اثر آب مغناطیسی بر رشد دانه‌های گندم

مهدی کسرایی[۱]، سعید زارعی[۲]، مائده شفیعی علویجه[۳]

[۱]هیأت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز؛ Kasraei@shirazu.ac.ir
[۲]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز؛ S.Zarei@gmail.com
[۳]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز؛ m.shafieealavijeh@gmail.com

چکیده

میدان مغناطیسی می‌تواند باعث تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی آب شود. هدف این پژوهش تعیین اثر آب مغناطیسی بر شاخص‌های رشد دانه‌های گندم بوده است. تیمارها شامل پنج رقم گندم، سه سطح میدان مغناطیسی و سه سطح زمان و نیز از هر رقم یک نمونه شاهد (بدون قرار گرفتن در میدان مغناطیسی) بود. آزمایش‌ها در گلخانه با کشت ۱۰ بذر در گلدان‌های ۴ کیلویی انجام شد و پس از ۲ هفته عمل تنک کردن انجام گرفت و در هر گلدان ۵ بوته که بیش‌ترین شباهت را به یکدیگر داشتند نگهداری شد. برای آب دادن به هر گلدان، بر حسب تیمار مورد نظر، آبی که در مدت زمان مشخص در میدان مغناطیسی با چگالی معین قرار گرفته بود استفاده شد. در پایان ۶ هفته بوته‌های هر گلدان از سطح خاک بریده شدند. عوامل مورد مطالعه شامل وزن خشک، شاخص بنیه طولی و شاخص بنیه وزنی بود. آزمایش‌ها که در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شده بود با استفاده از نرم‌افزار SAS و با آزمون LSD تحلیل شد. نتایج نشان داد که اثر آب مغناطیسی بر کلیه شاخص‌های رشد با نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود و هر پنج رقم در میدان ۱۵۰ میلی تسلا و زمان ۱۲۰ دقیقه بیش‌ترین وزن خشک را داشتند. ارقام روشن و سرداری بیش‌ترین بنیه طولی و رقم سرداری در سطح میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و زمان ۶۰ دقیقه بیش‌ترین میانگین شاخص بنیه وزنی را داشت.

کلمات کلیدی: آب مغناطیسی، بنیه وزنی، بنیه طولی، گندم، میدان مغناطیسی

Effect of Magnetic Water on Growth of Wheat seeds

S.Zarei, M.Shafiee Alavijeh
M.Kasraei, Kasraei@shirazu.ac.ir

ABSTRACT

Magnetic field can changes the physical and chemical properties of water. The aim of study was determination of the effect of magnetic water on growth indices of wheat seeds. The treatments included five wheat cultivars, three levels of magnetic field, three levels of time and a control sample (not effected by magnetic field) for each cultivars. Experiments were carried out in a greenhouse with 10 seeds in 4 kg pots. After 2 weeks, thinning was performed, and in each pot, 5 plants with the most similarity were kept. For each pot it was used according to the desired water treatment, which had been placed in a specific magnetic field over a specified period of time. At the end of 6 weeks, the bushes were cut off from pots. Study cases were dry weight, length and weight vigor indices. The experiments were performed in a completely randomized factorial design with three replications, for analyzing the data we used SAS software and LSD test. Results showed, effect of magnetic water on growth indices, compared to control sample, were significant and all of five wheat cultivars had more dry weight under the 150 milli Tesla and 120 minutes test. Roshan and Sardari cultivars had the maximum average of both, length vigor and weight vigor indices at 200 milli Tesla and 60 minutes test.

Keywords: magnetic water, weight vigor, length vigor, wheat, magnetic field

۱- نویسنده مسئول: مهدی کسرایی ۰۹۱۷۷۱۴۶۱۹۰

۱- مقدمه

اثر آب مغناطیسی به طور اتفاقی به وسیله دانشمندان روسی مشاهده گردید. آن‌ها دریافتند که آب مغناطیسی شده جرم داخل لوله‌ها را پاک و از رسوب مجدد روی جدار لوله‌ها جلوگیری می‌کند. مشاهده شده است که مغناطیس می تواند آب ساده را به مایعی با اثرات شیمیایی خاص تبدیل کند، به طوری که خواص آب مغناطیس شده از جمله وزن مخصوص، کشش سطحی، ویسکوزیته و قابلیت هدایت جریان الکتریسیته آن تغییر می‌کند با این که آب مغناطیسی چیزی به آب اضافه یا کم نمی‌کند (Sadeghi, 2010).

