Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2018.248818.667825 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۳۹۸ (ص ۲۹۶-۲۸۷)

Effect of Nano-Iron Fertilizer and Magnetized Water on Soybean Grain Yield and Water Productivity in Drip Irrigation

MEYSAM ABEDINPOUR[1*], EBRAHIM ROHANI[2]

1. Assistant Professor, Water Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
2. Lecturer and Lab expert, Water Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
(Received: Jan. 13, 2018- Revised: May. 4, 2018- Accepted: Aug. 11, 2018)

ABSTRACT

Shortage of water resources, development of drip irrigation (T-Tape) method in the arid and semi-arid regions, enhancement of Nano fertilizer application in agriculture, the effect of magnetic water on yield and water use efficiency for crops led to carry out a research for this purpose. Therefore, the present study investigates the possibility of increasing yield and water productivity of soybean crop using drip irrigation (T-Tape) with Ferro-iron fertilizer under magnetic and non-magnetic conditions in a complete randomized block design with three replications in the Kashmar city, East of Iran during 2016. Main treatments consisted of two types of magnetic (M_1) and non-magnetic water (M_2) and sub-treatments including four levels of Nano-iron fertilizer (0 or no fertilizer: N_1; 0.2:N_2; 0.4:N_3 and 0.6:N_4 g/liter per unit area). The results showed that the effect of Nano-iron fertilizer and magnetized water on grain yield, biomass and water use efficiency were significant at 5% level. Although, the interaction effect of magnetic water and nano-iron fertilizer was not significant on crop properties. Irrigation with magnetized water and Nano-iron fertilizer at 0.6 $glit^{-1}m^{-2}$ increased the grain yield (with the production of 3670 kg/ha) 25% as compared to the control treatment. The lowest grain yield was obtained in non-fertilizer and non-magnetic water treatment with the production of 2.565 kg/ha. The water use efficiency of soybean was varied from 0.49 to 0.71 kg/m^3, which were corresponded to M_2N_1 and M_1N_4 treatments, respectively.

Keywords: Magnetized water, Nano-Iron fertilizer, Soybean, T-Tape

❊ Correspondence Author's Email: abedinpour_meysam@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

اثر کود نانوآهن وآب مغناطیسی بر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب سویا در روش آبیاری قطره‌ای

میثم عابدین‌پور[۱،*]، ابراهیم روحانی[۲]

۱. استادیار گروه مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران

۲. مدرس و کارشناس آزمایشگاه، گروه مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران

(تاریخ دریافت: ۲۳/ ۱۰/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۱۴/ ۲/ ۱۳۹۷- تاریخ تصویب: ۲۰/ ۵/ ۱۳۹۷)

چکیده

کمبود منابع آب و گسترش استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای از نوع نوارهای تیپ در مناطق کم‌آب از یک طرف و روند توسعه کاربرد کودهای نانو در کشاورزی و بررسی اثر آب مغناطیس بر عملکرد و کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی از سوی دیگر منجر به پژوهشی بدین منظور گردید. از این رو تحقیق حاضر، امکان افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه سویا را با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) همراه با کود نانوآهن در شرایط آبیاری با آب مغناطیس و غیرمغناطیس بررسی می‌نماید. این طرح بصورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در قطعه زمینی به مساحت ۱۵۰متر مربع واقع در مرکز آموزش عالی کاشمر و در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام گردید. تیمارهای اصلی شامل دو نوع آب؛ مغناطیسی (M_1) و غیرمغناطیسی (M_2) و تیمارهای فرعی شامل چهار سطح کود نانوآهن با مقادیر (N_1:۰) بدون محلول پاشی، (N_2:۰/۲) ، (N_3:۰/۴) و (N_4:۰/۶) گرم در لیتر در واحد سطح بود. نتایج نشان داد که اثر کود نانوآهن و آب مغناطیسی بر عملکرد دانه، زی‌توده و کارآیی مصرف آب سویا در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اگرچه اثر متقابل آب مغناطیسی و کود نانوآهن بر صفات اندازه‌گیری شده غیر معنی‌دار بود. آبیاری با آب مغناطیس و محلول‌پاشی کود نانوآهن به میزان ۰/۶ $g/lit/m^2$ عملکرد دانه سویا را با تولید ۳/۶۷۰ تن در هکتار به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین کمترین میزان عملکرد دانه نیز در تیمار بدون کود نانوآهن و در شرایط بدون مغناطیس با تولید ۲/۵۶۵ تن در هکتار حاصل گردید. مقدار کارآیی مصرف آب در محدوده ۰/۷۱ تا ۰/۴۹ کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب در تیمارهای M_1N_4 و M_2N_1 متغیر بود.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، نانوآهن، سویا، آبیاری تیپ

