نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۶۴-۵۴ ، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 54-64

ارزیابی اثرات میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer arietinum* L.)

قدریه محمودی[1*]، علی قنبری[2]، مهدی راستگو[3]، مصطفی قلی‌زاده[4] و ایرج طهماسبی[5]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دکترای علف‌های‌هرز و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشیار گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
۵- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی با شدت و زمان‌های مختلف قرارگیری بر روی برخی از صفات جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم ILC482، آزمایشی در سال ۱۳۹۲در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه‌تکرار اجرا شد. تیمارهای این مطالعه عبارت‌بودند از: شدت میدان مغناطیس در دو سطح (۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا) و زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیس در ۵سطح (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ساعت) و تیمار شاهد نیز بدون اعمال میدان مغناطیسی در آزمایش درنظرگرفته شد. نتایج نشان‌داد که میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری بر جوانه‌زنی نخود تأثیرگذار بود. بذوری‌که در معرض میدان ۱۰۰میلی‌تسلا به‌مدت دوساعت قرار گرفتند، بیشترین میزان طول ریشه‌چه را داشتند، به‌طوری‌که طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد (۶/۳۳سانتی‌متر) ۳۳درصد افزایش یافت. در تیمار میدان مغناطیسی با شدت ۱۵۰میلی‌تسلا و به‌مدت ۵ساعت، میزان طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد، ۳۰درصد افزایش نشان داد. طول ساقه‌چه بذور نخود در تیمار اعمال دوساعت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار شاهد (۱/۶۷سانتی‌متر) و در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا به‌میزان ۴۶/۹درصد افزایش یافت. بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در تیمار ۲ساعت زمان میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا بود که نسبت به تیمار شاهد ۵۱/۹درصد افزایش نشان داد. در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی شدت ۱۵۰میلی‌تسلا ۴۶درصد وزن خشک ساقه‌چه نخود نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود و همچون سایر صفات مورد اندازه‌گیری، تیمار ذکرشده بیشینه وزن خشک ساقه‌چه نخود را به‌خود اختصاص داد؛ اما وزن خشک بقایای بذر در اثر میدان مغناطیسی کاهش یافت. از آنجا که میدان مغناطیسی سبب بهبود رشد گیاهچه می‌شود، در نتیجه تخلیه موادغذایی سازنده بذر، سریع‌تر و بهتر صورت می‌گیرد و لذا منجر به سریع‌شدن دوره رشد در زمان جوانه‌زنی بذر نخود در شرایط آزمایشگاهی خواهد شد.

کلمات کلیدی: شدت میدان مغناطیسی، طول گیاهچه، وزن تَر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه

مقدمه

افزایش رشد جمعیت از ۱/۶میلیارد نفر(حدود سال۱۹۰۰) به بیش از ۶میلیاردنفر، افزایش شدید تقاضای موادغذایی را درپی داشته که این پدیده خود مهم‌ترین عامل افزایش تولید است (FAO, 2012). در این‌راستا و در جهت افزایش کارآیی نهاده‌های ورودی به کشتزارها و کاهش هزینه‌های تولید، به‌کارگیری روش‌هایی غیر از آن‌چه تا به امروز به‌کار گرفته‌شده‌اند، ضروری می‌باشد.

نخود[1] از منابع نسبتاً ارزان تأمین‌کننده پروتئین به‌شمار می‌رود. این گیاه در کشورهای درحال‌توسعه که نیازمند تأمین پروتئین موردنیاز جمعیت روبه‌رشدشان هستند، می‌تواند جایگزین پروتئین حیوانی شود. سطح جهانی زیرکشت نخود بیش از ۱۱/۵میلیون هکتار و تولید آن ۱۰/۵میلیون‌تُن است. در ایران نیز نخود با سطحی معادل ۷۵۲۰۰۰هکتار مقام اول را در بین سایر بقولات دارد. ایران از لحاظ سطح زیرکشت نخود، مقام چهارم را در بین کشورهای جهان دارد . متوسط عملکرد آن در ایران (۵۱۰کیلوگرم در هکتار) نسبت به عملکرد جهانی (۷۸۰کیلوگرم در هکتار) پایین است (FAO, 2012).

گرایش جهانی به تولید محصولات ارگانیک، نیازمند انتخاب روش‌های جایگزین مواد پُرمصرف شیمیایی، مانند انواع سموم و از جمله علف‌کش‌ها می‌باشد. کاربرد علف‌کش‌ها و

* نویسنده مسئول: gh.mahmoudi@stu.um.ac.ir

1- *Cicer arietinum* L.

چگونگی کاربرد آن‌ها، خود پیامدهای نامطلوبی چون زیست‌ماندگاری، انتقال به مزارع مجاور، نشست روی گیاهان غیرهدف، آسیب به دیگر موجودات‌زنده، افزایش هزینه‌های تولید و در نهایت آلودگی‌های زیست‌محیطی را درپی خواهد داشت. کاهش کاربرد و افزایش کارآیی این فرآورده‌های شیمیایی می‌تواند کمک شایانی به حمایت و حفاظت از محیط زیست بنماید.

گیاهان زراعی خود نیز می‌توانند به‌عنوان کنش‌گر در بوم‌نظام‌های کشاورزی نقش مهمی در راهبرد کنترل علف‌های‌هرز داشته و نباید تنها واکنش‌پذیر تلقی شوند. گونه‌های زراعی اگر زودتر از علف‌های‌هرز و به‌نحو مناسبی استقرار یابند، نقش زیادی در بازدارندگی رشد علف‌های‌هرز دارند (Grundy *et al.*, 1999)، زیرا اگر رشد گیاه زراعی سریع‌تر باشد، بدون‌شک در رقابت با علف‌های‌هرز از توان بالاتری برخوردار خواهد بود. سرعت رشد نخود در ابتدای رشدرویشی کم و بنابراین در حالت طبیعی گیاه در مرحله جوانی از توان رقابتی بسیارضعیفی با علف‌های‌هرز برخوردار است (Gaur *et al.*, 2010). از این‌رو به‌کارگیری فناوری‌هایی که بتوانند موجب افزایش سرعت رشد و استقرار بهتر گونه زراعی بشوند، مؤثر خواهد بود.