با توجه به روند کاهش زمین‌های حاصل خیز و کمبود آب خصوصاً در بخش کشاورزی و گسترش فراگیر خشکی و خشکسالی و تقاضای رقابتی برای آب در بیش‌تر قسمت‌های جهان، فشار زیادی برروی منابع آب آمده است در نتیجه برای حفظ کمیت و کیفیت آب باید استراتژی‌های مناسب ایجاد شود تا از خطر کمبود آب در سال‌های آینده اجتناب شود و این افزایش بازده در مصرف آب باید در جایی که مصرف عمده آب صورت می‌گیرد ایجاد شود، یعنی آبیاری، چرا که به طور میانگین در جهان بیش از ۶۰ درصد منابع آبی صرف آبیاری در کشاورزی می‌شود (Sadeghi, 2010).

پدیده حافظه مغناطیسی آب یعنی نگهداری خواص آب تیمار شده توسط میدان مغناطیسی در مدت زمانی معین توسط شماری از محققین گزارش شده است. این محدوده زمانی حافظه مغناطیسی آب از ۱۰ دقیقه (Ellingsen and Kristiansen, 1979) تا ۱۴۳ ساعت (Higashitani *et al.*, 1992) گزارش شده است.

تاثیر آب مغناطیسی بر روی بذر خیار را موریجان و همکاران (Morejon et al., 2007) مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها آب آبیاری را بعد از گذراندن از میدان مغناطیسی ۱۲۰ میلی تسلا در دو حالت ایستا و دینامیک برای آبیاری بذور استفاده کردند، به طوری که در حالت ایستا آب ساکن تحت میدان قرار می‌گرفت و در حالت دینامیک آب با سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه از میدان مغناطیسی عبور داده می‌شد. نتایج نشان داد که درصد جوانه زنی از ۳۴ درصد در نمونه شاهد به ۸۸ درصد در نمونه تیمار شده افزایش یافت. هم‌چنین خصوصیات رشدی جوانه نیز بهتر شده بود. آن چه از نتایج برمی‌آید نشان دهنده اثر بهتر عبور دینامیکی آب از میدان مغناطیسی بر روی بذر می‌باشد.

اثر فناوری مغناطیسی را هیلال و هلال (Hilal and Helal, 2000) بر روی میزان جوانه‌زنی و سبز شدن بذور بعضی از گیاهان در شرایط خاک شور و قلیایی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که گوجه‌فرنگی در شرایط آبیاری با آب مغناطیس شده نسبت به مغناطیس بودن بذر واکنش بهتری نشان می‌دهد. در تیمارهای مغناطیسی شده، بذور گندم بعد از ۶ روز ۱۰۰ درصد جوانه زدند در حالی که در تیمار معمولی بذور بعد از ۹ روز ۸۳ درصد جوانه زدند.

در تحقیقی در شمال خوزستان جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2009) تأثیر آب مغناطیسی را برروی خیار گلخانه‌ای بررسی کردند. آن‌ها گزارش کرده‌اند که آب مغناطیسی تا ۳۰ درصد شوری خاک را کاهش داده و برروی افزایش محصول خیار تأثیر مثبتی داشته است.

در مجموع مزایای کاربرد میدان‌های مغناطیسی در تیمار بذر را واسیلوسکی(Vasilevski, 2003) به شرح زیر خلاصه کرده است: افزایش جوانه‌زنی بذر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد، کاهش مصرف بذر تا حدود ۳۰ درصد، افزایش طول گیاهچه تا ۲۴ درصد، افزایش وزن بوته بین ۱۰ تا ۴۵ درصد، افزایش عملکرد محصول بین ۱۰ تا ۵۰ درصد از جمله نتایجی می‌باشد که تیمار میدان‌های مغناطیسی دربرداشته است.

