نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دوازدهم، شماره ۳(۴۷)، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۴۴۴-۴۲۷

اثر محلول‌پاشی آهن بر رشد، میزان گره‌زایی و عملکرد کمّی و کیفی نخود (*Cicer arietinum*) در همدان

جواد حمزه‌ئی[۱]، سید محسن سیدی[۲]، افشار آزادبخت[۳*] و ایوب فصاحت[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۵/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۴

چکیده

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۰ اجرا شد. هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی اثر محلول‌پاشی آهن بر رشد، میزان گره‌زایی و عملکرد کمّی و کیفی نخود زراعی در شرایط آب و هوایی همدان بود. طرح آزمایشی مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار (T_1: شاهد (عدم محلول‌پاشی)، T_2: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود در مرحله گلدهی، T_3: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مرحله گلدهی، T_4: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود در مرحله غلاف‌دهی، T_5: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مرحله غلاف‌دهی، T_6: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی، T_7: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی) بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، اثر تیمارهای آزمایشی بر اکثر صفات معنی‌دار بودند. کمترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکردهای دانه و بیولوژیک و تعداد و وزن خشک گره در ریشه و نیز میزان آهن و درصد پروتئین دانه در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمدند. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۳۲۹ گرم در متر مربع)، عملکرد دانه (۱۵۲ گرم در متر مربع) درصد پروتئین دانه (۲۷/۸۵ درصد) نیز در تیمار محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کلات آهن در مراحل گلدهی + غلاف‌دهی مشاهده شدند. بنابراین، محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کلات آهن در مراحل گلدهی+ غلاف‌دهی، توانست بیشترین میزان گره‌زایی در ریشه، شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه را تولید نماید.

واژگان کلیدی: نخود زراعی، محلول‌پاشی، نانو کلات آهن، عملکرد دانه، دیم.

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲- دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳- دکترای علوم علف‌های هرز، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴- دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
* نگارنده‌ی مسئول Afsharazadbakht@uma.ac.ir

مقدمه

نخود معمولی یا زراعی یکی از سه لگوم مهم در آسیای غربی و آفریقای شمالی است. این گیاه در بیش از ۶۰ کشور و در تمام قاره‌های جهان به‌جز مناطق قطبی کشت و کار می‌شود (Parsa and Bagheri, 2013; Mirzaei *et al*., 2017). بر اساس اطلاعات آمار نامه‌های وزارت جهاد کشاورزی، محصول نخود در سال ۹۴-۱۳۹۳ با سهم تولیدی حدود ۶۵ درصدی در بین حبوبات رتبهٔ اول را دارا می‌باشد. کشت نخود در اکثر نقاط ایران به استثنای سواحل دریای خزر رواج دارد(Parsa and Bagheri, 2013).

این گیاه جهت رشد مطلوب خود نیاز به مواد غذایی ضروری و نیز ریزمغذی‌ها به‌خصوص آهن، روی و منگنز دارد. کمبود این عناصر در خاک عملکردهای کمّی و کیفی دانه نخود را کاهش می‌دهد (Parsa and Bagheri, 2013). آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد تمام گیاهان می‌باشد. در صورت کمبود آن، مقدار کلروفیل در سلول‌های برگی کاهش یافته و رنگ پریده به‌نظر می‌آیند. ماده غذایی آهن، یکی از مواد غذایی کم مصرف است که وجود آن به اندازه کافی برای رشد گیاهان زراعی و باغی لازم است و در تشکیل کلروفیل گیاهان زراعی و باغی نقش ارزنده‌ای دارد (Briat *et al*., 2007).

این عنصر به اشکال مختلف کانی در خاک وجود دارد. آهن به‌صورت دو ظرفیتی جذب می‌گردد. آهن در ساختار هموپروتئین‌ها شرکت می‌کند و در سنتز کلروفیل نقش مهمی دارد. دسترسی مطلوب گیاه به آهن منجر به افزایش چشم‌گیر فتوسنتز و در نتیجه بهبود تولید بیوماس می‌گردد (Briat *et al*., 2007).

علایم کمبود آهن به‌دلیل غیر متحرک بودن این عنصر ابتدا در برگ‌های جوان و در قسمت‌های بالایی گیاه مشاهده می‌شود و با شدت یافتن کمبود، تمامی برگ‌های گیاه را در بر می‌گیرد (Whiting *et al*., 2014). میزان حساسیت نسبت به کمبود آهن در گیاهان مختلف متفاوت است، به‌عنوان نمونه غلات، سیب زمینی و چغندرقند نسبت به کمبود آهن حساسیت کمتری نشان داده در حالی‌که حبوبات، دانه‌های روغنی، مرکبات، انگور و درختان میوه مانند سیب، هلو، به و گلابی نسبت به کمبود آهن حساس هستند (Majnoun Hosseini, 2008).

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد. این ترکیبات نانویی به سرعت و به‌صورت کامل جذب گیاه شده و به‌خوبی نیازها و کمبودهای غذایی آن را مرتفع می‌سازد. از آنجا که دسترسی مطلوب به عنصر آهن باعث افزایش چشم‌گیر فتوسنتز می‌گردد در نتیجه این عمل رشد گیاه بهبود می‌یابد (Salem and El-Gizawy, 2012; Bahrani and Pourreza, 2014; Eleyan *et al*., 2014; Bahrani, 2015; Khaghani, 2015). تأثیر مثبت نانو کود کلات آلی آهن بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زراعی برنج گزارش شده است (Baghaie *et al*., 2012). محلول‌پاشی با نانو کود کلات آلی آهن موجب افزایش عملکرد و میزان آهن در قسمت‌های مختلف سویا و سورگوم می‌شود (Schenkeveld *et al*., 2010; Jokar and Ronaghi, 2015). بررسی تأثیر کاربرد نانو کود آهن در مقایسه با فرم معمول آن بر عملکرد کمّی و کیفی زعفران زراعی نشان داد که بیشترین عملکرد تر و خشک کلاله، وزن برگ و میزان

