نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۳۹۱-۳۸۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 2, Summer. 2016, p. 380-391

بررسی اثر میدان مغناطیسی بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

قدریه محمودی[۱]- علی قنبری[۲*]- مهدی راستگو[۲]- مصطفی قلی‌زاده[۳]- ایرج طهماسبی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی بر روی نحوه رشد و تولید ماده خشک کل در نخود، آزمایشی به‌صورت کرت‌های نواری با سه‌تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- بذر در سه‌سطح (عادی، تیمارشده در میدان مغناطیس با شدت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا هر یک به‌مدت ۲ساعت)، ۲- آب آبیاری در ۲سطح (عادی و تیمارشده در میدان مغناطیسی با شدت ۶۵۰میلی‌تسلا) بود. نتایج این آزمایش نشان‌داد که قراردادن بذر در میدان مغناطیسی موجب افزایش معنی‌دار ماده خشک به‌میزان ۲۶درصد نسبت به بذور عادی شد. شدت میدان مغناطیسی نیز تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک تولیدی داشت و میدان ۱۵۰میلی‌تسلا نسبت به میدان ۱۰۰میلی‌تسلا موجب افزایش ۱۸درصدی ($P\leq$ ۰/۰۱) ماده خشک شد. آب مغناطیسی، حدود ۲۵درصد نسبت به آب معمولی میزان ماده خشک تولیدی نخود را افزایش‌داد. اختلاف تیمارها با هم در اواخر فصل رشد و در ۸۰روز و ۹۶روز بعد از کاشت بیش‌ترین مقدار (به‌ترتیب ۲۰۱ و ۲۰۷گرم بر متر مربع) بود. هم‌چنین اعمال میدان مغناطیسی بر روی آب آبیاری و بذر نخود به‌ترتیب منجربه افزایش ۲۷ و ۱۹درصد عملکرد دانه شد. اثرات متقابل تیمارها نشان‌داد که اعمال میدان مغناطیس در آب آبیاری و بذر نخود سبب افزایش ۳۱درصد عملکرد دانه شد. اما بر روی تولید ماده خشک نخود تأثیر مثبت نداشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری مغناطیسی، عملکرد دانه، معادله سیگموئیدی

مقدمه

افزایش شدید تقاضای موادغذایی در نتیجه رشد جمعیت از ۱/۶میلیارد نفر (حدود سال ۱۹۰۰) به‌بیش از شش‌میلیارد نفر مهم‌ترین نیروی پیش‌برنده افزایش تولید می‌باشد (FAO, 2012). جهت این‌امر لازم‌است، نهاده‌های ورودی به‌کشت‌زارها کیفی‌تر و کارآمدتر به‌کار روند، تا از هزینه‌های تولید کاسته و با ورود کم‌تر ین نهاده، تولید بهینه به‌دست آید. یکی از مشکلات صنعت کشاورزی نبودِ الگویی جامع برای کاربرد گسترده‌تر و کامل‌تر نهاده‌های مختلف دردسترس است. روابط گیاهی در شرایط مختلف محیطی و با دخالت انسان همواره پیچیده و متغیر است. انتخاب دقیق نهاده‌ها در گرو اطلاعات گوناگون و زیادی است، که بهره‌گیری از نتایج آزمایشی برروی هر یک از این متغیرها و اعمال آن در سطح مزارع می‌تواند در ارتقای وضعیت کشاورزی کنونی راه‌گشا باشد (Ehyaee *et al*., 2010). آب مهم‌ترین نهاده و عمده‌ترین عامل محدودکننده تولید در سیستم‌های کشاورزی و به‌ویژه کشور ما می‌باشد و همواره بخشی از خلاء عملکرد، در کشور به دلیل بروز تنش‌های خشکی است. بنابراین یافتن رهیافتی جهت افزایش کارایی مصرف آب در محصولات زراعی، بسیار مفید می‌باشد (Ehyaee *et al*., 2010).

نخود[۵] از گونه‌های مهم زراعی و از منابع تأمین‌کننده پروتئین به‌شمار می‌رود. سرعت رشد نخود در ابتدای رشد رویشی کم و بنابراین در حالت طبیعی گیاه در مراحل ابتدایی از قدرت رقابتی بسیار ضعیفی با علف‌های‌هرز برخوردار است (Gaur *et al*., 2010).

کاربرد علف‌کش‌ها و نحوه کاربرد آن‌ها در راستای کنترل علف‌های‌هرز به‌هرشکلی، خود پیامدهای نامطلوبی چون زیست‌ماندگاری، انتقال به‌مزارع مجاور، نشست بر روی گیاهان غیرهدف، آسیب به‌دیگر موجودات‌زنده، افزایش هزینه‌های تولید و در نهایت آلودگی‌های زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت. کاهش

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکترای تخصصی علف‌های هرز و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: Ghanbari@um.ac.ir

5- *Cicer arietinum* L.

کاربرد و افزایش کارآیی این فرآورده‌های شیمیایی می‌تواند کمک شایانی به‌حمایت و حفاظت از محیط‌زیست بنماید. گیاهان زراعی خود نیز می‌توانند به‌عنوان کُنش‌گر در اکوسیستم‌های کشاورزی نقش مهمی در راهبرد کنترل علف‌های‌هرز داشته و نباید تنها واکنش‌پذیر تلقی شوند (Goodman *et al*., 1995). گونه‌های زراعی اگر زودتر از علف‌های‌هرز و به‌نحو مناسبی استقرار یابند، نقش زیادی در بازدارندگی رشد علف‌های‌هرز دارند، زیرا اگر رشد گیاه زراعی سریع‌تر باشد، بدون‌شک در رقابت با علف‌های‌هرز از توان بالاتری برخوردار خواهد بود (Goodman *et al*., 1995).

تغییرات واکنش سیستم‌های زنده که در معرض میدان‌های مغناطیسی با توان‌های مختلف و یا در دوره‌های زمانی متفاوت قرار می‌گیرند، موردتوجه زیست‌شناسان مولکولی، شیمی‌دانان و فیزیک‌دانان است (Atak *et al*., 2003). امروزه در استرالیا، آمریکا، چین و ژاپن استفاده از میدان مغناطیسی، به فن‌آوری توسعه‌یافته‌ای تبدیل شده‌است (Hozayan *et al*., 2011)، اما در ایران چندان شناخته‌شده نیست و اطلاعات محدودی در این‌زمینه وجود دارد. موضوعی که امروزه نیاز به‌مطالعه بیش‌تری دارد، تعیین نوع و نحوه ایجاد اثراتی است که ممکن‌است میدان مغناطیسی بر بافت زنده ایجاد کند (Souza *et al*., 2005). تسریع تکامل بافت‌های زنده در میدان مغناطیسی شناخته‌شده و در مطالعات مختلف به‌اثبات رسیده‌است (Souza *et al*., 2005). به‌نظر می‌رسد که استفاده از میدان مغناطیسی (بذر، آب، علف‌کش و سایر نهاده‌های مغناطیس‌شده) راه‌کاری مناسب جهت افزایش کارایی مصرف آب، جوانه‌زنی، رشد رویشی و زایشی باشد. محلول علف‌کش‌ها در معرض میدان مغناطیسی سبب کاهش کشش سطحی و برگشت قطره پس از برخورد با برگ‌شده و در نتیجه سبب بالارفتن کیفیت کاربرد برخی علف‌کش‌ها شده‌است (Aliverdi *et al*., 2009).