روش‌های بیوفیزیکی سبب افزایش سطح انرژی بدون دستکاری ژنتیکی در رشد گیاهان می‌شوند (Vasilevski, 2003). میدان مغناطیسی سبب تحریک فعالیت یون‌ها و قطبیت مولکول‌های دوقطبی در گیاهان می‌شود (Dianat *et al.*, 2012؛ Feizi *et al.*, 2008)؛ زیرا گیاهان دارای بار منفی و قادر به جذب بار مثبت هستند (Aladjadjiyan, 2007). به‌نظر می‌رسد که استفاده از میدان مغناطیسی (بذر، آب، علف‌کش و.. مغناطیس‌شده) راهکاری مناسب جهت افزایش کارآیی مصرف آب، جوانه‌زنی، رشد رویشی و زایشی باشد. گزارش‌شده است که اثرات مثبت اعمال میدان مغناطیسی با خواص پارامغناطیس اتم‌ها در سلول‌های گیاهی و رنگ‌دانه‌ها نظیر کلروپلاست‌ها در ارتباط است (Aladjadjiyan, 2010). صفات درصد جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه و نسبت رشد ساقه به ریشه بذرهای نخود، تحت‌تأثیر میدان مغناطیسی افزایش یافتند (Vashisth & Nagarajan, 2008). افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن تَر ساقه‌چه، کل بوته و طول گیاهچه ذرت[1] در اثر میدان‌های مختلف مغناطیسی نیز مشاهده شده است (Florez *et al.*, 2007). همچنین در اثر میدان الکتریکی و مغناطیسی، درصد جوانه‌زنی و سبزشدن گوجه‌فرنگی[2] افزایش‌یافته است (Moon & Sook, 2000; Meiqiang *et al.*, 2005). مطالعه کنترل‌شده اثر آبیاری مغناطیسی بر روی درصد جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی، کدو و خیار نشان‌داد که در طی ۳روز ۹۶درصد بذور جوانه زدند، درحالی‌که در تیمارهای معمولی تنها ۷۳درصد بذور در ۱۴روز جوانه زدند (Hozayn, 2011). عنصر بورِ مغناطیسی‌شده همراه با آب آبیاری مغناطیسی، جوانه‌زنی را در گندم ۲۰درصد (Hozayn & Abdul Qados, 2010) گوجه‌فرنگی، ۶۵درصد و فلفل[3] و خیار[4] را تا ۱۰۰درصد افزایش داد (Hozayn, 2011). همچنین درصد و سرعت جوانه‌زنی یونجه یک‌ساله[5] در شدت میدان مغناطیسی ۱۲۸میلی‌تسلا افزایش نشان داد (Mahdavi *et al.*, 2008). بهبود سرعت جذب آب و سرعت جوانه‌زنی در بذر کاهو[6] در میدان ۱۰میلی‌تسلا مشاهده شد (Garcia & Arza, 2001). البته اثرات میدان مغناطیسی بر روی بذور، باتوجه به شدت آن متفاوت است. در شدت‌های بسیاربالا و یا بسیارکم اثرات میدان بر روی رشد گیاهچه‌ها منفی است (Dianat *et al.*, 2012). گزارش‌شده است که بذرهای ذرت زمانی‌که در معرض میدان مغناطیسی ۵۰میلی‌تسلا قرار گرفتند، رشد اولیه، وزن تَر و رنگ‌دانه‌های گیاهچه کاهش و زمانی‌که بذرها در معرض میدان قوی‌تر (۱۰۰-۲۵۰میلی‌تسلا) قرار گرفتند، افزایش یافتند (Racuciu *et al.*, 2008). در بین مراحل مختلف رشد، فاز جوانه‌زنی به میدان مغناطیسی واکنش بهتری نشان می‌دهد (Dhawi *et al.*, 2009). هدف از این آزمایش بررسی نحوه بهبود و امکان تسهیل جوانه‌زنی بذر نخود و گیاهچه آن تحت شرایط آزمایشگاهی، بااستفاده از تیمارهای مختلف شدت و مدت‌زمان اعمال میدان مغناطیسی بر بذر نخود می‌باشد.

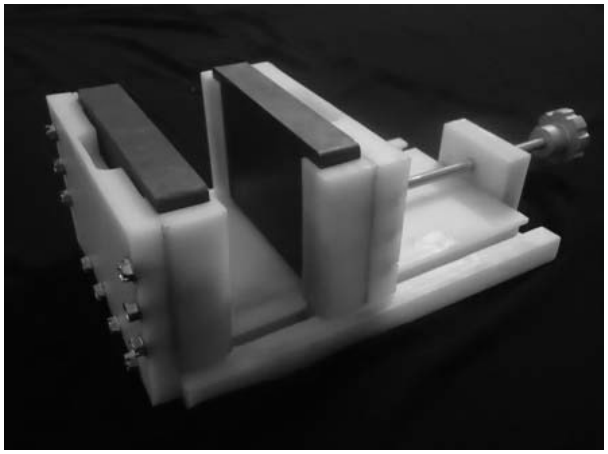
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی واکنش بذور نخود رقم ILC482، به شدت و مدت‌زمان قرارگیری بذر در معرض میدان مغناطیسی آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۳تکرار، در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شدت میدان مغناطیس در دو سطح (۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا) و زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیس در ۵سطح (۱، ۲، ۳، ۴

1- *Zea mays* L.
2- *Licopersicon esculentum* L.
3- *Capsicum annuum* L.
4- *Cucumis sativus* L.
5- *Medicago sp.*
6- *Lactuca sativa* L.