دستگاه‌هایی که در آنها جهت دهی میدان مغناطیسی به طور تقریبی عمود بر جریان آب باشد مؤثرترین است و این به خاطر جهت عمودی میدان بر جهت جریان آب گزارش شده است (Krope *et al.*, 2000).

۲- مواد و روش‌ها

هدف این پژوهش تعیین اثر آب مغناطیسی بر شاخص‌های رشد دانه‌های گندم بوده است. به این ترتیب بعد از ساخت دستگاه که یک آهنربای الکتریکی است عمل کاشت در گلدان‌های ۴ کیلویی انجام شد. در ابتدا در هر گلدان ۱۰ بذر کشت شد و پس از ۲ هفته عمل تنک کردن انجام گرفت و در هر گلدان ۵ بوته که از نظر اندازه و شکل ظاهری بیش‌ترین شباهت را به یکدیگر داشتند حفظ شدند. برای آب دادن به هر گلدان بر حسب تیمار مورد نظر آبی که در مدت زمان مشخص در میدان مغناطیسی با چگالی معین قرار گرفته بود استفاده شد.

در پایان ۶ هفته بوته‌های هر گلدان از سطح خاک بریده شدند و وزن تر آن‌ها ثبت شد. سپس نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند (شکل۱) و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون با دقت ۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، سپس هر نمونه خارج و وزن خشک آن اندازه گیری شد.

Figure 1. Samples before being placed in the oven.

شکل ۱- نمونه ها قبل از قرار گرفتن در آون.

۲-۱- مشخصات فنی دستگاه

در این دستگاه قابلیت تنظیم میدان مغناطیسی در چگالی‌های مختلف وجود دارد که در فاصله بین دو هسته میدان مغناطیسی یکنواخت است. دستگاه شامل سه قسمت می‌باشد:

۱- دستگاه تولید کننده میدان مغناطیسی، که دارای هسته‌ای از جنس میلگردهای فولاد صیقل شده به قطر ۵۰ میلی‌متر و طول ۱۳۵ میلی‌متر، قرقره سیم‌پیچی و سیم مسی که به دور هسته پیچیده شده است می‌باشد. همچنین به علت وجود اثر لبه[1] و اهمیت فاصله بین دو هسته سیستم نتظیم‌کننده فاصله بین دو هسته نیز در نظر گرفته شده است.

۲- قسمت ایجاد کننده جریان آب در میدان، که این مجموعه شامل پمپ، مخزن پلاستیکی آب با گنجایش حجم مایع ۱۰ لیتر، لوله پلاستیکی با قطر خارجی ۶ میلی‌متر و قطر داخلی ۴ میلی‌متر و محفظه مارپیچ حلزونی آب می‌باشد.

۳- منبع تغذیه و تنظیم کننده چگالی میدان مغناطیسی، برای داشتن میدان مغناطیسی یکنواخت از منبع تغذیه DC (مدل Megatek) استفاده شد. دستگاه دارای دو تنظیم یکی برای تنظیم ولتاژ با دقت ۰/۱ ولت و دیگری برای تنظیم شدت جریان خروجی با دقت ۰/۱ آمپر بود.

۲-۲- اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی

برای تعیین شاخص‌های بنیه طولی و وزنی باید ابتدا درصد جوانه‌زنی تعیین می‌شد، به منظور تعیین درصد جوانه‌زنی رشد ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر به عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد و از معادله (۱) درصد جوانه‌زنی (GP) محاسبه گردید (Ellis and Robert, 1981).

$$\mathbf{GP} = \frac{\boldsymbol{n_i}}{\boldsymbol{S}} \times \mathbf{100} \qquad (۱)$$

n_i: تعداد بذرهای جوانه زده در روز هفتم

S: تعداد کل بذرها

۲-۳- اندازه‌گیری شاخص بنیه طولی

شاخص بنیه طولی با استفاده از فرمول (۲) محاسبه شد. در این فرمول SLVI[2] شاخص بنیه طولی بذر (سانتی‌متر)، RL طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)، SL طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