بررسی ارزیابی اثرات میدان مغناطیس بر روی بذر و آب آبیاری و تأثیر آن بر روی مزرعه نخود موضوع این پژوهش می‌باشد که در آن تغییرات و نحوه رقابت نخود با علف‌های‌هرز و واکنش علف‌های‌هرز در این‌شرایط موردبررسی قرار خواهندگرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰کیلومتری مشهد در عرض‌جغرافیایی ۳۶درجه و ۱۵دقیقه شمالی و طول‌جغرافیایی ۵۹درجه و ۲۸دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۵متری از سطح دریا انجام‌شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶میلی‌متر، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به‌ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸-درجه سانتی‌گراد و آب‌وهوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد (Anonymous, 2015).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه‌تکرار بود که تیمارهای موردنظر عبارت‌بودند از: فاکتور افقی بذر مغناطیس‌شده در سه‌سطح شامل یک: بذوری که توسط دستگاه مغناطیس‌کننده بذر (شکل ۱) با توان ۱۵۰ mT به‌مدت 2ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرار دادهشدند. ۲: بذوری که توسط دستگاه مغناطیس‌کننده بذر با توان ۱۰۰mT به‌مدت ۲ساعت تیمار شدند و سه: بذوری عادی (شاهد) و فاکتور عمودی آب آبیاری در ۲سطح؛ یک: آب معمولی (آب چاه مزرعه) و ۲: آب (چاه) مزرعه که در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفت.

عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر بهمن و اوایل اسفندماه انجام‌شد. زمین موردنظر ابتدا با گاوآهن شخم زده‌شد. با مساعدشدن هوا دیسک زده و سپس کل قطعه با فاروئر به شیارهای ۷۰سانتی‌متری تقسیم شد. نخود رقم ILC482 از مرکز تحقیقات کشاورزی سرارود استان کرمانشاه تهیه‌شد.

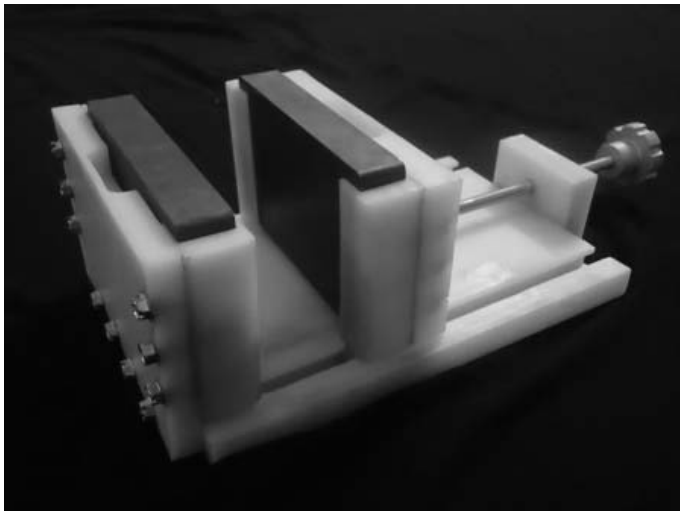
ابعاد هر کرت ۲ و سه‌متر (با درنظر گرفتن حاشیه‌ها) و تراکم موردنظر در این آزمایش ۳۰بوته در مترمربع (تراکم رایج برای رقم نام‌برده در منطقه مشهد)، که با فاصله ۱۰سانتی‌متر در ردیف‌های ۳۵سانتی‌متر کشت شد.

به‌منظور اعمال میدان مغناطیسی بر روی بذور ، به‌صورت دسته‌های ۱۰۰تایی به‌حالت خشک و در پلاستیک‌های شفاف (صرفاً جهت نگه‌داری بذر در محدوده میدان مغناطیس) به‌مدت ۲ساعت در بین قطب‌های آهن‌ربای دستگاه ایجادکننده میدان مغناطیسی (شکل ۱) قرار داده‌شدند. این دستگاه شامل یک‌جفت آهن‌ربای قوی با قابلیت تنظیم فاصله از هم بود (شکل ۱). این‌دو آهن‌ربا طوری در دستگاه جاسازی شدند که هم‌دیگر را جذب می‌کنند. یعنی قطب‌های غیرهم‌نام (قطب S و قطب N) در مقابل هم‌دیگر بودند (Estiken and Turan, 2004).

منظور از آب مغناطیسی نیز آبی است که در تمام دوره آزمایش جهت آبیاری به‌صورت مغناطیسی و با قدرت ۶۵۰ mT به‌مدت سه‌ساعت مورداستفاده قرارگرفت. دستگاه مورداستفاده جهت اعمال میدان مغناطیسی بر آب آبیاری مزرعه، توسط دستگاه Aqua ساخت کشور آلمان که دارای قدرت ثابت ۶۵۰میلی‌تسلا بود، مورداستفاده قرارگرفت. این دستگاه در بین دو مخزن بزرگ که بر روی هم‌دیگر در یک شاسی فلزی نصب شده‌بودند، که به‌وسیله یک‌پمپ، آب از سمت پایین (مخزن پائینی) به‌سمت بالا (مخزن بالایی) عبور داده و توسط دستگاه مغناطیس‌کننده به‌مدت یک‌ساعت عبور داده‌شد. پس از این‌که یک‌بار تمام محتوای آب درون مخزن از میدان مغناطیس عبور کرد، زمان را ثبت و معادل دو برابر آن، آب در درون سیستم به‌حالت گردشی از دستگاه مغناطیس عبور داده شد. پس از اتمام زمان موردنظر، آب تیمارشده توسط رول تیپ‌های نصب‌شده در سطح

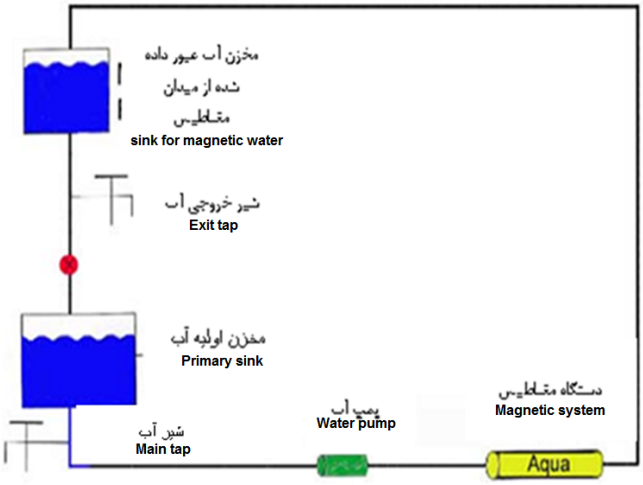
مزرعه به‌محل حضور بوته‌ها هدایت‌شد (شکل ۲). میزان آب آبیاری در هر دو تیمار (معمولی و مغناطیسی) در هر بار آبیاری برابر بود.

در طول اجرای آزمایش، عملیات داشت از قبیل کنترل آفات و بیماری‌ها، کوددهی و غیره به‌طور مرتب صورت‌گرفت. نمونه‌گیری هر ۲هفته یک‌بار انجام‌شد. اولین نمونه‌گیری در تاریخ ۳۱اردیبهشت‌ماه و آخرین نمونه‌گیری در اوایل مردادماه انجام‌شد. در هر نمونه‌گیری از مساحت یکم‌تر مربع نخود برداشت و متغیرهای وزن خشک و عملکرد اندازه‌گیری شد. تجزیه‌وتحلیل آماری به‌روش تحلیل همبستگی چندمتغیره و به‌کمک نرم‌افزارهای Sigmaplot و Excel انجام‌شد.