و ۵ساعت) و تیمار شاهد نیز بدون اعمال میدان مغناطیسی در آزمایش در نظر گرفته شد.

بذور در داخل کیسه شفاف پلاستیکی در بین قطب‌های آهن‌ربا (شکل ۱) با شدت و مدت‌زمان لازم قرارگرفتند، سپس در دسته‌های ۱۰تایی در پتری‌دیش به قطر ۷سانتی‌متر که در دستگاه اتوکلاو استریل‌شده بودند، به‌همراه کاغذصافی (واتمن شماره ۱) گذاشته شد. دستگاه ایجادکننده میدان مغناطیسی متشکل از دو آهن‌ربا بود. دوقطب غیرهم‌نام روبروی هم و همدیگر را جذب می‌کردند. تغییر شدت میدان مغناطیسی، با تنظیم فاصله دو آهن‌ربا توسط پیچ میکرومتری ایجاد شده و توسط دستگاه تسلامتر (Leybold-Heraeus51652) اندازه‌گیری شد (Feizi *et al.*, 2008).



شکل ۱- دستگاه طراحی‌شده جهت ایجاد شدت‌های میدان مغناطیس بر روی بذور نخود

Fig. 1. Device for exerting different intensities of magnetic field on chickpea seeds

بذور در ابتدا در محلول وایتکس ۱۰درصد (دارای ۵/۲۵درصد هیپوکلریت‌سدیم) به‌مدت ۳۰ثانیه قرار داده‌شدند، سپس سه‌مرتبه با آب‌مقطر شستشو داده‌شدند تا عاری از ریزارگانیسم‌ها شوند. هر پتری‌دیش، یک واحد آزمایشی درنظر گرفته شد. به هر واحد آزمایشی ۷میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه و پتری‌دیش‌ها به ژرميناتور در دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط نوری ۱۲ساعت نور و ۱۲ساعت تاریکی منتقل شدند. شمارش بذور جوانه‌زده به‌مدت شش‌روز، روزانه چهاربار صورت گرفت. بذوری که ریشه‌چه آن‌ها بیش از دو میلی‌متر بودند، به‌عنوان جوانه‌زده ثبت شدند (ISTA, 2009). از آنجاکه طول دوره رشد گیاهچه بذر نخود بسیار سریع‌بوده و مرحله گره دوم به‌عنوان اتمام مرحله گیاهچه در نظر گرفته می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008)، به‌محض مشاهده گره دوم، گیاهچه‌ها برداشت شدند. در این آزمایش، در روز ششم گیاهچه به مرحله تولید گره دوم رسید. در پایان آزمایش، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه و بقایای بذر ثبت شدند و سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک به‌طور جداگانه در آون (دمای ۸۰درجه سانتی‌گراد) قرار داده‌شدند. برای تجزیهٔ واریانس و مقایسه میانگین‌ها (آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد) از نرم‌افزار MSTAT-C و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

در جدول۱ نتایج تجزیه واریانس صفات بررسی‌شده در بذور نخود، تحت تاثیر تیمارهای مختلف زمان و شدت میدان مغناطیسی ارائه شده‌اند. اثر میدان مغناطیسی (زمان و شدت) بر روی تعدادگیاهچه سالم معنی‌دار نبود. بین تیمارهای اعمال‌شده در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اما برهمکنش زمان و شدت میدان مغناطیسی، بر روی سایر صفات جوانه‌زنی معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۱) بود. درصد نهایی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تَر ریشه‌چه، وزن تَر ساقه‌چه، وزن تَر بقایای‌بذر، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک بقایای‌بذر به شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی در زمان‌های مختلف واکنش مثبت نشان دادند (جدول ۱).

اعمال میدان مغناطیسی بر روی درصد نهایی جوانه‌زنی مؤثر بود و در ۲ و ۵ساعت و شدت میدان ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا، ۱ساعت و شدت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا، ۴ساعت و شدت میدان ۱۵۰میلی‌تسلا مشابه و بیشترین مقدار بود که

نسبت به شاهد ۷درصد افزایش نشان دادند. در تیمار ۳ساعت و شدت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا کمترین درصد جوانه‌زنی نخود مشاهده شد (جدول ۲). اثرات میدان مغناطیسی بر طول ریشه‌چه مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر زمان و شدت میدان مغناطیسی بر روی برخی صفات جوانه‌زنی بذور نخود

Table 1. Analysis of variance (mean of squares) of the effect of time and intensity of magnetic field on some properties of chickpea seed germination

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	گیاهچه سالم Healthy seedling	وزن تر بقایای بذر Fresh weight of seed remains	وزن تر ساقه‌چه Fresh weight of shoot	وزن تر ریشه‌چه Fresh weight of root	وزن خشک بقایای بذر Dry matter of seed remains	وزن خشک ساقه‌چه Dry matter of shoot	وزن خشک ریشه‌چه Dry matter of root
تیمار Treatment	10	0.55**	13.63**	1.83**	0.03ns	0. 2**	0.15**	0.40**	0.10**	0.001**	0.004**
خطا error	22	0.09	0.97	0.08	0.01	0.07	0.02	0.06	0.01	0.00008	0.0002
کل total	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