مقدمه

فناوری نانو به عنوان یک تکنولوژی کاربردی در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و به عنوان یک فناوری بین رشته‌ای و پیشتاز، مشکلات و کمبودهای بسیاری را در عرصه-های علمی و صنعتی رفع و به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسانیده است. این فناوری کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فرآوری، نگهداری، بسته‌بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد (Scott and Chen, 2003). نانو کودها می‌توانند یک نوآوری بزرگ برای کشاورزی بشمار آیند. کاربرد نانو فناوری در زمینه کشاورزی پایدار، تولید محصولات کشاورزی را با کیفیت و کمیت مناسب بدون آسیب‌زدن به محیط زیست برای همیشه رقم زده و آن را به عنوان یکی از روش‌های نویدبخش برای افزایش قابل توجه تولید غذای مورد نیاز جمعیت جهان که به سرعت در حال رشد می‌باشد، معرفی کرده است. نگرانی‌های مربوط به کارآیی کم کودهای مرسوم (حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد)، مصرف بیش از اندازه، تخریب محیط زیست و منابع طبیعی، ضرورت کاربرد نانوفناوری برای تحقیقات و جایگزینی این کودها را آشکار می‌کند (DeRosa, *et al.*, 2010). در بین عناصر مختلف مورد نیاز گیاهان، آهن یکی از عناصر ضروری و مهم برای رشد گیاه است و نقش بسیار مهمی در فرآیند فتوسنتز ایفا می‌کند. آهن آنزیم-های مختلفی را فعال می‌کند و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز است (Peyvandi, *et al.*, 2011).

در تحقیقی اثر کود نانو اکسید آهن بر خصوصیات زراعی گیاه سویا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که با کاربرد کود نانو اکسید آهن به مقدار ۰/۵گرم بر لیتر، عملکرد دانه سویا ۴۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) افزایش یافت (Sheykhbaglou, *et al.*, 2010). نتایج تحقیقات (Sheykhbaglou, *et al.*, 2010) نشان داد که محلول‌پاشی با نانو اکسید آهن ۹۴ درصد از تغییرات مربوط به طول دانه سویا را توجیه می‌کند. بطوری که بیشترین طول دانه مربوط به تیمار

* نویسنده مسئول: abedinpour_meysam@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن بود که با سطوح دیگر نانو اکسید آهن و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. نتایج تاثیر نانو کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ریحان نشان داد که پارامترهای رشد در گیاهانی که در معرض تیمار کود آهن و نانو کود آهن بودند، نسبت به شاهد افزایش یافته است (Peyvandi *et al.*, 2011). Tosi *et al.*, (2013) در آزمایشی به بررسی اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و آب مغناطیسی بر میزان پروتئین و ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا در زمان‌های مختلف برداشت پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که محلول‌پاشی نانو کلات آهن و زمان برداشت دوم (زردشدن بیش از ۹۵ درصد غلاف‌ها) باعث افزایش کمیت و کیفیت محصول سویا می‌گردد. بنابراین، افزایش درصد کاربرد نانو ذرات آهن سبب افزایش سطح ویژه نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی و امکان برخورد بیشتر بین عناصر و نانو ذرات می‌شود و در نتیجه درصد کاهش عناصر قابل جذب افزایش می یابد (Emadi and Bahmanyar, 2017).

یکی از روش‌های مدیریتی برای افزایش جذب عناصر توسط گیاه و کارآیی مصرف آب استفاده از میدان مغناطیسی قبل از عبوردادن آب و نفوذ آب به خاک می‌باشد. بر اثر کاربرد آب مغناطیسی، برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب از جمله، هدایت الکتریکی، pH، حلالیت‌پذیری، پیوندهای هیدروژنی و چگالی تغییر کرده، بطوری که این تغییرات می‌تواند رشد گیاهان را نیز تحت تاثیر قرار دهد. هنگام عبور آب از یک میدان مغناطیسی باندهای هیدروژنی تغییر کرده یا از هم جدا می‌شوند و این جداشدن مستلزم جذب انرژی بوده که باعث کاهش میزان ارتباط باندهای آب و افزایش هدایت الکتریکی می‌شود که در نتیجه باعث حل شدن بلورهای نمک و شکستن آنها به کوچکترین جزء و سهولت نفوذ آنها به اعماق خاک و همچنین بافتهای گیاهی می‌شود. آزمایش‌های متعددی در خصوص اثرات آب مغناطیس بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف انجام شده است. در این راستا، Sadeghi (2009) دریافت که اثر آب مغناطیسی با شدت میدان‌های مغناطیسی۴، ۵ و ۶ هزارگوس برگیاهان کلزا و کتان باعث افزایش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمار شاهد (بدون مغناطیس) شد. Hozayn and Abdul Qados, (2010) گزارش کردند که میدان مغناطیسی خصوصیات زیادی از گیاه شامل جوانه‌زنی، سرعت رشد گیاهچه، سرعت رشد ریشه و عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در آزمایشی اثر همزمان آب مغناطیسی و مغناطیس کردن بذرها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند سبب افزایش ۱۳ درصدی جوانه‌زنی شود اما مغناطیسی کردن بذرها تاثیر معنی‌داری بر افزایش جوانه‌زنی نداشت (Ijaz *et al.*, 2012).