شکل ۱- دستگاه طراحی‌شده جهت ایجاد شدت‌های میدان مغناطیس بر روی بذور نخود (Feizi *et al*., 2011)

Figure 1- Device for exerting of different intensities of magnetic field on seeds of chickpea (Feizi *et al*., 2011)



شکل ۲- دستگاه مغناطیس کننده آب آبیاری به کار رفته در سیستم آب آبیاری مزرعه نخود

Figure 2- Device for magnetism for irrigation fields of chickpea

جهت میدان مغناطیسی دستگاه آکووا در راستای جهت ورود جریان آب

Direction of magnetic field of Aqua and water flow is alike

نتایج و بحث

در این آزمایش برای همبستگی متغیرها از یک معادله سیگموئیدی سه‌پارامتره که دارای برازش مناسبی بر روی داده‌ها نسبت به‌دیگر توابع بود، استفاده‌شد (جدول ۱). چگونگی اثر بذوری که در میدان مغناطیسی قرار داده‌شده بودند، بر روی تغییرات ماده

خشک تجمعی[1] نسبت به روزهای بعد از کاشت با کمک معادله سیگموئیدی سه‌پارامتره برآوردشد (جدول ۱ و شکل ۳). نتایج آزمایش نشان‌داد که تیمار مغناطیس اعمال‌شده بر روی بذور نخود، بر روی میزان ماده خشک نخود مؤثر بود. با پیشرفت زمان دامنه این اختلافات بیش‌تر شد، به‌طوری‌که در آخر فصل، میزان ماده خشک تولیدشده در بذور عادی، در مقایسه با بذوری که در معرض میدان مغناطیس قرار گرفته‌بودند، ۲۶درصد کم‌تر بود (شکل ۳). با افزایش شدت میدان مغناطیسی ماده خشک تولیدی افزایش یافت، به‌طوری‌که ماده‌خشک تولیدشده در تیمار بذر مغناطیس‌شده در میدان ۱۵۰میلی‌تسلا ، به‌میزان ۱۸درصد بیش‌تر از بذور مغناطیس‌شده در میدان ۱۰۰میلی‌تسلا بود (جدول ۱ و شکل ۳) و با گذشت زمان بر دامنه اختلافات افزوده و در ۸۰روز بعد از کاشت به‌بالاترین حد خود رسید. ماده خشک نخود در تیمار ۱۵۰میلی‌تسلا، ۲۰۷ و در تیمار ۱۰۰میلی‌تسلا ، ۱۷۲میلی‌گرم در مترمربع بود (جدول ۱). اعمال میدان مغناطیس بر روی بذور گیاهان مختلف سبب تأثیرات متفاوتی در گیاهان می‌شود. اعمال میدان مغناطیسی در دامنه شدت‌های صفر تا ۲۵۰میلی‌تسلا و در زمان‌های متفاوت یک تا چهارساعت منجربه افزایش معنی‌دار صفات مختلف جوانه‌زنی بذر نخود شد و بهترین حالت ممکن برای بذر نخود میدان ۵۰میلی‌تسلا به‌مدت ۲ساعت گزارش شده‌است (Vashisth and Nagarajan, 2008). میدان مغناطیسی موجب افزایش جوانه‌زنی بذر و عملکرد گوجه‌فرنگی[2](Hozayan *et al*., 2011؛ Turker *et al*., 2007) و ذرت[3] (Alexander and Doijode, 1995 ،Aladjajitan, 2002) شده‌است. این‌امر ناشی از افزایش جذب عناصر ضروری می‌باشد. جذب عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی (Danoilov *et al*., 1994؛ Selim and EL-Nady, 2011؛ Durate Diaz *et al*., 1997) و توت‌فرنگی[4] (Estiken and Turan, 2007) به‌طور معنی‌داری نسبت به‌شرایط معمولی افزایش نشان داده‌است. درمعرض قرارگرفتن بذور حبوبات قبل از کشت، در برابر مقادیر مختلف میدان مغناطیسی منجربه افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی، سرعت سبزشدن و عملکرد شده‌است (Podleony *et al*., 2004; Turker *et al*., 2007). این امر ناشی از افزایش جذب عناصر ضروری و احتمالاً بهبود جوانه‌زنی به‌سبب تحریک آلفاآمیلاز و تسریع در فرآیند تغذیه جنین از آندوسپرم و لپه‌ها می‌باشد. دلیل تأثیرگذاری مغناطیس بر روی بذر، وجود خواص پارامغناطیس بافت بذر است که متابولیسم آن در حضور تیمارهای مختلف مغناطیسی تشدید می‌شود (Aladjajitan and Ylieya, 2003 Hozayn *et al*., 2011;). این مسئله در تحقیقاتی که بر روی غلات (Hozayn and AbdolQados, 2010)، آفتابگردان[5] و سویا[6] (Oldacay and Erdem,2002) انجام‌شده و در حضور میدان مغناطیسی دارای عملکرد بیش‌تری بودند، به‌اثبات رسیده‌است. هم‌چنین در آزمایشی مزرعه‌ای گزارش شده‌است، که بوته‌های حاصل از بذور گوجه‌فرنگی که در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفته‌بودند، دارای تعداد میوه، میانگین وزن میوه، عملکرد میوه در بوته، عملکرد میوه در واحد سطح، طول ریشه، وزن خشک و تَر ریشه و ساقه، سطح‌برگ و وزن خشک برگچه‌ها، نرخ رشد ریشه، نرخ رشد ساقه و نرخ رشد برگ بیش‌تری در مقایسه با تیمار شاهد بودند (Turker *et al*., 2007). درواقع با درمعرض قرارگرفتن بذر در میدان مغناطیسی، گیاه‌چه سریع‌تر وارد محیط‌شده و از این‌طریق مدت‌زمان بیش‌تری را در طول فصل‌زراعی در اختیار دارد که عملکرد بالاتری تولید نماید.

نتایج این آزمایش نشان‌داد که آب مغناطیس‌شده بر روی میزان ماده خشک تولیدشده نخود مؤثر است ($p\leq$ ۰/۰۱) به‌طوری‌که در تیمار آبیاری مغناطیسی با گذشت زمان ماده خشک تولیدشده در نخود افزایش‌یافت و در ۸۰روز و ۹۶روز بعد از کاشت اختلاف ماده خشک تولیدشده نخود نسبت به تیمار آبیاری طبیعی بیش‌ترین (۲۰۱ و ۲۰۷گرم بر مترمربع) مقدار بود (جدول ۲ و شکل ۴).

در مطالعات مختلفی اثرات آب مغناطیسی موردبررسی قرار گرفته‌است، به‌طور مثال اعمال تیمارهای مغناطیسی در مزرعه سبب تعدیل اثرات تنش خشکی بر روی گوجه‌فرنگی شده‌است، که اثرات آن بسته به‌نوع بذر (طبیعی یا مغناطیسی‌شده)، میزان آب مغناطیسی و دورهٔ اعمال آن، متفاوت است (Selim and EL-Nady, 2011). به‌نظر می‌رسد گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به‌سایر گیاهان زراعی و باغی، به‌طور محسوس‌تری به تیمارهای مغناطیسی پاسخ می‌دهد. در محصولات باغی هم‌چون درخت جوجوبا[7] (Al-Khazan *et al*., 2011) و انواع سبزیجات (Boe and Saiuke, 1963; Ruzzic *et al*., 1998؛ De Douza *et al*., 1999؛ Martinez *et al*., 2000) رسیدگی میوه و رشد و توسعه آنها با اعمال آبیاری مغناطیسی بیش‌تر شده است.