[1]- Fringing Effect
[2]- Seed Length Vigor Index

$$SLVI = \frac{(SL + RL) \times GP}{100} \quad (۲)$$

۲-۴- اندازه‌گیری شاخص بنیه وزنی

شاخص بنیه وزنی (SWVI) با استفاده از فرمول (۳) به دست می‌آید که در آن RW وزن ریشه‌چه (گرم)، SW وزن ساقه‌چه (گرم) و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

$$SWVI = \frac{(SW + RW) \times GP}{100} \quad (۳)$$

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها به صورت آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل فاکتور زمان در سه سطح ۳۰ دقیقه (T_1)، ۶۰ دقیقه (T_2) و ۱۲۰ دقیقه (T_3) و فاکتور شدت میدان مغناطیسی در سه سطح ۱۰۰ میلی‌تسلا (I_1)، ۱۵۰ میلی‌تسلا (I_2) و ۲۰۰ میلی‌تسلا (I_3) و پنج رقم گندم (یاواروس، فلات، شیراز، روشن و سرداری) در سه تکرار انجام شد و از هر رقم یک تیمار بدون آن که در میدان مغناطیسی قرار گیرد در سه تکرار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد که در مجموع ۱۵۰ تیمار را تشکیل دادند. در پایان هر آزمایش داده‌های اندازه گیری شده به نرم‌افزار Excel منتقل و ذخیره سازی گردید. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آزمون F برای تعیین سطح معنی‌داری استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- وزن خشک

جدول ۱-۳ نشان‌دهنده تجزیه واریانس مربوط به صفت وزن خشک می‌باشد. بر این اساس اثر رقم، میدان مغناطیسی و زمان اعمال میدان مغناطیسی و همچنین کلیه اثرات متقابل، به جز رقم در زمان و هم‌چنین اثر سه‌گانه رقم در میدان مغناطیسی در زمان، معنی‌دار بود ($p<0.01$).

جدول ۱-۳- نتایج تجزیه واریانس بر وزن خشک

Table 1-3. Results of analysis of variance on dry weight

Source	Degree of freedom	Total squares	Average squares	F
Cultivar (C)	4	0.0078658	0.0019664	16.41**
Field (I)	2	0.0258939	0.0129469	108.04**
Time (T)	2	0.0046451	0.0023226	19.38**
C*I	8	0.0034712	0.0004339	3.62**
C*T	8	0.0014024	0.0001753	1.46 ns
F*T	4	0.0111346	0.0027837	23.23**
C*F*T	16	0.0022979	0.0001436	1.2**
Error	90	0.0119832	0.0001198	
Coefficient of variation				15.22725

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد (۱٪) و غیر معنی‌دار.

مقایسه اثر میانگین شدت میدان مغناطیسی نشان داد که میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا دارای بیش‌ترین میانگین وزن خشک گیاه (با ۹۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) بود که اختلاف معنی‌داری با بقیه میدان‌های مغناطیسی در نظر گرفته شده داشت. میدان‌های مغناطیسی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به ترتیب ۶۶ و ۲۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) به ترتیب بیش‌ترین میزان میانگین وزن خشک را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

[1]- Seed Weight Vigor Index

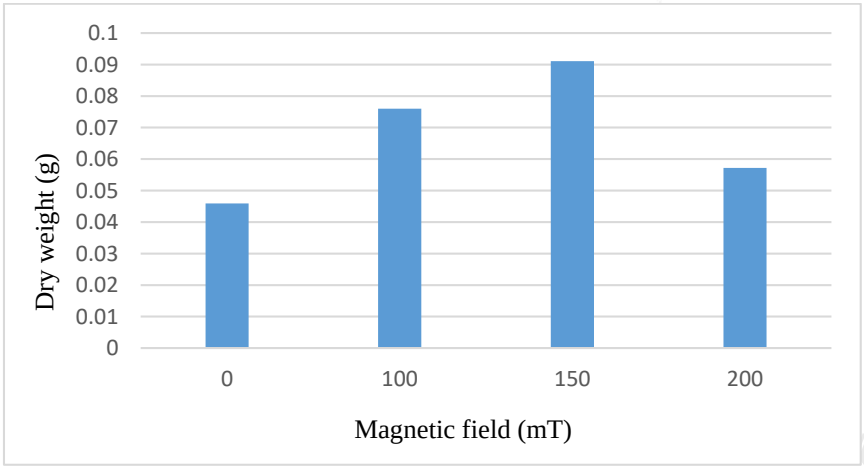

Figure 2. Comparison mean levels of magnetic field on dry weight.