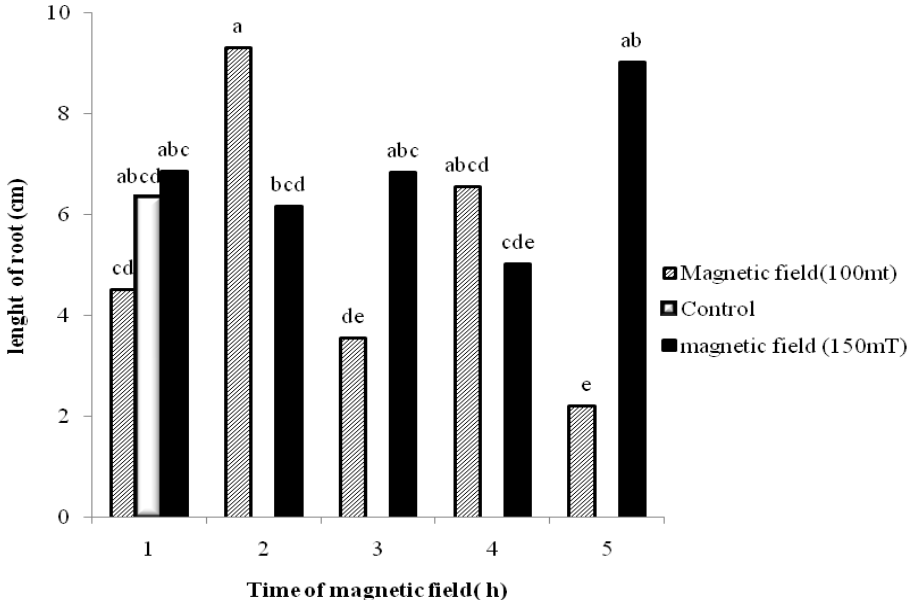
ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and** are non-significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively

بیش‌ترین طول ریشه‌چه در تیمار ۲ساعت و شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا ۹/۳سانتی‌متر و با ۱، ۳ و ۵ساعت در همین‌شدت، به‌طور معنی‌داری اختلاف ($p\leq$ ۰/۰۵) و نسبت به شاهد (۶/۳۳ سانتی‌متر)، ۳۳درصد افزایش داشت (جدول۲ و شکل ۲). در تیمار ۵ساعت و شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا، کمترین طول ریشه‌چه (۲/۲۲سانتی‌متر) و نسبت به شاهد ۶۶درصد کاهش نشان داد. در تیمار ۵ساعت زمان مغناطیس طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد ۳۰درصد افزایش یافت (شکل ۲). بنابراین هم تغییر زمان اعمال میدان مغناطیسی و هم شدت میدان مغناطیسی بر روی طول ریشه‌چه بذر نخود مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱). اگرچه در این آزمایش، اثر اعمال میدان مغناطیسی بر روی طول ریشه‌چه بذرهای نخود مثبت بود، اما نمی‌توان به‌طور قطع اثر میدان مغناطیسی را بر روی این صفت در تمام گیاهان مثبت دانست. در مطالعه Feizi *et al*, (2008) طول ریشه‌چه بذرهای گندم[1] تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار نگرفت. احتمال می‌رود این تفاوت اثر، ناشی از ترکیبات سازنده بذر در گیاهان مختلف باشد که در نتیجه منجربه واکنش متفاوت در گیاهان می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که میزان طول ساقه‌چه بذرهای نخود نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی در زمان‌های مختلف قرار گرفتند (جدول ۱). اثرات تیمارهای شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی طول ساقه‌چه مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱). طول ساقه‌چه بذور نخود در تیمار اعمال ۲ساعت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار شاهد (۱/۶۷سانتی‌متر) و در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا به‌میزان ۴۶/۹درصد افزایش یافت (جدول ۲). همچنین در تمام تیمارهای میدان مغناطیسی و زمان مغناطیسی طول ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان‌داد و تنها در مدت‌زمان ۵ساعت اعمال میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا، میزان این صفت کاهش نشان داد (جدول ۲). به‌بیان دیگر پاسخ دو صفت طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه نخود به اعمال تیمارهای مختلف شدت و مدت میدان مغناطیسی در شرایط آزمایشگاهی کاملاً مشابه بود و هر دو صفت در تیمار اعمال ۵ساعت زمان میدان مغناطیسی بیشترین پاسخ مثبت و منفی را به‌ترتیب در شدت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا نشان دادند. در مطالعات دیگر اثر میدان مغناطیسی بر روی طول ساقه‌چه بذرهای گیاهان مختلف مثبت گزارش شده است (Martinez *et al.*, 2009; Vashisth & Nagarajan, 2010) به‌عنوان مثال در مطالعه Feizi *et al*, (2008) میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا منجر به افزایش ۲۷درصدی طول ساقه‌چه بذرهای گندم شده است. وی همچنین گزارش داد که در تیمار ۱۰۰میلی‌تسلا به‌مدت ۱۰دقیقه و در تیمار ۱۵۰میلی‌تسلا به‌مدت ۳۰دقیقه طول گیاهچه گندم به‌میزان ۱۹درصد افزایش یافت. Dianat *et al*, (2012) نیز تأثیر مثبت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا در افزایش طول ساقه‌چه بذرهای گندم رقم نیک‌نژاد را گزارش کردند. همچنین طول گیاهچه بذر ذرت نیز در اثر میدان مغناطیسی افزایش نشان‌داده است (Florez *et al.*, 2007; Racuciu *et al.*, 2008).

1- *Triticum aestivum* L.



شکل ۲- اثر شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی طول ریشه‌چه نخود در شرایط آزمایشگاه

Fig. 2. Effect of intensity and time of magnetic field on root length of chickpea under laboratory conditions