اعمال آبیاری مغناطیسی سبب تغییر ساختار شیمیایی و افزایش رشد و عملکرد محصول نخود در شرایط گلخانه‌ای شده‌است (Hozayn and AbdolQados, 2010). تعداد پیوندهای پروتئینی کتان، گندم، عدس و نخود در بوته‌های تیمارشده با آب مغناطیسی در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری نشان داده‌است (Hozayn and AbdolQados, 2010).

1- Total Dry Matter
2- *Lycopersicon esculentum* Mill
3-*Zea mays* L.
4- *Fragaria vesca* Duch.
5-*Helianthus annuus* L.
6-*Glycine max* L.
7- *Simmondsia chinensis* L.

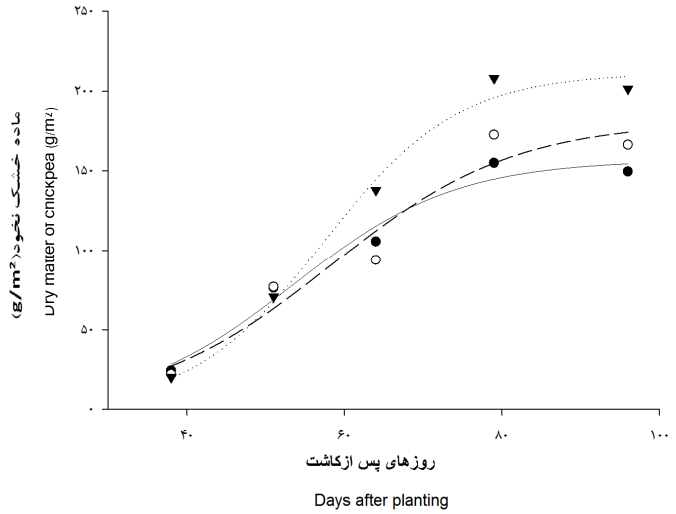
جدول۱-معادلات برازش داده‌شده اثر ساده میدان مغناطیس در بذر بر ماده خشک نخود حاصل از معادله سیگموئیدال

Table 1- Fitted equations (sigmoidal) on simple effect of the magnetic field on chickpea seeds for dry matter

Equation: Sigmoidal, Sigmoid, 3 Parameter							
f = a/(1+exp(-(x-c)/b))							
Y=f	(st) a	(st) b	(st) c	F	R^2	P	Signification
ماده خشک نخود در بذر عادی Dry matter ofchickpea in normal seeds	(12.7)156.9	(2.9)10.2	(3.2)53.5	39.6	0.98	0.006	**
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس ۱۰۰میلی‌تسلا Dry matter ofchickpea in magnetic (100mT) seeds	(29.8)181.1	(5.3)11.6	(6.5)58.2	16.3	0.97	0.05	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس ۱۵۰میلی‌تسلا Dry matter ofchickpea in magnetic (150mT) seeds	(11.3)211.3	(1.6)8.5	(1.9)57.4	101.4	0.99	0.009	**

St: میزان خطای استاندارد، b: شیب تغییرات، c: نقطه تولید ۵۰ درصد ماده خشک، a: حد بالای منحنی

St; error standard, b: slope of variation, c: point of dry matter to 50 %, a: highest of curve



شکل ۳- اثر تیمار میدان مغناطیس در بذر بر روی تولید ماده خشک نخود

Figure 3- effect of seed treatment by magnetic field on dry matter of chickpea

بذور تیمار نشده (●)، بذور مغناطیس‌شده با شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا (○) و ۱۵۰میلی‌تسلا (▼)

(●): untreated, (○) and (▼): treated with 100 and 150 mT intensity of magnetic field respectively

گزارش شده‌است که میدان‌های مغناطیسی بر روی سیستم‌های بیولوژیکی سبب افزایش نسخه‌برداری ژن‌ها و تغییر در سطوح ویژه mRNA می‌شوند (Selim and EL-Nady, 2011). به‌طورکلی خصوصیات مختلف گیاهی ازجمله جوانه‌زنی بذور، رشد دانهال‌ها، رشد زایشی، رشد سلول‌های مریستمی و توسعه کلروفیل‌ها تحت تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی تغییر مثبتی خواهند داشت (Atak *et al*., 1997؛ Namba*et al*.,1995؛ Reina *et al*., 2001). رشد ریشه نیز تحت تأثیر اثرات مغناطیسی قرار می‌گیرد (Muraji *et al*., 1992 ؛ Stein and Lian, 1992; Turker *et al*., ؛Belyavskaya, 2001 2007). عملکرد و اجزاء عملکرد گیاهان نیز تحت‌تأثیر میدان مغناطیسی اعمال‌شده بر روی بذر و آب افزایش می‌یابد. گزارش شده‌است که عملکرد بذر گیاهان مختلف کتان[1]، گندم[2]، عدس[3] و نخود به‌ترتیب ۱۰، ۳۳، ۲۶/۹، ۴۶/۶۲درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Hozayn and AbdolQados, 2010). هم‌چنین نتایج آزمایش‌های آبیاری با آب مغناطیسی در اورگان آمریکا بر روی مزارع یونجه[4] نشان‌داد که عملکرد یونجه ۶۵درصد افزایش و مصرف آب و هزینه پمپاژ تا ۴۲درصد کاهش یافت(Atak *et al*., 1997). مطالعه کنترل‌شده اثر آبیاری مغناطیسی بر روی درصد جوانه‌زنی

1-*Linum usitatissimum* L.

2-*Triticum aestivum* L.

3-*Lens culinaris* Medic.

4-*Medicago sativa* L.

گوجه‌فرنگی، کدو و خیار نشان‌داد که در طی سه‌روز ۹۶درصد بذور جوانه زدند. در حالی‌که در تیمارهای معمولی تنها ۷۳درصد بذور در ۱۴روز جوانه زدند (Hozayn *et al*., 2011). عنصر بور مغناطیسی‌شده همراه با آب آبیاری مغناطیسی، جوانه‌زنی را در گندم ۲۰درصد (Hozayn and AbdolQados, 2010) گوجه‌فرنگی، ۶۵درصد و فلفل و خیار را تا ۱۰۰درصد افزایش داد (Atak *et al*., 1997). در مصر آبیاری با آب مغناطیسی عملکرد گندم را بسته به‌تاریخ کاشت از ۱۲/۷ تا ۳۴درصد (Hozayn and Abdol Qados, 2010) و کنجد و ذرت را تا ۲۴درصد افزایش داد (De Souza *et al*., 1999).