Maleki *et al.*, (2015) تاثیر میدان الکترومغناطیسی و امواج فراصوت را بر میزان جوانه‌زنی بذر زیره سبز مورد بررسی قرار دادند. آن ها دریافتند که اثر متقابل میدان الکترومغناطیسی و زمان بر درصد و سرعت جوانه زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت وزن و طول ریشه‌چه به ساقه‌چه معنی‌دار بود. Sadeghipour and Aghaei, (2014) اثر تنش خشکی و کاربرد آب مغناطیسی را بر عملکرد ماش مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی در هر دو شرایط عدم تنش و وجود تنش موجب افزایش صفات اندازه‌گیری شده گردید. در پژوهشی اثر کاربرد آب مغناطیسی بر روی جوانه‌زنی بذر ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی در مقایسه با آب غیر مغناطیسی جوانه‌زنی بذر ذرت را بهبود می‌بخشد (Mahmood and Usman, 2014). نتایج تحقیق Ghadami Firoozabady *et al.*, (2016) نشان داد که کاربرد آب مغناطیسی باعث افزایش ۱۰/۸۶ درصدی مقدار عملکرد دانه گیاه سویا در تیمارهای مختلف شوری شده است. همچنین بیشترین افزایش عملکرد گیاه در تیمار آب مغناطیسی در شوری ۰/۷ (dS/m) و کمترین آن در شرایط بدون مغناطیس و در شوری آب آبیاری ۱۰ (dS/m) حاصل شد. در تحقیقی اثر آب مغناطیسی بر روی شاخص‌های رشدی گیاه ذرت دانه‌ای تحت مقادیر مختلف شوری بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد استفاده از فناوری آب مغناطیسی باعث بهبود شاخص‌های رشد گیاه ذرت گردید (Abedinpour and Rohani, 2017). با توجه به مطالب فوق اهداف این تحقیق به شرح زیر می‌باشند.

۱- بررسی امکان افزایش عملکرد دانه، زی‌توده و کارآیی مصرف آب گیاه سویا تحت آبیاری با آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی در وضعیت اقلیمی کاشمر

۲- بررسی تاثیر کاربرد کود نانوآهن و اثر متقابل آن با آب مغناطیس بر افزایش عملکرد دانه، زی‌توده و کارآیی مصرف آب گیاه سویا

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل آزمایش

مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش عالی کاشمر در قسمت شمال شهرستان کاشمر با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۸ دقیقه و ۲۴/۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۶دقیقه و ۳ ثانیه شمالی واقع و ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد ۱۰۹۶ متر

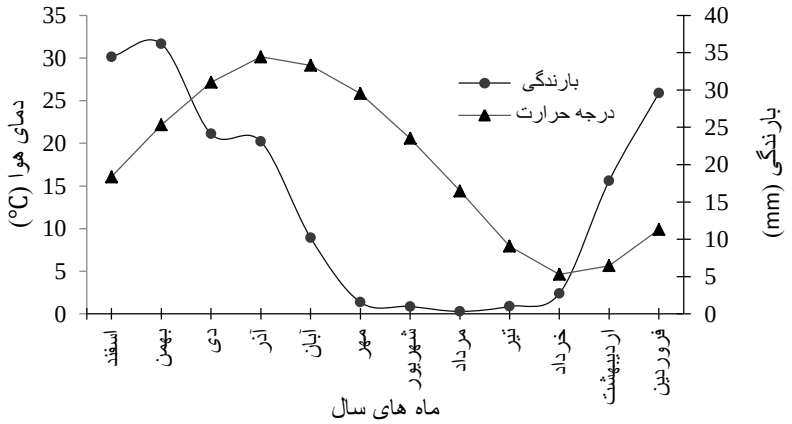
www.SID.ir

Archive of SID

است. مزرعه تحقیقاتی مرکز در حال حاضر با مساحت ۵۰۰۰ مترمربع در فاصله ۱کیلومتری از سایت مرکز و ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرستان واقع شده است. آزمایشگاه آب و خاک این مرکز در فاصله ۵۰۰ متری از مزرعه قرار دارد.

هواشناسی منطقه

بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن اقلیم منطقه خشک و نیمه خشک با متوسط بارندگی سالیانه ۲۱۰میلی‌متر، متوسط سالانه حداکثر درجه حرارت ۲۲/۵ و متوسط سالانه حداقل درجه حرارت ۱۱/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به نمودار آمبروترمیک منطقه (شکل ۱) از اواخر اردیبهشت ماه تا دی ماه جزء ماه‌های خشک شهرستان کاشمر محسوب می‌شود. بنابرین شهرستان کاشمر هشت ماه از سال کمبود بارش داشته و آب و هوایی خشک را تجربه می‌کند. جدول (۱) اطلاعات هواشناسی منطقه در طول دوره پژوهش (اردیبهشت تا مهر ۱۳۹۵) را نشان می دهد.



شکل ۱. منحنی آمبروترمیک شهرستان کاشمر (۱۳۶۸-۱۳۹۵)

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی منطقه در طول دوره پژوهش

ماه	متوسط دما (°C)	متوسط رطوبت نسبی (٪)	مجموع بارندگی (mm)
اردیبهشت	۲۳/۴	۲۹	۶/۶
خرداد	۲۶/۱	۲۷	۱/۹
تیر	۲۸/۸	۲۴	۰
مرداد	۳۰/۴	۲۳	۰
شهریور	۲۷/۷	۲۸	۰
مهر	۲۴/۴	۳۰	۳/۵

عملیات زراعی

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیس و سطوح مختلف کود نانوآهن به روش آبیاری قطره‌ای یا نواری تیپ بر عملکرد سویا در مرکز آموزش عالی کاشمر در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام شد. این آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با دو فاکتور نوع آب آبیاری به عنوان عامل اصلی و مقادیر مختلف کود نانوآهن به عنوان عامل فرعی در سه تکرار انجام شد. تیمار اصلی شامل دو سطح آب مغناطیسی M_1 و بدون مغناطیسی M_2 و مقادیر کود نانوآهن شامل چهار سطح ۰، ۲، ۴، ۶ گرم در لیتر در مترمربع بود. برخی ازخصوصیات شیمیایی، فیزیکی خاک و آب آبیاری مورد استفاده به ترتیب در جدول‌های (۲، ۳ و ۴) ارایه شده است.