شکل ۲- مقایسه میانگین سطوح میدان مغناطیسی اعمال شده بر صفت وزن خشک.

بررسی اثر متقابل دوگانه میدان در زمان نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک در میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا و در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه بود. در حالی که کم‌ترین آن در میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و مدت زمان ۳۰ دقیقه مشاهده گردید (جدول ۲-۳).

جدول ۲-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل میدان مغناطیسی و زمان برای صفات وزن خشک، بنیه طولی و بنیه وزنی

Table 3-2. Comparison mean interaction of magnetic field and time on the dry weight, length vigor and weight vigor

Magnetic Field (mT)	Time (min)	Dry Weight (g)	Length vigor (cm)	Weight vigor (g)
0	0	0.046^{F}	4.52^{G}	0.346^{CD}
100	30	0.058^{E}	5.159^{DE}	0.244^{E}
	60	0.08^{C}	4.868^{EF}	0.333^{CD}
	120	0.09^{B}	$4.7F^{G}$	0.368^{BC}
150	30	0.079^{C}	4.979^{DF}	0.319^{D}
	60	0.88^{B}	5.336^{D}	0.449^{A}
	120	0.106^{A}	6.494^{B}	0.395^{B}
200	30	0.066^{F}	5.067^{F}	0.362^{F}
	60	0.055^{F}	7.749^{A}	0.39^{B}
	120	0.05^{EF}	5.722^{C}	0.439^{A}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD5%).

مقایسه میانگین اثر سه‌گانه رقم در میدان مغناطیسی در زمان برای صفت وزن خشک گیاه در جدول ۳-۳ آورده شده است. بررسی اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که سطح شاهد میدان مغناطیسی در رقم فلات و رقم شیراز دارای کمترین میانگین وزن خشک بود که با سایر میانگین‌های مربوط به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین مقدار وزن خشک در سطح میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی‌تسلا برای رقم یاواروس در زمان ۱۲۰ دقیقه، برای رقم سرداری در زمان ۱۲۰ دقیقه و ۶۰ دقیقه و برای رقم روشن در زمان ۱۲۰ دقیقه مشاهده شد.

جدول ۳-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه رقم، میدان مغناطیسی و زمان در ارتباط با صفت وزن خشک

Table 3-3. Comparison of the mean of triple interaction of cultivar, magnetic field and time in relation to the dry weight trait

Magnetic Field (mT)	Time (min)	Yavarus	Falat	Shiraz	Roshan	Sardari
0	0	0.045^{OR}	0.042^{R}	0.042^{QR}	0.045^{OR}	0.053^{LR}
100	30	0.055^{KR}	0.045^{PR}	0.051^{NR}	0.074^{GL}	0.064^{GQ}
	60	0.083^{FJ}	0.055^{KR}	0.065^{JP}	0.083^{FG}	0.1133^{AB}
	120	0.090^{CH}	0.061^{KR}	0.090^{CH}	0.103^{BF}	0.104^{BF}
150	30	0.084^{EG}	0.073^{GM}	0.066^{IP}	0.076^{GK}	0.094^{BG}
	60	0.083^{FG}	0.087^{DI}	0.074^{GL}	0.089^{CH}	0.107^{AD}
	120	0.124^{A}	0.098^{BF}	0.093^{BG}	0.105^{AE}	0.11^{AC}
200	30	0.067^{IO}	0.056^{KR}	0.063^{GR}	0.074^{GL}	0.07^{HN}
	60	0.054^{KR}	0.049^{NR}	0.048^{NR}	0.059^{KR}	0.063^{JR}
	120	0.051^{MR}	0.046^{OR}	0.044^{PR}	0.052^{MR}	0.057^{KR}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD5%).