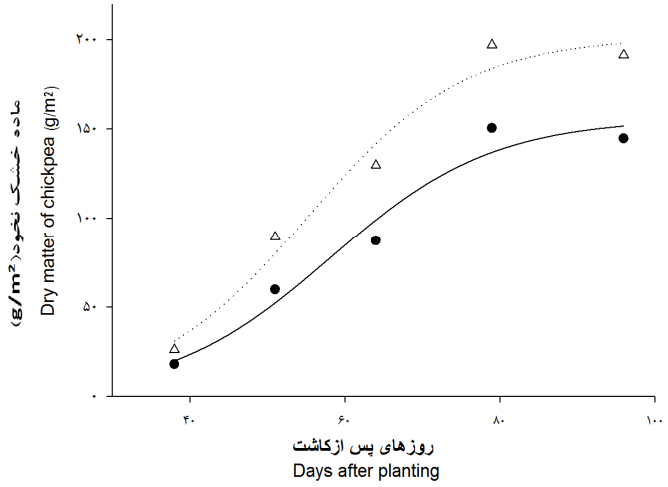
جدول۲-معادلات برازش داده‌شده اثر ساده میدان مغناطیس در آب بر روی ماده خشک نخود حاصل از معادله سیگموئیدال

Table 1- Fitted equations (sigmoidal) on simple effect of the magnetic field on irrigation for dry matter of chickpea

Equation: Sigmoidal, Sigmoid, 3 Parameter f = a/(1+exp(-(x-c)/b))							
Y=f	(st) a	(st) b	(st) c	F	P	R^2	Signification
ماده خشک نخود در آبیاری معمولی Dry matter in normal irrigation	(17.9)155.7	(3.6)10.5	(4.4)58.1	28.5	0.03	0.98	*
ماده خشک نخود در آبیاری مغناطیسی Dry matter in magnetic irrigation	(16.8)201.5	(2.8)10.1	(3.2)55.2	42.2	0.02	0.98	*

St: میزان خطای استاندارد، b: شیب تغییرات، c: نقطه تولید ۵۰درصد ماده خشک، a: حد بالای منحنی

St; error standard, b: slope of variation, c: point of dry matter to 50 %, a: highest of curve



شکل ٤- اثر آب میدان مغناطیس در آب آبیاری بر روی تولید ماده خشک نخود

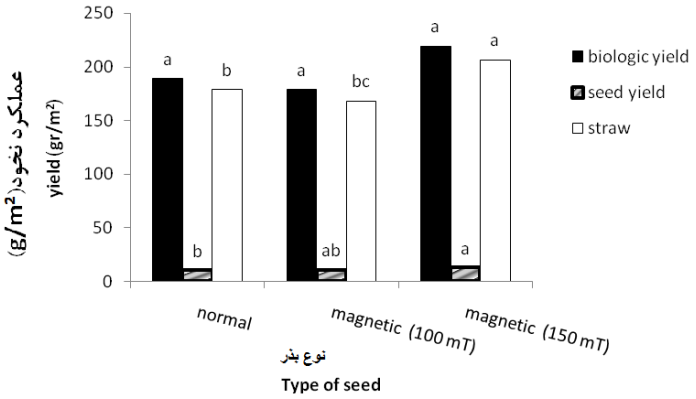
Figure 4- effect of irrigation treatment by magnetic field on dry matter of chickpea

(●) تیمارنشده، (Δ) تیمار آبیاری مغناطیسی ۶۵۰ mT

(●): untreated, (Δ): treated with 650 mT intensity of magnetic field respectively

نتایج این آزمایش بر روی میزان عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و کاه‌وکلش در شکل (۵) نشان‌داده شده‌است. نتایج نشان‌داد که اثر ساده میدان مغناطیس بر روی بذر منجربه اثر معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۵) بر روی عملکرد بیولوژیکی نخود نداشت. اما عملکرد دانه در تیمار بذری واقع در معرض میدان مغناطیس ۱۵۰میلی‌تسلا، دارای تفاوت معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) با تیمار بذر عادی بود (شکل ۵). به‌طوری‌که در اثر اعمال میدان مغناطیس ۱۵۰میلی‌تسلا بر روی بذر نخود نسبت به تیمار بذر معمولی، منجربه افزایش ۲۱درصد عملکرد دانه در نخود شد (شکل ۵). هم‌چنین میزان کاه‌وکلش نخود نیز در اثر اعمال میدان مغناطیسی ۱۵۰ و ۱۰۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار بذر عادی به‌ترتیب ۱۹ و ۱۴درصد افزایش نشان‌دادند (شکل ۵). هم‌چنین اعمال میدان مغناطیسی بر روی آب آبیاری منجربه تغییر معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۵) بر روی عملکرد بیولوژیکی گیاه نخود نشد (شکل ۶). اما عملکرد دانه و کاه‌وکلش در اثر میدان مغناطیسی ۶۵۰میلی‌تسلا بر روی آب آبیاری در مقایسه با تیمار آب معمولی به‌ترتیب هفت و ۲۷درصد افزایش یافتند (شکل ۶). عمده اثرات آبیاری مغناطیسی بر محلول‌سازی و

جذب بهتر املاح و حتی مولکول‌های آب می‌باشد (Aliverdi *et al*., 2009؛ Al-Khazan *et al*., 2011؛ Duarte Diaz *et al*., 1997). در این آزمایش باوجود یکسان‌بودن حجم آب آبیاری در تمام کرت‌ها، افزایش عملکرد دانه و کاه در تیمارهای آبیاری مغناطیسی مشاهده‌شد و باتوجه به‌این‌که در کشور ما که استفاده بهینه از منبع آب بسیار مهم و حیاتی می‌باشد، استفاده از روشی که منجربه افزایش بازدهی آب و بهبود محصول شود، بسیار به‌صرفه خواهد بود.

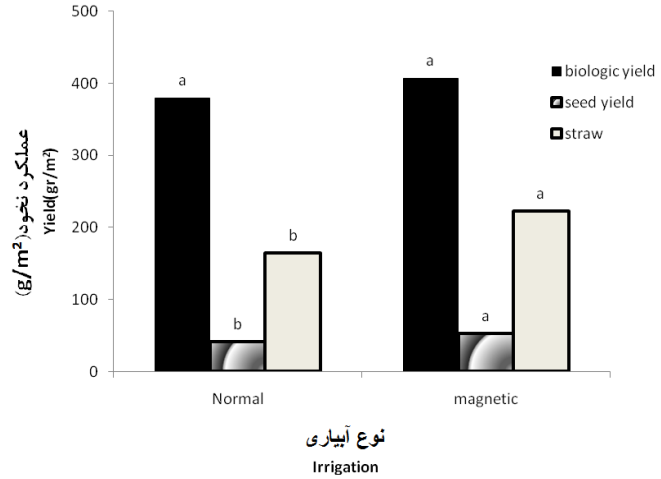


شکل ۵- اثر تیمار میدان مغناطیسی در بذر بر روی عملکرد نخود

Figure 5- Effect of seed treatment by magnetic field on yield of chickpea

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test



شکل ٦- اثر تیمار میدان مغناطیسی در آب آبیاری بر روی عملکرد نخود

Figure 6- Effect of irrigation treatment by magnetic field on yield of chickpea

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

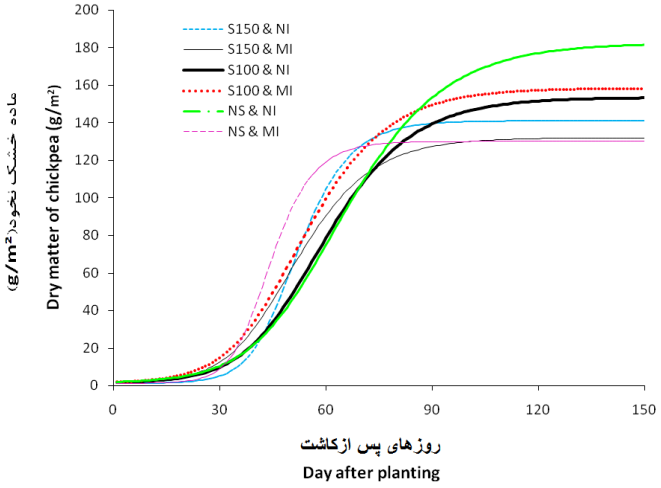
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test