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که اثرات زمان و شدت میدان مغناطیسی بر روی وزن تَر بذر، ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود ($p\leq$ ۰/۰۱) به‌طوری‌که میزان وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار اعمال ۲ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار شاهد (۱/۱، ۰/۶میلی‌گرم) به‌ترتیب ۷ و۴۵درصد افزایش یافتند (جدول ۲). کمترین میزان وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار اعمال ۱ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا با کاهش به‌ترتیب ۳۷ و ۳۳درصد، مشاهده شد (جدول ۲). همچنین، وزن تَر بذر در تیمارهای اعمال ۳ و ۵ساعت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا، با اختلاف ۷درصد نسبت به تیمار شاهد (۱/۷میلی‌گرم) بیشترین مقدار بودند (جدول ۲). کمترین میزان وزن تر بذر در تیمار اعمال ۱ساعت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا (۵/۴میلی‌گرم) مشاهده شد (جدول ۲). به‌طور کلی میزان وزن تَر گیاهچه در تیمارهای مختلف زمان-مغناطیس نیز تحت تأثیر قرار گرفتند ($p\leq$ ۰/۰۵). بنابراین میزان تغییرات میدان مغناطیسی و زمان درمعرض میدان مغناطیسی در بذر نخود، سبب تغییر در میزان وزن تَر بذر، ساقه‌چه و ریشه‌چه بذر نخود در شرایط آزمایشگاهی می‌شود که میزان این تغییرات، بر روی صفت وزن تَر ساقه‌چه به‌صورت محسوس و قابل‌ملاحظه بود. ازطرف دیگر در صفات موردبررسی بیشترین واکنش مربوط به تیمارهای ۵ساعت اعمال میدان مغناطیسی بود. بنابراین می‌توان گفت زمان اعمال میدان مغناطیسی باتوجه به نوع گیاه و شرایط مورد آزمایش می‌تواند مؤثرتر از شدت اعمال میدان مغناطیسی باشد.

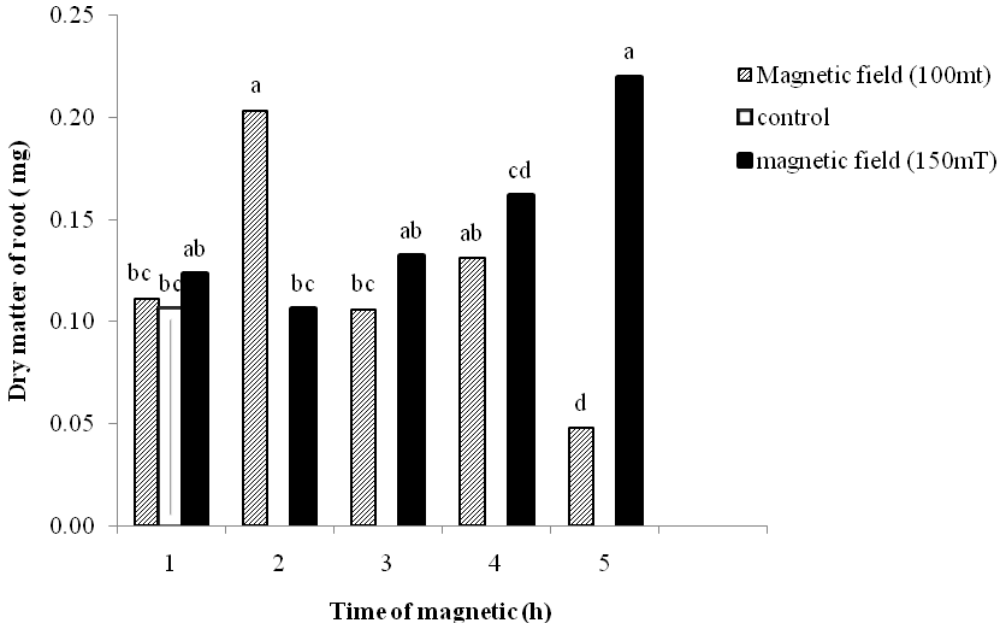
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پاسخ وزن تَر گیاهچه نیز همچون سایر صفات جوانه‌زنی بذر نخود به تیمار زمان در معرض میدان مغناطیسی با شدت‌های مختلف، متفاوت است و این تفاوت در تیمار زمان مغناطیس بیش‌تر است. نکته قابل‌توجه این است که در اکثر صفات، پاسخ به زمان بالای مغناطیس (۵ساعت) در صفات مختلف واضح‌تر از سایر زمان‌های مغناطیس می‌باشد. اگرچه این پاسخ لزوماً سبب افزایش مثبت صفات نشده است، به این‌مفهوم که در اکثر صفات، بیشینه یا کمینه صفت موردبررسی، مربوط به تیمار ۵ساعت زمان مغناطیس می‌باشد (جدول ۲). به‌طورکلی در مطالعات دیگر نیز، وزن تَر گیاهچه در گیاه ذرت در اثر میدان مغناطیس افزایش‌یافته است (Florez *et al.*, 2007; Racuciu *et al.*, 2008). در یک مطالعه دیگر نیز، وزن تَر گیاهچه گندم در برابر تیمارهای مختلف در معرض میدان مغناطیس افزایش نشان‌داده است (Feizi *et al.*, 2008).

جدول ۲- مقایسه میانگین زمان × شدت میدان مغناطیسی بر برخی صفات جوانه‌زنی

Table 2. Mean comparison of intensity and time of magnetic field on some traits of germination

مدت میدان مغناطیس Time of magnetic(h)	شدت میدان مغناطیس Magnetic field (mT)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	طول ساقه‌چه Shoot length(cm)	گیاهچه سالم Healthy (plant)	وزن تر بقایای بذر Fresh weight of seed remains (mg)	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight (mg)	وزن تر ساقه‌چه Shoot weight (mg)	وزن خشک بقایای بذر Dry matter of seed remains (mg)
1	100	10.0^{a}	2.3^{ab}	1.0^{a}	5.4^{b}	1.4^{ab}	0.8^{ab}	1.8^{b}
	150	9.3 ^{ab}	2.0^{b}	0.8^{a}	6.2 ^{ab}	1.5 ^{ab}	0.9 ^{a}	2.3 ^{a}
2	100	10.0^{a}	3.2 ^{a}	0.9^{a}	6.0 ^{ab}	1.7 ^{a}	1.0 ^{a}	2.3 ^{a}
	150	10.0^{a}	1.7 ^{b}	1.0^{a}	6.1 ^{a}	1.4^{ab}	0.9 ^{a}	2.3 ^{a}
3	100	9.0 ^{b}	2.0^{b}	0.9^{a}	6.2 ^{a}	1.2^{ab}	0.8^{ab}	2.1 ^{a}
	150	9.3 ^{ab}	2.5^{ab}	0.8^{a}	6.3 ^{a}	1.4^{ab}	0.9 ^{a}	2.2 ^{a}
4	100	9.0 ^{b}	2.2^{b}	0.7^{a}	6.0 ^{ab}	1.6 ^{a}	0.8 ^{ab}	2.3 ^{a}
	150	10.0^{a}	1.7 ^{b}	0.9^{a}	5.9 ^{ab}	0.8^{b}	0.4^{b}	2.4 ^{a}
5	100	10.0^{a}	0.4 ^{c}	0.8^{a}	6.3 ^{a}	0.7^{b}	0.4^{b}	2.4^{a}
	150	10.0^{a}	3.2 ^{a}	1.0^{a}	5.6^{ab}	2.0 ^{a}	1.1^{a}	2.1^{a}
شاهد Control	0	9.3 ^{ab}	1.7^{b}	1.0^{a}	5.9^{ab}	1.1^{ab}	0.6^{ab}	2.4^{a}