قطعه زمین مورد مطالعه در ابتدای فروردین ماه شخم و تسطیح شد. قبل از کشت به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار به هر کرت کود NPK (نیتروژن-فسفر-پتاسیم) اضافه شد. سپس در پنجم اردیبهشت ماه بذر سویا رقم *DPX* در فواصل ۴۰ سانتی‌متری بین ردیف و ۲۰ سانتی‌متری روی ردیف‌ها در عمق ۳ سانتی متری کشت شد. تعداد سه ردیف کشت در یک نوار به طول ۸ متر و عرض ۱/۵ متر در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش (۰-۳۰) سانتی متر

هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته pH	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	میلی‌گرم در کیلوگرم (mg/kg) فسفر	پتاسیم
۱/۱۸	۷/۳۰	۰/۲۷	۰/۰۲	۱۱/۵	۲۶۵

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمایش

عمق خاک (Cm)	بافت خاک (درصد) رس	سیلت	شن	نوع بافت	درصد وزنی FC	رطوبت PWP	هدایت هیدرولیکی K_S (mm/hr)
۰-۲۰	۱۹	۶۰	۲۱	سیلتی لوم	۲۵/۰۹	۹/۴۶	۱۳/۰۷
۲۰-۴۰	۱۷	۶۲	۲۱	سیلتی لوم	۲۵/۲۶	۹/۵	۱۳/۱۵
۴۰-۶۰	۱۹	۵۹	۲۲	سیلتی لوم	۲۵/۳۱	۹/۶	۱۴/۰۷

نقطه پژمردگی دائم :PWP، ظرفیت زراعی خاک :FC

جدول ۴. برخی از خصوصیات آب آبیاری در شرایط مغناطیس (M_1) و غیر مغناطیس (M_2)

EC (ds/m)		pH		N (mg/lit)		P (mg/lit)		K (mg/lit)		Ca (mg/lit)		Mg (mg/lit)	
M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1	M_2	M_1
۰/۵۱	۰/۵۱	۷/۱	۶/۹	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۲/۱	۲/۱	۰/۸۴	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۷۸

روش آبیاری بصورت نوارهای قطره‌ای تیپ با فواصل روزنه‌ای ۲۰ سانتی‌متری با دبی هر روزنه به میزان ۱/۵ لیتر در ساعت طراحی و اجرا گردید. به ازای هر ردیف کشت یک نوار تیپ به طول ۸ متر در نظر گرفته شد. فشار مورد نیاز سیستم آبیاری توسط پمپ WKL 32/3 تامین شد. فشار مورد نیاز نوارها توسط شیرفلکه در محدوده ۱۰۰ کیلوپاسکال (۱ بار) تنظیم گردید، بطوری که با توجه به طول کوتاه نوارها افت فشار بسیار ناچیز در نوارها مشاهده گردید. مقدار آب ورودی در طول دوره‌ی رشد گیاه توسط کنتور حجمی و فشار توسط شیر فلکه فشارسنج قابل حمل کنترل گردید. مقدار آب آبیاری‌ها برای هر ردیف از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta i) \times D_{rz} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

بطوری که :

SMD : نقصان رطوبتی خاک، میلی متر

θ_{FC} : رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی، درصد

θ_i : درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری

D_{rz} : عمق ریشه گیاه، میلی‌متر

پایش رطوبت خاک قبل از هر آبیاری توسط دستگاه رطوبت سنج مدل PMS-714 که قبل از آزمایش با روش تعیین رطوبت وزنی خاک واسنجی گردید، صورت پذیرفت. برای تولید آب مغناطیسی از ۶ عدد آهنربای نئودمیوم- آهن-بورن با ابعاد ۱×۲×۴سانتی‌متر با قدرت ۱۵۰۰میلی‌تسلا که در پیرامون لوله‌ای فلزی به قطر ۳۲ میلی‌متر و در طول ۳۰ متر نصب شده بود استفاده شد.

کارآیی مصرف آب (WUE)

بنا به تعریف، نسبت عملکرد ماده خشک به مقدار آب مصرفی گیـاه را کارآیی یا بهره وری مصرف آب گویند. در واقع کارآیی مصرف آب نشان دهنده مقدار ماده خشک تولید شده به ازای کاربرد مقدار مشخصی از آب می باشد و از رابطه (۲) بدست می‌آید:

$$WUE = \frac{Y}{WU} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

بطوری که :

Y : عملکرد دانه، (Kg/ha)

WU :مقدار آب مصرفی توسط گیاه، (mm)

WUE : کارآیی مصرف آب، (Kg/mm/ha)

شاخص برداشت (HI)

شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی (دانه) به کل ماده خشک تولید شده (عملکرد بیولوژیک) می‌باشد و از رابطه (۳) تعیین می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

$$HI = \frac{Y}{Biomass}$$ (رابطه ۳)

که در آن:

Y: عملکرد دانه، (Kg/ha)

Biomass :عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)