۳-۲- بنیه طولی

تجزیه واریانس مربوط به صفت بنیه طولی نشان داد که اثر رقم، میدان مغناطیسی و زمان اعمال میدان مغناطیسی و همچنین کلیه اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار بود ($p<0.01$).

مقایسه میانگین مربوط به ارقام مختلف مورد استفاده در این آزمایش برای کلیه سطوح میدان مغناطیسی و زمان (جدول ۴-۳) نشان داد که ارقام روشن و شیراز به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان میانگین بنیه طولی آن بودند که تفاوت آن‌ها از لحاظ آماری با سایر ارقام معنی‌دار بود (شکل۳).

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های ارقام

Table 4-3. Comparison of the mean characteristics of the cultivars

Cultivar	Dry weight (g)	Length vigor (cm)	Weight vigor (g)
Yavarus	0.074^{B}	2.9538^{D}	0.2127^{D}
Falat	0.0614^{C}	4.1381^{C}	0.3454^{C}
Shiraz	0.064^{C}	1.4166^{E}	0.1782^{E}
Roshan	0.0763^{B}	9.5811^{A}	0.5183^{B}
Sardari	0.0838^{A}	9.2071^{B}	0.5679^{A}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD5%).

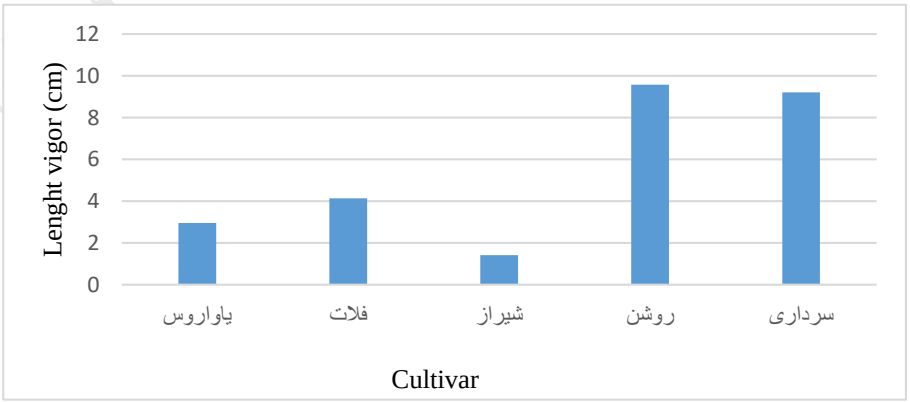

Figure 3. Comparison mean levels of cultivar on length vigor.

شکل ۳- مقایسه میانگین سطوح رقم بر صفت بنیه طولی.

از طرفی مقایسه میانگین اثر میدان مغناطیسی نشان داد که میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا دارای بیش‌ترین میانگین بنیه طولی گیاه بود (با ۳۷ درصد افزایش نسبت به شاهد) که با بقیه سطوح میدان مغناطیسی اختلاف معنی‌دار آماری نشان داد (جدول ۵-۳).

جدول ۵-۳- مقایسه اثر شدت میدان مغناطیسی بر ویژگی‌های ارقام

Table 5-3. Comparison of the effect of magnetic field intensity on the average characteristics of cultivars

Magnetic field (mT)	Dry weight (g)	Length vigor (cm)	Weight vigor (g)
0	0.0459^{D}	4.5199^{D}	0.3459^{B}
100	0.076^{B}	4.9091^{C}	0.3148^{C}
150	0.0911^{A}	5.6031^{B}	0.3877^{A}
200	0.0572^{C}	6.1789^{A}	0.3972^{A}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD5%).

بررسی اثر متقابل دوگانه میدان در زمان نشان داد که بیش‌ترین بنیه طولی نیز در میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و در زمان اعمال ۶۰ دقیقه مشاهده گردید (جدول ۲-۳).