نتایج این آزمایش نشان داد که فاکتورهای مورد بررسی بر روی صفت وزن خشک گیاهچه نیز مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱). وزن خشک ریشه‌چه تحت تأثیر فاکتور مدت میدان، با شدت‌های مختلف میدان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). ($p<$ ۰/۰۱). بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در تیمار ۲ساعت زمان میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا بود که نسبت به تیمار شاهد (۰/۱۰۶میلی‌گرم) به‌میزان ۵۱/۹درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). در تیمار میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلای ۱ساعته (۰/۲۰۳میلی‌گرم) نیز نسبت به تیمار شاهد۴۹/۳درصد افزایش یافت. همچنین، کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در تیمار میدان ۱۰۰میلی‌تسلا به‌مدت ۵ساعت میدان مغناطیسی مشاهده که نسبت به تیمار شاهد دچار حدوداً ۵۴درصد کاهش شد (شکل ۳).

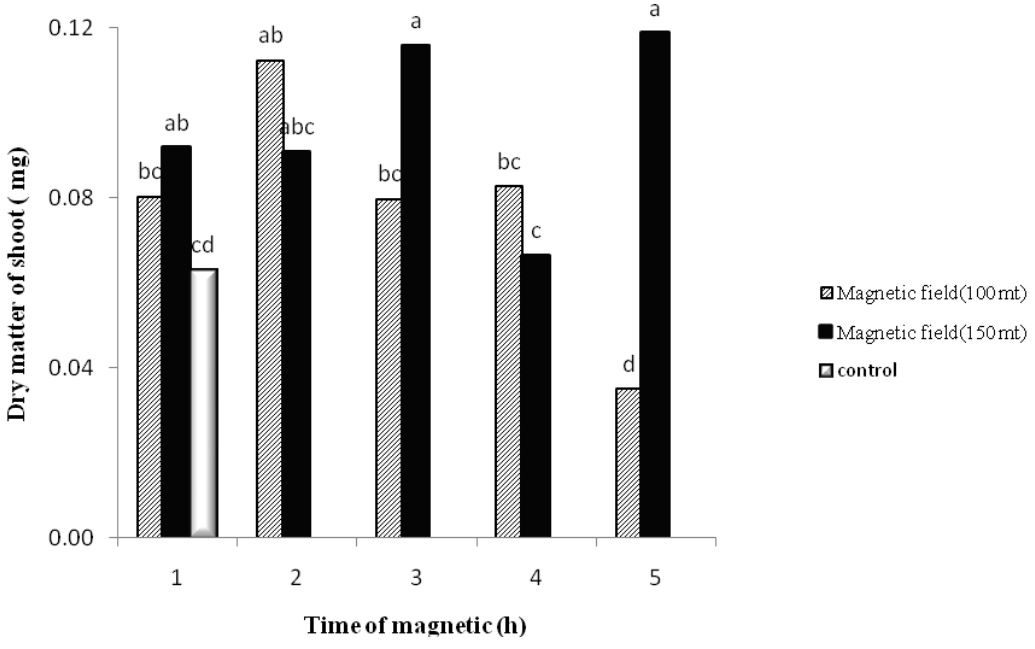


شکل ۳- اثر شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی وزن خشک ریشه‌چه در شرایط آزمایشگاه

Fig. 3. Effect of intensity and time magnetic field on root dry matter in laboratory conditions

همچنین نتایج نشان داد که میدان مغناطیسی بر روی میزان وزن خشک بذر نخود، همچون سایر صفات جوانه‌زنی مورد بررسی در این آزمایش مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱)؛ به‌طوری‌که اثرات‌متقابل شدت و زمان میدان مغناطیسی منجر به تغییر وزن خشک بذر نخود بعد از اتمام دوره گیاهچه نخود در شرایط آزمایشگاهی شد (جدول ۱ و۲). اگرچه این اثرات بر روی وزن خشک نخود معنی‌دار بود ($p\leq$ ۰/۰۱)، اما بین تیمار شاهد و تیمارهای اعمال‌شده به‌جز در یک تیمار، تفاوت چندانی مشاهده نشد. در واقع در تیمار شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نبود، اما در تیمار اعمال ۱ساعت اعمال میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. به این‌ترتیب، وزن خشک بذر در برابر میدان کوتاه‌مدت و ضعیف پاسخ منفی نشان نداد؛ اما با افزایش زمان و شدت میدان مغناطیسی واکنش وزن خشک بقایای بذر مثبت شد.