بررسی اثرات متقابل

جهت بررسی اثرات متقابل تیمارهای آبیاری (مغناطیسی و طبیعی) و تیمارهای بذور (طبیعی، مغناطیس‌شده ۱۰۰میلی‌تسلا و ۱۵۰میلی‌تسلا) بر اساس معادله سیگموئیدی سه‌پارامتره، مشاهده‌شد که هیچ‌کدام از تیمارهای اعمال‌شده (آبیاری و بذور) بر روی تولید ماده خشک نخود نه‌تنها تأثیر مثبت نداشتند، بلکه در تمام تیمارهای اعمال شده نسبت به تیمار شاهد، کاهش تولید ماده خشک و عملکرد نهایی کم‌تر بود، اما سرعت تجمع ماده خشک در آن بالا بود (جدول ۳ و شکل ۷). به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان تولید ماده خشک متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ۷). احتمال می‌رود این مسئله به‌دلیل اثرات متناقض میدان مغناطیسی ایجادشده از طریق آب آبیاری بر روی بذور مغناطیس‌شده باشد. به‌این‌مفهوم که بذوری که در معرض میدان

مغناطیس قرارگرفته و سپس بـه‌وسـیله آب مغنـاطیس‌شـده آبیـاری شده‌اند، دچار کاهش رشد شدند.

همان‌طورکه ذکر شد، هر کدام از تیمارهای اعمال‌شده به‌تنهـایی دارای اثر مثبت بر روی میزان تولید ماده خشک در نخود شـده‌بودنـد (جدول ۱ و ۲، شکل ۳ و ۴). بنابراین اعمال میدان مغناطیس در بذور و یا در آب آبیاری هر یک به‌طور جداگانه، نمی‌تواند منجربه کـاهش رشـد در گیاهـان بـه‌ویـژه در نخـود شـود (Hozayn and Abdol Qados, 2010). اما اگر گیاه در معرض دو میدان مختلف مغناطیسی متفاوت قرار بگیرد (به‌عنوان مثال، هم بذر مغناطیس شود و هـم آب آبیاری)، دچار تنش می‌شود. در بین حالات متقابل اثـرات مغنـاطیس بذر و آب آبیاری بیش‌ترین تشابه رونـدی در حالـت بـذر مغنـاطیس ۱۵۰میلی‌تسلا–آبیاری مغناطیس و بـذر عـادی–آبیـاری مغنـاطیس مشاهده‌شد. اما همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، روند تیمار بـذر عـادی آب معمولی با بذر مغناطیس ۱۵۰میلی‌تسلا–آب معمولی تفاوت زیادی با هم نشان می‌دهند (شکل ۵) که احتمال می‌رود ایـن‌امـر منجـربـه تحولاتی در ترکیبات بذر نخود شده است کـه برآینـد ایـن تغییـرات، منجربه نوعی تنش در گیاه شده‌است. همان‌طورکه می‌دانیم هر نـوع تنشی منجربه کاهش رشد در گیاهان مختلف می‌شود. البته می‌تـوان گفت میدان مغناطیسی ایجادشده توسط قطـب‌هـای آهـن‌ربـا دارای میدان کوچک‌تری (۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا) بودند، اما میدان ایجادشده توسط دستگاه آبیاری دارای قدرت بیش‌تری بود (۶۵۰میلـی‌تسـلا) و میدان بزرگ‌تر سبب خنثی‌کردن میدان کوچـک‌تـر شـده و ایـن‌امـر منجربه ایجاد تنش در گیاه نخود شـده‌اسـت (جـدول ۳ و شـکل ۵). به‌طور مثال، در یک بررسی اثر میدان مغناطیسی بر روی گیاه سـویا گزارش شده‌است که میدان مغناطیسی به‌عنوان یک عامل تنش‌زا بـه بخش‌های مختلف هم‌چون برگ‌ها، اندام‌های زایشی و به‌ویژه پرچم‌ها را که نسبت به بخش مادگی با محیط خارج تماس بیش‌تری دارنـد، تحت‌تـأثیر قـرار داد (Arbabian *et al*., 2010). هـم‌چنـین برخـی محققین اثرات منفی میدان مغناطیسی (با تیمارهـای شـدت و مـدت میدان مغناطیسی متفاوت) بر پدیده‌های مختلـف زیسـتی هـم‌چـون جوانـه‌زنـی در گیاهـان را نشـان‌داده‌انـد (Florez *et al*., 2007، Burtebayeva *et al*., 2003، Martines *et al*., 2000). بررسی اثر متقابل بذر و آب مغناطیسی نشان‌داد که میزان عملکرد دانـه در اثـر متقابل تیمارهای اعمال‌شده متفاوت بود. در تیمار آبیاری مغناطیسی و بذر واقع‌شده در میدان ۱۵۰میلـی‌تسـلا منجـربـه افـزایش معنـی‌دار عملکرد دانه شد (شکل ۸). در تیمار بذر واقـع در میـدان مغناطیسـی ۱۵۰میلی‌تسلا با آبیاری مغناطیسی نسبت به تیمار بـذر معمـولی بـا آبیاری معمولی ۳۰/۳درصد افزایش مشـاهده‌شـد (شـکل ۸). در بـین تیمارهای مختلف بذر نرمال و بذر مغناطیس‌شده با میدان‌های متفاوت نیز میزان عملکرد دانه متفاوت بود. بنابراین می‌تـوان گفـت، اگرچـه اثرمتقابل اعمال میدان مغناطیس آب و بذر نخود بر روی ماده خشک تولیدشده مؤثر نبود، اما بر روی عملکرد دانه نخود مؤثر واقع‌شد (شکل ۸).