۳-۳- بنیه وزنی

تجزیه واریانس مربوط به صفت بنیه وزنی نشان داد که اثر رقم، میدان مغناطیسی و زمان اعمال میدان مغناطیسی و همچنین کلیه اثرات متقابل بر صفت بنیه وزنی معنی‌دار بود ($p<0.01$). همچنین کلیه اثرات متقابل این صفت غیر از اثر متقابل دوگانه رقم در میدان مغناطیسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین مربوط به ارقام مختلف مورد استفاده در این آزمایش برای کلیه سطوح میدان مغناطیسی و زمان (جدول ۴-۳) نشان داد که رقم سرداری و شیراز به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین بنیه وزنی می‌باشند که تفاوت آن‌ها با سایر ارقام معنی‌دار بود (شکل۴).

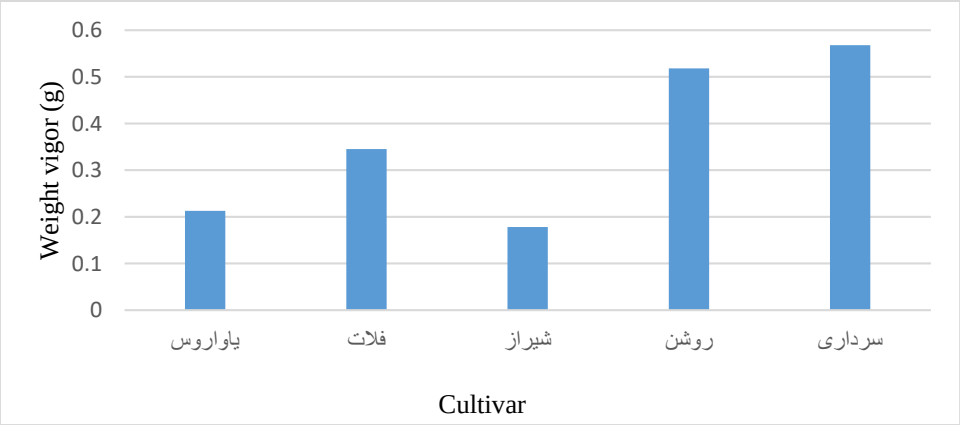

Figure 4. Comparison mean levels of cultivar on length vigor.

شکل ۴- مقایسه میانگین سطوح رقم بر بنیه طولی.

از طرفی مقایسه میانگین اثر میدان مغناطیسی نشان داد که میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا دارای بیش‌ترین میانگین بنیه وزنی گیاه بود (با ۱۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) که با میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی‌تسلا (با ۱۲ درصد افزایش نسبت به شاهد) اختلاف معنی‌دار آماری نشان نداد (جدول ۵-۳). میدان مغناطیسی ۱۰۰ میلی‌تسلا نیز کم‌ترین میزان میانگین بنیه وزنی (با ۹ درصد کاهش نسبت به شاهد) که با شاهد اختلاف معنی‌دار آماری داشت را نشان داد (شکل۵).

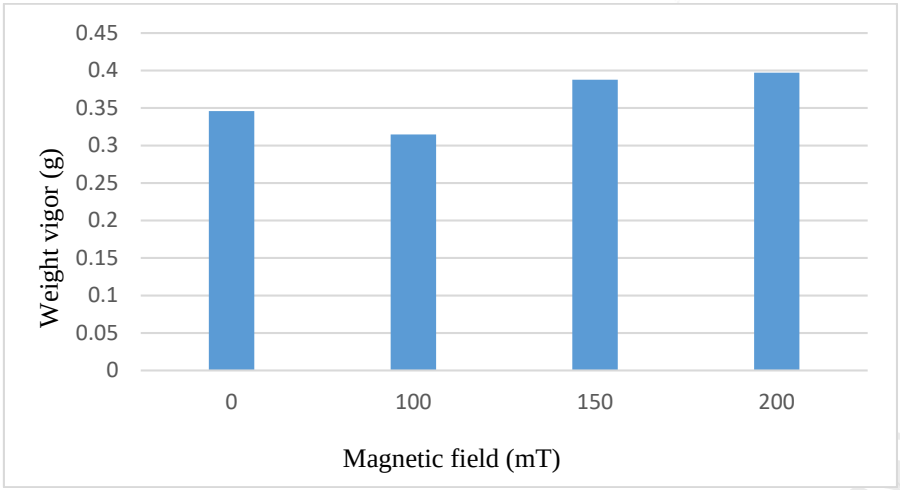

Figure 5. Comparison mean levels of magnetic field on weight vigor.