عملیات داشت در طول دوره‌ی رشد گیاه شامل کوددهی و وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها انجام پذیرفت. مقادیر مختلف کود نانو با دوز مشخص پس از انحلال در آب به عنوان تیمار فرعی به وزن ۰/۲ ، ۰/۴، ۰/۶ گرم بر لیتر بصورت محلول‌پاشی در سراسر بوته‌ها انجام شد. پس از پایان فصل رشد در تاریخ ۹۵/۰۸/۵ ردیف وسط از هر کرت آزمایش و به مقدار ۲۵ بوته برداشت و برای اندازه‌گیری وزن زی‌توده و دانه سویا به آزمایشگاه منتقل گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون دانکن استفاده انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و زی‌توده‌ی سویا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نانوآهن و مغناطیس بر عملکرد دانه، زی‌توده و کارآیی مصرف آب سویا در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). حداکثر عملکرد دانه و زی‌توده سویا در تیمار آب مغناطیس و کود نانوآهن ۰/۶ گرم بر لیتر به ترتیب به مقدار۳۶۷۰ و ۸۴۹۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. کمترین عملکرد دانه و زی‌توده در تیمار بدون مغناطیس و بدون کود نانو به ترتیب ۲۵۶۵ و ۶۰۷۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. همچنین بیشترین کارآیی مصرف آب سویا به مقدار ۷/۰۶ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلیمتر عمق آب آبیاری و در تیمار آب مغناطیس و محلول پاشی ۰/۶ گرم در لیتر در واحد سطح بدست آمد.

جدول ۵. مقایسه میانگین مربعات و سطح معنی‌دار بودن عملکرد دانه، زی‌توده و کارایی مصرف آب سویا در تیمارهای آزمایشی

منبع	درجه آزادی	میانگین مربعات		
	df	عملکرد	زی‌توده	کارآیی مصرف آب
تکرار	۲	^{ns}۵۰۸۱۴۶/۵	^{ns}۷۱۵۳۷۶/۳۷۵	^{ns}۱/۸۵
کود نانو(N)	۳	*۸۸۶۱۴۱/۷۰۸	*۳۵۶۸۷۷۷/۳۷۵	*۳/۳۶۲
خطای N	۶	۴۲۶۴۰/۰۴۲	۷۶۳۲۰/۱۲۵	۰/۴۲۸
مغناطیس (M)	۱	*۴۲۶۴۰۰/۰۴۲	*۲۱۶۴۲۰۲/۰۴۲	^{ns}۱/۶۴۹
خطای M	۱۲	۶۴۷۹۵/۱۷۸	۸۴۵۲۵/۰۲۱	۰/۵۶۴
N*M	۳	^{ns}۳۹۸۴۱۵/۲۳	*۴۱۸۵۷۲۷/۶۲	^{ns}۱/۶۷
ضریب تغییرات (CV) %		۷/۳۴	۳/۸۹	۲/۵۷

**، *و ^{ns} به ترتیب نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

حداکثر و حداقل ارتفاع بوته‌ها نیز به ترتیب در اثر متقابل ($M_1\times N_4$) و ($M_2\times N_1$) به میزان ۹۱/۳ و۵۹/۴ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۶). در تیمار آب مغناطیس نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش مقدار کود نانوآهن از صفر (N_1) به ۰/۲ (N_2) گرم در لیتر، مقدار عملکرد دانه سویا به میزان ۱۳/۳درصد افزایش یافت در حالی که این مقدار در تیمار آب غیر مغناطیس ۸/۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد. افزایش عملکرد دانه سویا به میزان ۶/۴ درصد در تیمار آب مغناطیس نسبت به غیرمغناطیس و بدون محلول‌پاشی حاصل گردید.

همچنین افزایش عملکرد دانه سویا به میزان ۱۲/۳ درصد در تیمار آب مغناطیس نسبت به آب غیر مغناطیس در محلول-پاشی کود نانوآهن به میزان ۰/۲ گرم در لیتر در متر مربع حاصل گردید که این مقدار افزایش در تیمار آب مغناطیس نسبت به غیر مغناطیس و محلول‌پاشی کود نانوآهن به میزان ۰/۴ و ۰/۶ گرم در لیتر در متر مربع به ترتیب ۸/۷ و ۸/۲۵ درصد بود. Ghadami Firozabady, *et al.*, (2016) اثر آب مغناطیس در شرایط کم آبیاری و شوری را بر عملکرد دانه، زی-توده گیاه سویا رقم DPX مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مقدار عملکرد دانه، زی‌توده و درصد روغن و پروتئین سویا در تیمار آب مغناطیس شده بیشتر از آب غیر مغناطیسی است. بطوری که اثر آب مغناطیس به طور متوسط باعث افزایش ۱۰/۷۷ درصد در عملکرد دانه و افزایش ۱۱/۳۱ درصد زی‌توده نسبت به آب غیر مغناطیس شده است. همچنین Tosi, *et al.*, (2013) اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، کود نیتروژن خالص (۵ در هزار اوره)، کمپوست زباله شهری، کود حیوانی کادوستیم، آمینول فورته و آبیاری با آب مغناطیسی را در زمان‌های مختلف بر عملکرد دانه و پروتئین سویا بررسی نمودند. بیشترین عملکرد دانه و پروتئین سویا در تحقیق آن‌ها