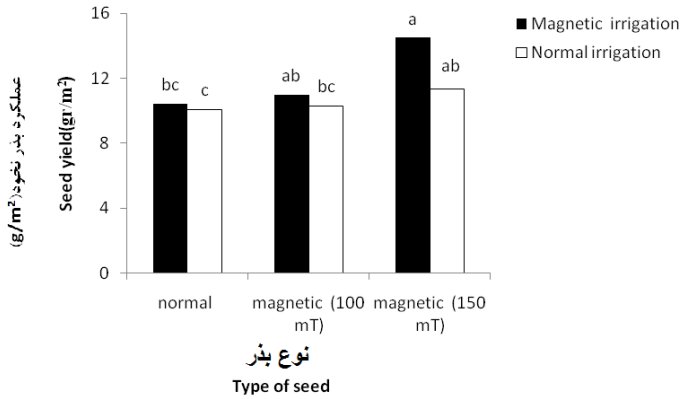
شکل ۷- اثر متقابل میدان مغناطیس در بذر و آب بر روی ماده خشک تولید شده در مزرعه نخود

Figure 7- Effect of seed and irrigation treatment by magnetic field on dry matter of chickpea

S150, S100, NS به‌ترتیب تیمار بذری مغناطیس‌نشده، ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا؛

MI, NI به‌ترتیب تیمار آبیاری معمولی و مغناطیس

NS, S150, S100: untreated, treated with 100 and 150 mT intensity of magnetic field respectively;
NI, MI: normal and magnetic irrigation respectively



شکل ۸- اثر متقابل میدان مغناطیس در بذر و آب بر روی عملکرد دانه نخود

Figure 8- Effect of seed and irrigation treatment by magnetic field on yield of chickpea

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test

جدول ۳- اثرات متقابل میدان مغناطیس در بذر و آب بر روی ماده خشک نخود حاصل از معادله سیگموئیدال

Table 3- Fitted equations (sigmoidal) on reciprocal effect of the magnetic field on irrigation for dry matter of chickpea

Equation: Sigmoidal, Sigmoid, 3 Parameter f = a/(1+exp(-(x-c)/b))							
Y=f	(st) a	(st) b	(st) c	P	F	R^2	Signification
ماده خشک نخود در بذر معمولی و آبیاری معمولی Dry matter of Chickpea normal seed and normal irrigation	(0.3)5.3	(5.9)17.9	(۳/۲)۳۴/۱	0.02	33.3	0.97	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۰۰ میلی‌تسلا) و آبیاری معمولی Dry matter of Chickpea magnetic seed (100mT) and normal irrigation	(0.19)5	(3.8)14.5	(۲/۵)۳۲/۷	0.02	45.2	0.97	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۵۰ میلی‌تسلا) و آبیاری معمولی Dry matter of Chickpea magnetic seed (150mT) and normal irrigation	(0.1)4.9	(1.5)8.7	(1.1)36.4	0.01	89.5	0.98	**
ماده خشک نخود در بذر معمولی و آبیاری مغناطیسی Dry matter of Chickpea normal seed and magnetic irrigation	(0.04)4.9	(1.02)7.1	(1.03)31.4	0.005	191.1	0.99	**
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۰۰ میلی‌تسلا) و آبیاری مغناطیسی Dry matter of Chickpea magnetic seed (100mT) and magnetic irrigation	(0.2)5	(5.8)13.8	(4.9)28.1	0.05	17.9	0.94	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۵۰ میلی‌تسلا) و آبیاری مغناطیسی Dry matter of Chickpea magnetic seed (150mT) and magnetic irrigation	(0.09)4.8	(2.3)12.4	(2)29.2	0.01	85.1	0.98	**

St: میزان خطای استاندارد، b: شیب تغییرات، c: نقطه تولید ۵۰درصد ماده خشک، a: حد بالای منحنی

St; error standard, b: slope of variation, c: point of dry matter to 50 %, a: highest of curve

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان‌داد که اعمال تیمارهای مختلف میدان مغناطیس بر روی بذور نخود سبب تأثیر معنی‌داری بر روی میزان ماده خشک تولیدی نخود می‌شود. به‌طوری‌که میزان ماده‌خشک تولیدی در تیمار بذر عادی، نسبت به بذوری که در معرض میدان مغناطیس قرارگرفته بودند، کم‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص‌داد (۱۴۹ گرم بر مترمربع). هم‌چنین در بین بذوری که در معرض میدان مغناطیس با قدرت‌های مختلف قرارگرفته بودند، میزان ماده خشک تولیدی نخود متفاوت بود. به‌طوری‌که میزان ماده‌خشک تولیدی در بذور مغناطیس‌شده در میدان ۱۵۰میلی‌تسلا (۲۰۵گرم بر مترمربع) بیش‌تر از بذور مغناطیس‌شده در میدان ۱۰۰میلی‌تسلا (۱۶۵گرم بر مترمربع) بود. این تفاوت میزان ماده خشک تولیدی از لحاظ آماری در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اعمال تیمار میدان

مغناطیسی بر روی آب آبیاری در مزرعه نخود بـر روی میـزان مـاده خشک تولیدی نخود مؤثر بود. عملکـرد دانـه در اثـر اعمـال میـدان مغناطیسی بر روی بذر و یا آب آبیاری بیش‌ترین واکنش مثبت را در گیاه نخود نشان داد. با درنظر گرفتن اثرات متقابل تیمارهای اعمـال شده، مشاهده‌شد که اعمال میدان مغناطیس بـر روی آبیـاری و بـذر نخود بر روی تولید ماده خشک نخود نه‌تنها تأثیر مثبت نـدارد، بلکـه تولید ماده خشک در تمام تیمارهای اعمال‌شده نسبت به تیمار شاهد، کاسته می‌شود و ایـن امـر ناشـی از تفـاوت قـدرت ناشـی از میـدان مغناطیسی در تیمارهای مختلف آبیاری و بذر می‌باشد. البته این مسئله بر روی عملکرد دانه صادق نبود، زیرا در اثر اعمال میدان مغناطیسی بر روی بذر و آب آبیاری حدود ۳۱درصد افزایش نشان داد.

References

1- Aladjadjiyan, A. 2002. Study of the Influence of Magnetic Field on Some Biological Characteristics of *Zea mays*. Journal of Central European Agricultre 3(2): 89-94.
2- Aladjadjiyan, A., and Ylieva. T. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum*L.). Journal of Central European Agriculture 132(2): 131-138.
3- Alexander, M. P., and Doijode, S. D. 1995. Electromagnetic field, a novel tool to increase germination and seedling vigour of conserved onion (*Allium cepa* L.) and rice (*Oryzasativa,* L.) seeds with low viability. Plant Genetic Resources Newsletter 104: 1-5.
4- Aliverdi, A., Rashed-Mohassel M. H., Zand, E., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Biology and Management* 9: 292-299.
5- Al-Khazan, M., Abdullatif, B. M., and Al-Assaf, N. 2011. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis*L.) at different growth stages. African Journal of Environmental Science and Technology 5(9): 722-731.
6- Arbabian, S., Majd, A., and Salaripour, S. 2010. The effects of electromagnetic field (EMF) on vegetative organs, pollen development, pollen germination and pollen tube growth of *Glycine max L.* Journal of Cell & Tissue 1(1): 35-42.
7- Atak, C., Danilov, V., Yurttas, B., Yalçn, S., Mutlu, D., and Rzakoulieva, A. 1997. Effects of magnetic field on soybean (*Glycine max* L.Merrill) seeds. Com JINR. Dubna 1-13.
8- Atak, C., Emiroglu, O., Aklimanoglu, S., and Rzakoulieva, A. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. Journal of Cell and Molecular Biology 2:113–119.
9- Belyavskaya, N. A. 2001. Ultra structure and calcium balance in meristem cells of pea root exposed to extremely low magnetic fields. Advances in Space Research 28: 645–650.
10- Boe, A. A., and Salunke, D. K. 1963. Effects of magnetic fields on tomato ripening. Nature 199: 91-92.
11- Burtebayeva, D., Burtebayev, N., and Kakhraman, V. D. 2003. Application of electromagnetic radiant of low frequency for increasing of the crop capacity of the agricultural seeds. Avras Nukleer Bul 64-68.
12- Çelik, Ö., Atak, C., and Rzakulieva, A. 2008. Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in paulownia node cultures. Journal of Central European Agriculture 9(2): 297-303.
13- Danilov, V., Bas, T., Eltez M., and Rizakulyeva, A. 1994. Artificial magnetic field effects on yield and quality of tomatoes, ActaHortic. 366: 279–285 5.
14- De Souza, A., Casate, R., and Porras, E. 1999. Effect of magnetic treatment of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.) on germination and seedling growth [in Spanish]. Investigacion Agriculture Production Protection Vegetable 14(3): 67-74.
15- Duarte Diaz, C. E., Riquenes, J. A., Sotolongo, B., Portuondo, M. A., Quitana, E. O., and Perez, R. 1997. Effect of magnetic treatment of irrigation water on tomato crop. Horticulture Abstract 469: 494.
16- Ehyaee, H., Parsa, M., Kafi, M., and Nasiri Mahallati, M. 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. Irainian Journal of Pulses research 2(1): 37- 48. (In Persian with English Abstract).
17- Esitken, A., and Turan, M. 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragariaana-nassa* cv. Camarosa). Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science 54: 135–139.
18- Feizi, H., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Shahtahmassebi, N., and Fotovat, A. 2011. Influence of intensity and exposure duration of magnetic field on behavior of seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 3(4): 482-490.
19- Florez, M., Victoria, M., Martinez, E. 2007. Exposure of *maize* seeds to stationary magnetic field: effects of germination and early growth. Environmental and experimental botany 59: 68-75.
20- FAO (Food and Agricultural Organization), 2012. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faostat.fao.org/faostat/collection? subset= agriculture