شکل ۵- مقایسه میانگین سطوح زمان اعمال میدان مغناطیسی بر صفت بنیه وزنی.

بررسی اثر متقابل دوگانه میدان در زمان نشان داد که بیش‌ترین بنیه وزنی نیز در میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا و در زمان اعمال ۶۰ دقیقه بود که با میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و زمان اعمال ۱۲۰ اختلاف معنی‌دار نشان نداد. در حالی که کم‌ترین مقدار در میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و زمان ۳۰ مشاهده گردید (جدول ۲-۳).

۴- نتیجه‌گیری

در اندازه‌گیری وزن خشک در رقم یاواروس با میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا و زمان ۱۲۰ دقیقه بیش‌ترین وزن خشک مشاهده گردید که با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت و در رقم‌های روشن و سرداری نیز در میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا و زمان ۱۲۰ دقیقه بیش‌ترین وزن خشک مشاهده گردید که این دو رقم نیز اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. از این مشاهدات می‌توان نتیجه گرفت که بهترین عملکرد ارقام در میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد.

در بررسی صفت بنیه طولی مشاهده شد که رقم روشن در میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و زمان ۶۰ دقیقه دارای بیش‌ترین صفت بنیه طولی می‌باشد که با سایر میانگین‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود و در حالت کلی ارقام روشن و سرداری از صفت بنیه طولی بیش‌تری نسبت به بقیه ارقام برخوردار بودند و بهتر است که از این ارقام برای رسیدن به صفت بنیه بیش‌تر استفاده شود.

در اندازه‌گیری صفت بنیه وزنی رقم سرداری با سطح میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا و زمان ۱۲۰ دقیقه بیش‌ترین مقدار بنیه وزنی را دارا بود که با میزان بنیه وزنی در همین سطح میدان و با زمان ۶۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری نداشت بنابراین پیشنهاد می‌شود که از میدان با سطح ۲۰۰ میلی‌تسلا و زمان ۶۰ دقیقه استفاده شود.

۵- مراجع

Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. *Crop science*, *13*(6), 630-633.

Ellingsen, F. T., & Kristiansen, H. (1979). Does magnetic treatment influence precipitation of calcium carbonate from supersaturated solutions. *Vatten*, *35*(4), 309-315.

Higashitani, K., Okuhara, K., & Hatade, S. (1992). Effects of magnetic fields on stability of nonmagnetic ultrafine colloidal particles. *Journal of Colloid and Interface Science*, *152*(1), 125-131.

Hilal, M. H., & Helal, M. M. (2000). Application of magnetic technologies in desert agriculture. Seed germination & seedling emergence of some crops in a saline calacareous soil. *Egyptian Journal of Soil Science*, 40, 413-422.

Jamshidi, A., Asoodar, M., & Hesami, E. (2009). *Effect of different tillage methods and the use of magnetic water on greenhouse cucumbers in the Northern*, In Iranian Congress of Horticultural Science, University of Rasht.

Krope, A., Krope, J., & Crepinsek, L. (2000). *Drag reducing effects in district heating networks* (Vol. 39). WIT Press.

Morejon, J. C., & Castro Palacio, L. Velazquez Abad, & A. P. Govea. (2007). Stimulation of Pinus tropicalis M. seeds by magnetically treated water. *International Agrophysics*, 2007. 21, 173-177.

Sadeghi, H. (2010). *Design, construction and evaluation of magnetic water supply for agricultural use*. Master's Thesis, University of Tehran. (Persian).

Vasilevski, G. (2003). Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulg. Journal Plant Physiol*, *29*(3), 179-186.