وزن خشک ساقه‌چه نیز در اثر تیمارهای مختلف مورد استفاده میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq$ ۰/۰۱)؛ به‌طوری‌که اثرات مدت و شدت میدان مغناطیسی بر روی وزن خشک ساقه‌چه نسبت به سایر صفات موردبررسی در این آزمایش بیشترین اثر را داشت (شکل ۴)؛ به‌طوری‌که در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی شدت‌های ۱۵۰میلی‌تسلا، وزن خشک ساقه‌چه نخود ۴۶درصد نسبت به تیمار شاهد (۰/۰۶۳ میلی‌گرم) افزایش یافت و همچون سایر صفات تیمار ذکرشده، بیشینه وزن خشک ساقه‌چه نخود را به‌خود اختصاص داد (شکل ۴). این صفت در هر یک از زمان‌های میدان مغناطیسی با شدت‌های مختلف دیگر متفاوت بود، در تیمار میدان ۱۵۰میلی‌تسلا در زمان ۳ساعت میدان مغناطیسی (۰/۱۱۶ میلی‌گرم) نیز نسبت به تیمار شاهد (۰/۰۶۳ میلی‌گرم) حدود ۴۵/۷درصد افزایش مشاهده شد (شکل ۴). به‌طورکلی در تمام تیمارهای زمان و شدت میدان مغناطیسی، میزان وزن خشک ساقه‌چه بذر نخود نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، اما در تیمار ۵ساعت زمان مغناطیس با شدت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا این روند مشاهده نشد، به این‌مفهوم که در این تیمار کمینه وزن خشک ساقه‌چه مشاهده شد و میزان آن (۰/۰۳۵ میلی‌گرم) نسبت به تیمار شاهد ۴۲درصد کاهش نشان داد (شکل ۴). به‌نظر می‌رسد با افزایش زمان مغناطیس در میدان با شدت ۱۰۰میلی‌تسلا از یک حد به‌خصوصی، روند رشد گیاهچه دچار تنش‌شده و به‌شدت کاسته می‌شود.



شکل ۴- اثر شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی وزن خشک ساقه‌چه بذر نخود در شرایط آزمایشگاه

Fig. 4. Effect of intensity and time of magnetic field on shoot dry matter in laboratory conditions

احتمال می‌رود، این امر ناشی از توان و ظرفیت محدود آنزیم‌های آمیلاز و نیترات‌ردوکتاز (Yinan *et al.*, 2005)، جریان یون کلسیم (Dhawi *et al.*, 2009)، بیوسنتز پروتئین‌ها، تکثیر سلول و فعالیت شیمیایی گیاهچه‌ها، تنفس (Cakmak *et al.*, 2009) و یا اثر بازدارندگی آفاتی هم‌چون قارچ‌ها (Meiqiang *et al.*, 2005)، در برابر میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا باشد. البته این مسئله در میدان ۱۵۰میلی‌تسلا کاملاً برعکس بود. زیرا بیش‌ترین میزان وزن خشک ساقه‌چه هم‌چون اکثر صفات مورد اندازه‌گیری نخود در شرایط آزمایشگاهی، در تیمار زمانی ۵ساعت میدان مغناطیسی مشاهد شد (شکل ۴). بنابراین تغییر میدان مغناطیسی (از لحاظ مدت و شدت) منجربه واکنش سریع در بذر نخود می‌شود. البته این فرایندها هر یک توسط عناصر مختلف در گیاهان صورت می‌گیرد. آنچه که مسلم است این است که میدان مغناطیسی منجربه واکنش سریع در گیاهان شده و پاسخ گیاهان نیز در مقابل تغییرات زمانی و شدت میدان مغناطیسی بسیارحساس می‌باشد. به‌نظر می‌رسد با توجه به ترکیبات عناصرسازنده بذر گیاه موردنظر این واکنش‌ها متفاوت باشد، زیرا پاسخ عناصر مختلف در برابر میدان مغناطیسی متفاوت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این آزمایش، میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری بر روی صفات مختلف جوانه‌زنی نخود تأثیرگذار بود؛ به‌طوری‌که زمانی‌که بذور در معرض میدان‌های مختلف قرار گرفتند، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه افزایش نشان می‌دهند. همچنین میزان وزن تَر بذر، ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد (بدون میدان مغناطیسی در زمان‌های مختلف به‌میزان زیادی (۷، ۴۵ و ۴۶درصد) افزایش یافتند. همچنین میدان‌های مغناطیسی منجربه افزایش معنی‌دار(۴۶درصد) وزن خشک ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد شدند. اما وزن خشک بذرهای جوانه‌زده در اثر میدان مغناطیسی واکنش چندان‌مثبتی نشان نداد. از آنجاکه میدان مغناطیسی سبب بهبود رشد گیاهچه می‌شود، در نتیجه تخلیه موادغذایی سازنده بذر سریع‌تر و بهتر صورت می‌گیرد و در نتیجه منجر به سریع‌شدن دوره رشد در زمان جوانه‌زنی بذر نخود در شرایط آزمایشگاهی خواهد شد. باتوجه به این‌نکته می‌توان گفت که استفاده از میدان مغناطیسی یک روش مناسب در جهت تسریع رشد گیاه‌زراعی در مقابل علف‌های‌هرز بوده و می‌توان از آن به‌عنوان یک تکنیک مدیریتی مناسب که فاقد آلودگی‌های مختلف باشد، بهره جست.

منابع

1. Aladjadjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture 8: 369-380.
2. Aladjadjiyan, A. 2010. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. International Agrophysics 24: 321-324.
3. Bhowmik, P.C. 1997. Weed biology importance to weed management. Weed Science 45: 349-356.
4. Cakmak, T., Dumlupinar, R., and Erdal, S. 2009. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. Bioelectromagnetics 30: 1-10
5. Dhawi, F., Al-Khayri, J.M., and Hassan, E. 2009. Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Research Journal Agriculture Biological Sciences 5: 161-166.
6. Dianat, Z., Pirasteh, H., and Emam, Y. 2012. Effect of intensity and duration of magnetic field on germination and seedling growth of wheat cv. Niknejad. The First National Conference on Abiotic Stresses. Isfahan, Iran. 1-2 Nov. 2012. p.125
7. FAO (Food and Agricultural Organization), 2012. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faostat.fao.org/faostat/collection?subset=agriculture
8. Feizi, H., Rezvanimoghadam, P., Koocheki, A., Shahtahmassebi, N., and Fotovat, A. 2012. Influence of intensity and exposure duration of magnetic field on behavior of seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agroecology 3(4): 482-490. (In Persian with English Summary).
9. Florez, M., Carbonell M.V., and Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environment Experimental Botany 59:68-75.
10. Forcella, F., Oskaui, K.E., and Wanger, S.W. 1993. Application of weed seed bank ecology to low input crop management. Ecology Application 3: 74-83.
11. Garcia, R.F., and Arza, P.L. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations. Bioelectromagnetics 22: 589-595.