21- Goodman, E. M; Greenabaum, B., and Morron, T. M. 1995. Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. lnternational Review of Cytology 158: 279-325.
22- Grundy, A. C., Bond, W., and Burston, S. 1999. Weed suppression by crops. The brighton conference-weeds. P. 957-962.
23- Gaur, P. M., Tripathi, S., Gowda, C. L. L., RangaRao, 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.
24- 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.
25- 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.
26- http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=54704&refer=&units=us, 2015
27- Martinez, E., Carbonel, M. V., and Amaya, J.M. 2000. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initialgrowth stages of barley (*Hordeumvulgare*L.). Electro and Magnetobiology 19(3): 271-277.
28- Muraji, M., Nishimura, M., Tatebe, W., and Fujii, T. 1992. Effect of alternating magnetic field on the growth of the primary root of corn. IEEE Transactions Magnetics 28: 1996–2000.
29- Namba, K.; Sasao, A. and Shibusawa, S. 1995. Effect of magnetic field on germination and plant growth. Acta Horticulture 399: 143-147.
30- Oldacay, S., and Erdem, G. 2002. Evaluation of chlorophyll contents and peroxides activities in (*Helianthus annuus* L.) genotypes exposed to radiation and magnetic field. Pakistan Journal of Applied Science 2(10): 934-937.
31- Podleoeny, J., Pietruszewski, S., and Podleoena, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experi- mental pot conditions. International Agrophysics 18: 65–71.
32- Reina, F. G., Pascual, .L. A., and Fundora, I. A. 2001. Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part II: Experimental Results Bioelectromagnetics 22: 596-602.
33- Ruzzic, R., Berden, M., and Jerman, I. 1998. The effects of oscillating electromagnetic fields on plants. Summary Report. Proc. First World Congress on the Bio effects of Electricity and Magnetism on the Natural World, Madeira, UK, 1-6 October.
34- Selim, A. F. H.,and El-Nady, M. F. 2011. Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. Acta Astronautica 69: 387–396
35- Stein, G. S., and Lian, J. B. 1992. Regulation of cell cycle and growth control. Bioelectromagnetics Supplement 1: 247-265.
36- Souza, A. D., García, D., Sueiro, L., Licea, L., and Porras, E. 2005. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. Spanish Journal of Agricultural Research 3(1): 113-122.
37- Turker, M., Temirci, C., Battal, P. M., and Erez, E. 2007. The effect of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phyto-hormone levels in maize and sunflower plants. Phyton Annales Rei Botanicae 46: 271–284.
38- 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.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 2, Summer. 2016, p. 380-391

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۳۹۱-۳۸۰

Evaluating the Magnetic Field effects on Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum*) under Mashhad Climatic Conditions

Gh. Mahmoudi[1]- A. Ghanbari[2*]- M. Rastgoo[2]- M. Gholi Zade[3]- I. Tahmasebi[4]

Received: 04-11-2014
Accepted: 21-01-2015

Introduction

Effect of magnetic fields is now the subject of an increasingly large research effort because it is known to induce biochemical changes in plant species. In physic science, it is well established that by passing water through a magnetic device, the water can be influenced. On the other hand, the literature review in physical science in different country indicated also that magnetized water induced a change in water physicochemical properties such as conductivity, surface tension, viscosity, vaporization rate, and pH. 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. Therefore, this technology was used in different countries which all reported the successful use of magnets in treating water for irrigation use. Magnetic fields on seeds lead to better germination rate and plant growth than chemical fertilizers. Magnetic fields have been to apply a stimulus effect on growth and germination and on crop yield.

Materials and Methods

In order to study the effect of magnetic field on growth and total dry matter of chickpea (*Cicer arietinum* L.), an strip plot experiment based on randomized complete block design was conducted at the Agronomy Research Field of Ferdowsi University of Mashhad (Lat 36˚15' N, Long 59˚28' E; 985 m Altitude) during 2013-2014. The first treatment was the exposure of seed to magnetic field in three levels (normal, 100 and 150 mT magnetic field with 120 minutes durations).The magnetic field exert by a device consists of two magnets and the two opposite poles of two magnets that attract each other. Moreover, the intensity of magnetic field changed by adjusting the distance between the poles. It was measured by using a micrometer Tesla meter Leybold- Heraeus51652. The second treatment consisted of water irrigation types as two levels (normal water and magnetized water with 650 mT). Magnetized water was produced by a commercial magnet namely AQUA CORRECT with (650Gauss magnetic field. All data were analyzed by Sigmaplot and Excel and treatments were separated using Fisher's protected LSD Test. All statements of significance were based on probability of ($P<0.01$).

Results and Discussion

Results of this experiment showed that dry matter of chickpea increased by 26 percent in comparison to normal seeds at 150 mT magnetic field with 120 min exposure duration ($p \leq 0.01$). Besides dry matter of chickpea being under different conditions were not same. So that in magnetic irrigation treatment with time passing produced dry matter of chickpea increased by 25 percent and in sampling on 80 and 96 days after planting, the difference of produced dry matter was in higher level than normal irrigation treatment. Treatment of magnetized irrigation affected chickpea dry matter ($p\leq0.01$). Chickpea dry matter increased by 25 percent in magnetized water irrigation with time passing. Dry matter came to its highest level at 80 and 90 days after planting in comparison with normal irrigation at 150 mT magnetic field. In addition, the use of magnetic field on irrigation and seed caused the seed yield of chickpea increases about 27% and 19%, respectively. Interaction effects of seed and irrigation magnetic caused to increase the seed yield of chickpea about 31 %.

Keywords: Magnetic irrigation, Seed yield, Sigmoid equation

1 and 2- Ph.D Student and Associate Prof. in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferodwsi University of Mashhad Respectively.
3- Prof., Department of Chemistry Ferodwsi University of Mashhad
4- Assistant Prof., Department of Agronomy, Kurdistan University
(*- Corresponding Author Email: Ghanbari@um.ac.ir)