www.SID.ir

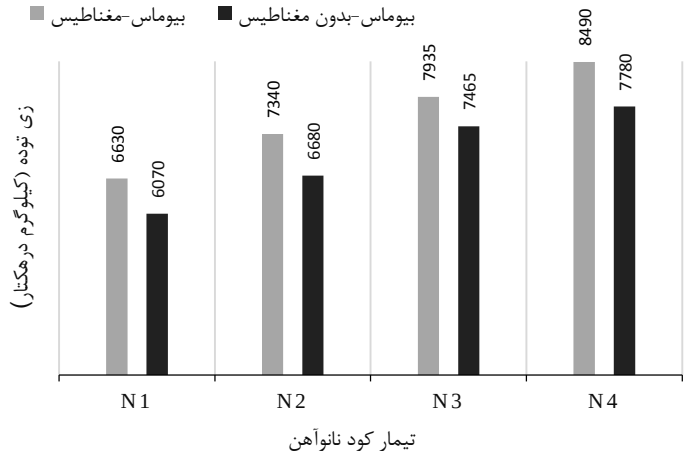
Archive of SID

مربوط به تیمار محلول‌پاشی با کود نانو کلات آهن به میزان ۳۵۰۴ و ۱۲۰۴ کیلوگرم در هکتار بود. به طور کلی می‌توان علت افزایش عملکرد دانه در شرایط آب مغناطیسی را کاهش کشش سطحی آب و افزایش حلالیت آب به سبب شکسته‌شدن پیوندهای کوالانسی و هیدروژنی بین مولکول‌های آب دانست که نتیجه آن جذب بهتر آب توسط گیاه و حل شدن املاح معدنی بیشتر در آب می‌باشد.

جدول ۶. میانگین مقادیر عملکرد دانه، زی‌توده، ارتفاع بوته و کارآیی مصرف آب گیاه سویا تحت اعمال تیمارهای مختلف

تیمار آب	تیمار کود نانوآهن ($g/lit/m^2$)	عملکرد دانه (Kg/ha)	زی توده (Kg/ha)	ارتفاع گیاه (Cm)	کارآیی مصرف آب Kg/mm/ha)(
آب مغناطیسی (M_1)	۰N_1:	۲۷۳۰	۶۶۳۰	۶۴/۸	۵/۲۵
	۰/۲N_2:	۳۱۵۰	۷۳۴۰	۷۶/۸	۶/۰۶
	۰/۴N_3:	۳۴۳۵	۷۹۳۵	۸۸/۲	۶/۶۰
	۰/۶N_4:	۳۶۷۰	۸۴۹۰	۹۱/۳	۷/۰۶
آب غیرمغناطیسی (M_2)	۰N_1:	۲۵۶۵	۶۰۷۰	۵۹/۴	۴/۸۹
	۰/۲N_2:	۲۸۰۵	۶۶۸۰	۶۷/۵	۵/۴۰
	۰/۴N_3:	۳۱۶۰	۷۴۶۵	۸۳/۲	۶/۰۸
	۰/۶N_4:	۳۳۹۰	۷۷۸۰	۸۷/۲	۶/۵۱

شکل (۲) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار کود نانوآهن از صفر (N_1) به ۰/۲(N_2) گرم در لیتر در تیمار آب مغناطیس عملکرد زی‌توده سویا به میزان ۱۰/۷۱ درصد و در تیمار آب غیر مغناطیسی ۱۰ درصد افزایش یافت. افزایش عملکرد زی‌توده سویا به میزان ۹/۲۳ درصد در تیمار آب مغناطیس نسبت به آب غیر مغناطیس و بدون محلول پاشی حاصل گردید. همچنین افزایش عملکرد زی‌توده به میزان ۹/۹ درصد در تیمار آب مغناطیس نسبت به آب غیر مغناطیس در محلول‌پاشی کود نانوآهن به میزان ۰/۲ گرم در لیتر در متر مربع حاصل گردید که این مقدار افزایش در تیمار آب مغناطیس نسبت به آب غیر مغناطیس و محلول‌پاشی کود نانوآهن به میزان ۰/۴ و ۰/۶ گرم در لیتر در متر مربع به ترتیب ۶/۳ و ۹/۱۳ درصد بود (شکل ۲).



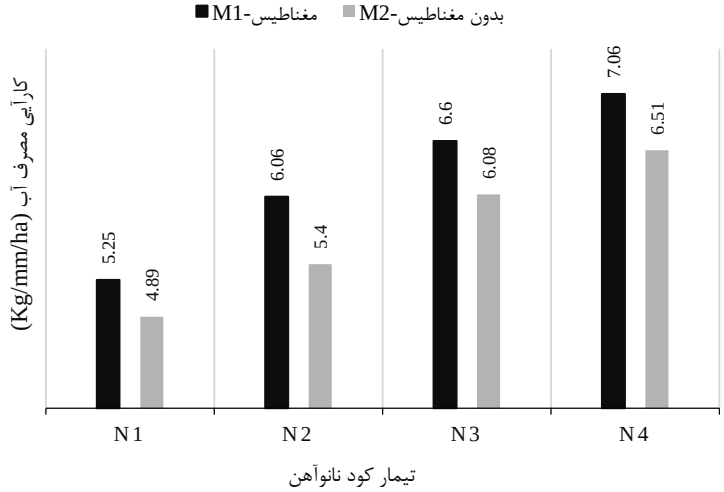
شکل ۲. مقادیر عملکرد دانه و زی‌توده سویا در تیمارهای مختلف کود نانوآهن در شرایط مغناطیس و بدون مغناطیس