12. Gaur, P.M., Tripathi, S., Gowda, C.L.L., Ranga Rao, G.V., Sharma, H.C., Pande, S., and Sharma, M. 2010. Chickpea Seed Production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics 28 pp.
13. Grundy, A.C.W., Bond, and Burston, S. 1999. Weed suppression by crops. The Brighton Conference Weeds. P. 957-962.
14. Hozayn, M., and Abdul Qados, A.M.S. 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agriculture and Biology Journal of North America 1(4): 671-676.
15. Hozayn, M., Abd El-Monem, A.A., Abdul Qados, A.M.S., and Abd El-Hameid, E.M. 2011. Response of some food crops to irrigation with magnetized water under green house condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(12): 29-36.
16. ISTA. 2009. ISTA Rules. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 47 pp.
17. Martinez, E., Carbonell, M.V., Amaya J.M., and Maqueda, R. 2009. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. International Agrophysics 23: 45-49.
18. Meiqiang, Y., Minging, H., Buzhou, M., and Tengcar, M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. Journal Plasma Science Technology 7: 3143-3147.
19. Moon, J.D.C., and Sook, H. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. Journal Electrostatics 48: 103-114.
20. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Beans. Jihad Daneshgahi Mashhad, Iran. P: 522.
21. Racuciu, M., Creanga, D., and Horga, I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Romania Journal Physics 53: 353-359.
22. Vashisth, A., and Nagarajan, S. 2008. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Bioelectromagnetics 29: 571-578.
23. Vasilevski, G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal Plant Physiology (Special Issue): 179-186.
24. Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y., and Chunyang, L. 2005. Effect of seed pre treatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environment and Experiment Botany 54: 286-294.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 54-64

Effect of magnetic field on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Mahmoudi[1*], Gh., Ghanbari[2], A., Rastgoo[3], M., Gholizade[4], M. & Tahmasebi[4], I.

1, 2 and 3. Respectively, PhD., and Associate Professors in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4. Associate Professor, Department of Chemistry Ferdowsi University of Mashhad; Assistant Professor, Department of Agronomy, Kurdistan University, Respectively

Received: 30 June 2014
Accepted: 1 August 2015

Introduction

Proteins are one of the basic and essential required compounds for life, and the creatures receive it either from a plant or animal origin. It has been reported that the positive effects caused by applying the magnetic field are due to the paramagnetic properties of the cells within the plant, and pigments such as the Chloroplast. Biophysical methods (magnetic fields, electricity, etc.) could improve the growth of plants with high energy rates. These methods, improve the energy levels independent from their source, and increase the electric potential of the cell membrane. Stimulating physical methods do not affect the physiological traits of the plant controlled by the genetic systems. In order to study the effect of intensity and duration of magnetic field on some properties of seed germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar ILC482 an experiment was conducted in Advanced Research Laboratory of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The goal of the experiment was to determine the possibility of improving the germination and vigor of the chickpea seed by using various intensities and durations of a magnetic field.

Materials & Methods

The experiment included magnetic field intensities (100 and 150 mT magnetic field), five exposure duration (60, 120, 180, 240 and 350 min) and control. After preparing the seeds, 40 seeds were placed in a transparent plastic bag between the magnetic poles in order to apply the magnetic field. For applying the magnetic field, the magnetic generator was used made up from two strong, constant magnets which the opposite poles faced one another, and the field intensity was changed by changing the distance between them. The seeds with a root length of over 2 millimeters were recorded as germinated. At the end of the test (day 10), the shoot and root lengths, seed, root, and shoot fresh weights were measured and recorded. The statistical tests were done via the MSTAT-C and SIGMAPLOT 12 software, and the EXCEL 2007 also was used in drawing the charts. Duncan's multiple range tests was used to compare means. All statements of significance were based on probability of $P<0.05$.

Results & Discussion

Results indicated that the highest root length was found in the 100 mT magnetic field with 120 min exposure duration and root length was increased by 33 percent in comparison to control (6.33 cm). Root length was increased by 30 percent in comparison to control in 150 mT treatment with 350 min of time. Shoot length was increased by 46.9 percent in comparison to control (1.67 cm) in 150 mT + 350 min of time treatment. Also the highest dry matter of root in the treatment of 150 mT +120 min magnetic field was increased by 51.9 percent in comparison to control. Dry matter of shoot in 150 mT with 350 min exposure duration was increased by 46 percent, while dry matter of seeds was reduced. Since the magnetic field improves plant growth, As a result, food manufacturer depletion drills done faster and better, the growth of pea seed germination will be faster in vitro. Increased germination of the tomato seed (*Licopersicon esculentum* L.) was

* **Corresponding Author:** gh.mahmoudi@stu.um.ac.ir

observed by using a short pretreatment with electrical and magnetic fields. The magnetic properties of the cells determine their capability in order to absorb and transfer the magnetic energy to other types of energy, transferring these energies within the plant.

Conclusion

Based on the results from this study, the magnetic field had a significant effect on the chickpea germination properties. When the seeds were exposed to various magnetic fields, most of their germination properties increased, an increase in different intensities, compared to the control. It could be said that using a magnetic field is an appropriate method in order to improve the crop growth against the weeds, and it could be used as a useful management technique which has no polluting side effects.

Key words: Dry matter of seedling, Fresh weight of seedling, Magnetic field intensity, Seedling length