و آب مغناطیسی است. هم‌چنین در این رقم تیمار E5T5E1T1 بیش‌ترین مقدار سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی و وزنی را داشت که افزایش آن نسبت به شاهد به ترتیب ۸۹/۷۳٪، ۴۵/۱٪، ۱/۵۴ و ۱/۴۸ برابر بود.

با بهینه کردن به روش سطح پاسخ در رقم شیراز با وجود آن که تیمار (۰، ۰، ۱۲۰، ۲۰۰) بیش‌ترین مقدار سرعت و درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه طولی و وزنی را داشت تیمار (۱۱۰/۱۷، ۲۴/۶۰، ۱۱۹/۴۴، ۱۹۹/۴۳) به عنوان تیمار بهینه تعیین شد اما با توجه به این که اختلاف زیادی در پاسخ‌ها وجود ندارد و مغناطیس کردن بذر نیز آسان‌تر است پیشنهاد می‌شود همان تیمار (۰، ۰، ۱۲۰، ۲۰۰) اعمال شود.

منابع

۱. امام، ی.، و پیراسته انوشه، ه. (۱۳۹۳). روش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در علوم زراعی. مشهد، ایران: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲. زارعی، س. (۱۳۹۶). اثر آب مغناطیسی با یک سامانه جدید بر رشد و پنج رقم گندم. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم) دانشگاه شیراز.

۳. عاطفی‌راد، م. (۱۳۹۳). اثر میدان مغناطیسی یکنواخت بر سرعت جوانه‌زنی و رشداولیه پنج رقم گندم. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم) دانشگاه شیراز.

4. Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. Crop Science, 13(6), 630-633.
5. Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology (Netherlands).
6. Foti, S., Cosentino, S. L., Patane, C., & Dagosta, G. M. (2002). Effect of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (Sorghum bicolor Moench L.) under low temperatures. Seed Science and Technology, 30(3), 521-533.
7. Iqbal, M., Ahmad, I., Hussain, S. M., Khera, R. A., Bokhari, T. H., & Shehzad, M. A. (2013). Optimization of pre-sowing magnetic field doses through RSM in pea. International Agrophysics, 27(3), 265-273.
8. Maguire, J. D. (1962). Speed of Germination-Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. Crop science, 2(2), 176-177.
9. Mehdaoui, H. Y., Oliveira, M. R., & Kallel, M. (2017). Effect of a magnetic treatment of salt water on seed germination. In VIII International Scientific Agriculture Symposium," Agrosym 2017", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 2017. Book of Proceedings (pp. 727-732). Faculty of Agriculture, University of East Sarajevo.
10. Shine, M. B., Guruprasad, K. N., & Anand, A. (2011). Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. Bioelectromagnetics, 32(6), 474-484.

Optimization of Duration and Intensity of Uniform Magnetic Field for Water and Seed of Two Wheat (*Triticum aestivum L.*) Cultivars by Response Surface Methodology

M. Shafiee Alavijeh[1*], M. Kasraei[2], A. R. Khoshroo[3]

1. Former Graduate Student, Department of Biosystems Engineering, University of Shiraz
2. Faculty Member, Department of Biosystems Engineering, University of Shiraz
3. Faculty Member, School of Agriculture, University of Yasouj

Abstract

Using a magnetic field for water and seed of plants is a new way to increase water productivity and seed germination rate. The aim of this study was to determine the most suitable magnetic treatment for seed placement of five wheat cultivars and their water use. Magnetizing system was used to magnetize the seeds and water in the Biosystems Engineering Department of Shiraz University. The measured indices were germination rate and percentage, seed length vigor index and seed weight vigor index. Treatments included two wheat cultivars of Sardari and Shiraz, five levels of magnetic field density for seed and water (E_1=0, E_2=50, E_3=100, E_4=150 and E_5=200 mT) and five time levels for the magnetic field were (T_1=0, T_2=45, T_3=60, T_4=75 and T_5=120 min). In each cultivar a control treatment without being exposed to the magnetic field was also considered. Response surface methodology (RSM) in Design Expert software was used to determine the optimum field density treatment and magnetic field exposure time. In Shiraz cultivar, the experiment, which had been experimentally seeded for 120 minutes in a 200 mT magnetic field without water magnetization, had the highest germination rate and percentage, seed lenght and weight vigor index, which increased with respect to Control was 90%, 45%, 1.5 and 1.48 fold, respectively. For Sardari cultivar, control was considered as optimal treatment.

Key words: Germination percentage, Germination rate, Magnetic seed, Magnetic water, Response surface method, Seed length vigor index, Seed weight vigor index.

*Corresponding author
E-mail: m.shafieealavijeh@gmail.com