با توجه به اینکه آهن یکی از عناصر مهم در واکنش‌های اکسایش - احیاء در گیاهان می‌باشد و باعث افزایش مستقیم رشد و جذب از طریق افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ می‌شود، استفاده از نانو کود کلات آهن موجب افزایش رشد اندام هوایی و متعاقب آن افزایش عملکرد وزن خشک اندام هوایی می‌گردد (Gardner *et al.*, 2011). می‌توان اظهار داشت که استفاده از این ترکیبات ضمن فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد رویشی و تولید زی‌توده را

www.SID.ir

Archive of SID

نیز فراهم آورده است. Amaliotis *et al.*, (2002) گزارش کردند که یک رابطه خطی معنی دار بین غلظت آهن و عملکرد گیاه وجود دارد. به طوری که در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن‌گیری و در نتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می شود. محلول‌پاشی نانو کلات آهن با در دسترس قراردادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به علت کمک به افزایش رشد رویشی، ظرفیت فتوسنتزی، توسعه پوشش گیاهی و افزایش فرایند جذب، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه شد (Monica and Cremonini, 2009). غلاف‌ها از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه‌ها بوده و از طرف دیگر تامین‌کننده مواد فتوسنتزی موردنیاز دانه‌ها و تعیین‌کننده وزن آن‌ها هستند. این افزایش موجب افزایش تعداد دانه در غلاف‌ها شد. همچنین به علت تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی، وزن دانه‌ها نیز افزایش یافت. نتایج این تحقیق با گزارش Tosi *et al.*, (2013) بر روی گیاه سویا که نشان دادند محلول‌پاشی نانو کلات آهن بیشترین عملکرد دانه سویا را به میزان ۴۰۶۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها (کمپوست، کود حیوانی، کود شیمیایی نیتروژن خالص و آب مغناطیس) به خود اختصاص داد، مطابقت دارد. همچنین گزارش‌هایی در خصوص افزایش عملکرد گیاهان مختلف در اثر مصرف نانو کودها ارائه شده است (Feizi *et al.*, 2010; Moaveni and Kheiri, 2011).

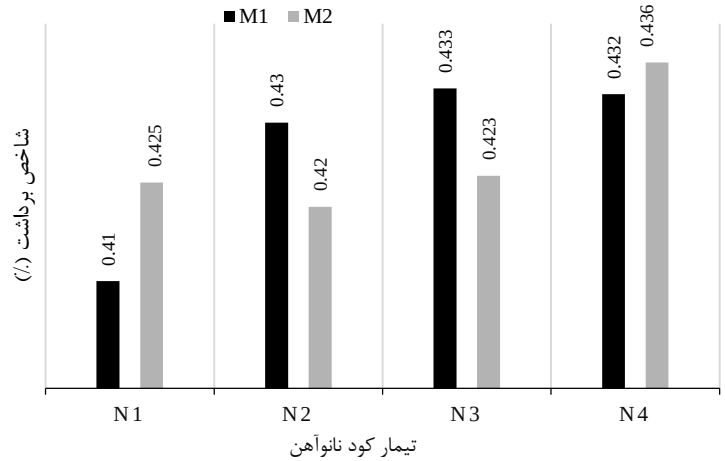


شکل ۳. شاخص برداشت سویا در تیمارهای مختلف کود نانوآهن در شرایط مغناطیس و بدون مغناطیس

شکل (۳) روند صعودی میزان کارآیی مصرف آب سویا را با افزایش مقدار کود نانوآهن نشان می‌دهد. بطوری که با افزایش مقدار کود نانوآهن از صفر (N_1) به ۰/۲ (N_2) گرم در لیتر در تیمار آب مغناطیس، میزان کارآیی مصرف آب سویا به میزان ۱۳/۴درصد افزایش یافت. در حالی که این مقدار در تیمار آب غیر مغناطیس، افزایش ۹/۴ درصد را نشان می‌دهد. همچنین با افزایش مقدار کود نانوآهن از ۰/۲ (N_2) به ۰/۴ (N_3) گرم در لیتر در تیمار آب مغناطیس و بدون مغناطیس، کارآیی مصرف آب به ترتیب ۸/۲ و ۱۱/۲درصد افزایش یافت. با ادامه روند افزایش مقدار کود نانوآهن از ۰/۴ (N_2) به ۰/۶ (N_3) گرم در لیتر، مقدار افزایش کارآیی مصرف آب به میزان ۶/۵ و ۶/۶ درصد به ترتیب در شرایط مغناطیس و بدون مغناطیس حاصل شد. حداکثر کارآیی مصرف آب سویا در تیمار۰/۶ (N_3) گرم در لیتر کود نانوآهن و در شرایط مغناطیس بدست آمد. همچنین حداقل میزان کارآیی مصرف آب سویا در تیمار بدون کود نانوآهن (N_1) و در شرایط بدون مغناطیس حاصل شد. میزان کارآیی مصرف آب در تیمار کود نانوآهن صفر (N_1) در شرایط مغناطیس نسبت به آب بدون مغناطیس، ۶/۸ درصد افزایش را نشان می‌دهد. با توجه به تعریف کارآیی مصرف آب (رابطه ۲) با افزایش عملکرد دانه که بر اثر استفاده از کود نانوآهن در شرایط آبیاری با آب مغناطیس حاصل گردید، صورت کسر رابطه افزایش یافته که منجر به افزایش کارآیی مصرف آب گردید. در تحقیقی کاربرد کود نانو آهن و دور آبیاری هفت روز در گیاه شوید، باعث ایجاد شرایط مطلوب برای افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب گردید (Gholinezhad, 2018). همچنین با توجه به شکل (۴) شاخص برداشت سویا جز در تیمار N_1 در مابقی تیمارهای کود نانوآهن در شرایط مغناطیس نسبت به غیر مغناطیس افزایش داشت، اما این مقدار افزایش ناچیز بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. شاخص برداشت سویا در تیمارهای مختلف کود نانوآهن در شرایط مغناطیس و بدون مغناطیس

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده، کاربرد آب مغناطیس و کود نانو باعث افزایش عملکرد دانه سویا، بیوماس و کارآیی مصرف آب گردید. بطوریکه بیش‌ترین میزان عملکرد دانه، زی‌توده و کارآیی مصرف آب در تیمار M_1N_4 به ترتیب به میزان ۳۶۷۰ و ۸۴۹۰ کیلوگرم در هکتار و ۷/۰۶ کیلوگرم در هکتار به ازای مصرف هر میلیمتر آب حاصل گردید. کم‌ترین میزان عملکرد زی‌توده و دانه در تیمار M_2N_1 به ترتیب به میزان ۲۵۶۵ و ۶۰۹۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد آب مغناطیسی در تمامی تیمارهای کود نانوآهن به طور متوسط به ترتیب باعث افزایش ۸/۲ و ۷/۹ درصدی عملکرد دانه و زی‌توده، نسبت به شرایط غیرمغناطیس گردید. بنابراین مصرف کود نانوآهن و آب مغناطیسی می‌تواند به عنوان دو عامل تاثیرگذار بر افزایش عملکرد سویا مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

REFERENCES

Abedinpour, M. and Rohani, E. (2017). Effects of magnetized water application on soil and maize growth indices under different amounts of salt in the water. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7 (3), 319-325. DOI: 10.2166/wrd.2016.216.

Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S. and Karapetsas, N. (2002). Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Horticulture*, 567, 447 - 450.

DeRosa, M.C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R. and Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*, 5(2), 91. doi:10.1038/nnano.2010.2.

Emadi, M. and Bahmanyar, M.A. (2017). Effect of Zero Capacity Nano-Iron on Reducing the Absorbable Intake of Some Heavy Elements in Three Soils with Different Characteristics. Iran *Journal of Soil and Water Research*, 48(4), 799-809. (In Farsi)

Feizi, H., Berahmand, A., Rezvani Moghaddam, P., fotovvat, A. and Tahmasbi, N. (2010). Application Magnetic Field and Silver Nano Particles in growth and yield of maize. National Conference on Nano Science & Nano Technology, Payam noor University of Yazd. P: 1694-1697. (In Farsi)

Gardner, F.P., Piers, R. and Michelle, L. (2011). *Physiology of crop plants*. Translation: Koocheki A, and Sarmadnia Gh. 16th ed. Mashhad SID Press. 2011, 400 pages.

Ghadami Firoozabadi, A., Khoshravesh, M., Shirazi, P. and Zare Abyaneh., H. (2016). Effect of irrigation with magnetized water on seed yield and soybean yield of DPX cultivar in deficit irrigation and salinity. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30(1), 131-143. (In Farsi)

Gholinezhad, E. (2018). The effect of irrigation regime and iron nano-squat on yield, grain yield components and water use efficiency. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(4), 93-105.

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.

Ijaz, B., Ahmad Jatoi, Sh., Ahmad, D., Shahid, M. and Siddiqui, S.U. (2012). Changes in germination behavior of wheat seeds exposed to magnetic field and magnetically structured water. *African J. of Biotechnology*, 11(15), 3575-3582.

Mahmood, S. and Usman, M. (2014). Consequences of Magnetized Water Application on Maize Seed

www.SID.ir

Archive of SID

Emergence in Sand Culture. *J. Agr. Sci. Technology*, 16, 47-55.

Maleki Farahani, S., Rezazadeh, A.R. and Aghighishahroodi, M. (2015). Effect of Electromagnetic Fields and Ultrasound on Seed Germination of Cumin (Cuminum cyminum L.). *Iranian Journal of Cotton Research*, 2(1), 109-118. (In Farsi)

Monica, R.C. and Cremonini, R. (2009). Nanoparticles and higher plants. *Caryologia*, 62(2), 161-165.

Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M. (2011). Comparison of the effect of iron nano-chelate with iron chelate on growth parameters and basal antioxidant enzymes activity. *Journal of Advances Cellular-Molecular Biotechnology*, 1(4), 89-98. (In Farsi)

Sadeghi, H. (2009). Design, construction and evaluation of a magnetic water supply unit for agricultural use. M.Sc dissertation, Tehran University, Tehran. (In Farsi)

Sadeghipour, O. and Aghaei, P. (2014). Investigation the effect of drought stress and magnetized water on yield and yield components of mung bean. *J. of Agricultural Res.,* 6(1), 79-87. (In Farsi)

Scott, N. and Chen, H. (2003). Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems, A Report Submitted to Cooperative State Research, Education, and Extension Service the USDA. National Planning Workshop November 18-19, (2002) Washington, DC. Cornell University.

Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbakhsh, H., Shishevan, M. and Sharif, R.S. (2010). Effects of Nano-Iron Oxide Particles on Agronomic Traits of Soybean. *Not Sci. Biology,* 2(2), 112-113.

Tosi, P., Tajbakhsh, M. and Isfehani, M. (2013). The effect of spraying iron nanoclusters, amino acid products and magnetic water on the amount of protein and composition of soy fatty acids (Glycine max) at different harvesting times. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 16(2), 125-136. (In Farsi)

www.SID.ir