کلروفیل برگ در تیمار مصرف نانو کود آهن حاصل می‌گردد (Maleki Farahani and Aghighi Shahverdi, 2015). افزایش عملکرد زیستی با مصرف عناصر ریزمغذی از جمله آهن علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش ماده خشک در بوته ذرت اشاره نمود (Sharafi *et al.*, 2000). مصرف کود آهن موجب افزایش معنی‌داری در شاخه‌دهی و عملکرد دانه نخود می‌گردد (Bahari *et al.*, 2006). محلول پاشی بوته‌های نخود با نانو کود آهن موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و تعداد و وزن خشک گره می‌شود (Hamzei *et al.*, 2014). در پژوهشی گزارش شد بالاترین تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک نخود از محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه نخود در تیمار محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن مشاهده شد (Mir *et al.*, 2016).

آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن با غلظت‌های مختلف در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی بر میزان گره‌زایی، رشد، عملکرد دانه و اجزای عملکرد و میزان آهن و پروتئین دانه نخود تحت شرایط دیم در همدان به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم اجرا گردید. محل اجرای آزمایش در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی و ۱۶۹۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. تیمارهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل هفت تیمار (T_1: شاهد (عدم محلول‌پاشی)، T_2: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانوکود در مرحله گلدهی، T_3: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مرحله گلدهی، T_4: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود در مرحله غلاف‌دهی، T_5: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مرحله غلاف‌دهی، T_6: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی، T_7: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی) بودند. نتایج آزمون تجزیه خاک، بافت خاک محل اجرای آزمایش را شنی رسی (درصد رس: ۲۴، درصد سیلت: ۲۵، درصد شن: ۵۱) نشان داد. سایر خصوصیات خاک و نیز خصوصیات آب و هوایی محل اجرای آزمایش به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است.

زمین محل اجرای آزمایش سال قبل زیر آیش بود. عملیات آماده‌سازی زمین در پاییز سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام گرفت و سپس در تاریخ ۲۰ اسفند این دو سال بذور نخود به‌صورت دستی و در ردیف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۵ سانتی‌متر و با تراکم نهایی ۴۰ بوته در متر مربع کشت شد. بنابر توصیه کودی آزمایشگاه آب و خاک، تنها ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره و به‌صورت پایه به خاک اضافه شد.

واحدهای آزمایشی بر حسب نیاز بر علیه علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها مورد کنترل قرار گرفتند. در طول اجرای آزمایش آبیاری واحدهای آزمایشی صورت نگرفت و شرایط رشدی گیاهان

به صورت دیم بود. نانو کود آلی کلاته آهن با بنیان EDDHA[1] قیاس می‌شود و امکان مصرف خاکی و برگی را ایجاد کرده و به‌علت پایداری مناسب و توان آزادسازی کنترلی، پایه کودی مطمئنی برای رهایش آهن می‌باشد.

همچنین، نانو کود کلات آهن دارای کمپلکس منحصر به فردی می‌باشد و این نانو کمپلکس دارای ۹٪ آهن محلول درآب در بازه ۳< pH < ۱۱ می‌باشد (Baghaie *et al*., 2012). برای اعمال تیمارهای آزمایش نانو کود کلاته آهن از شرکت صدور احرار شرق تهیه شد و به‌میزان ۲ و ۴ گرم در لیتر در مراحل مختلف رشد و بر اساس تیمارهای آزمایشی محلول‌پاشی شد. بر اساس اندازه‌گیری AFM[2] نمونه نانو کود آهن استفاده شده ساخت شرکت DME در مجتمع دانشگاهی برق الکترونیک دانشگاه صنعتی مالک اشتر بود. برداشت بوته‌ها در اواسط تیر سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ صورت پذیرفت.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ریشه‌های ۱۰ بوته نخود از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و با دقت کافی از خاک خارج شدند و بعد از انتقال به آزمایشگاه تعداد کل گره‌های ریشه و وزن خشک گره‌ها اندازه گیری شدند. همچنین، در این مرحله از رشد، صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای تعیین عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک نخود، پس از حذف اثرات حاشیه ۳ متر مربع از هر کرت برداشت شد. مراحل جداسازی کاه و دانه با دست انجام شد و پس از آن با توزین دقیق عملکرد دانه محاسبه گردید. عملکرد دانه با ۱۴ درصد رطوبت محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری محتوای آهن دانه نخود از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای و روش رایان و همکاران (Rayan *et al*., 2007) استفاده شد. اساس این تکنیک، استفاده از دستگاه جذب برای ارزیابی غلظت آنالیت در نمونه است و برای اندازه‌گیری فلزات استفاده می‌شود. بدین صورت که ابتدا خاکستر مواد گیاهی تهیه شد. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم دانه، کاملاً ساییده شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شده و سپس به‌مدت ۲ ساعت روی اجاق برقی دارای ترموستات با حرارت ملایم قرار گرفت و پس از خارج شدن کامل بخار اسیدی، محلول بی‌رنگی به‌دست آمد که حجم آن را با آب دیونیزه به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و محلول حاصل که دایجست[3] نامیده می‌شود، چند بار با استفاده از کاغذ صافی، صاف گردید.

درصد پروتئین دانه‌ها توسط روش کجلدال که در شیمی تجزیه برای اندازه‌گیری کمّی نیتروژن در مواد مختلف به کار می‌رود، سنجیده شد. در این تکنیک سه مرحله هضم ماده غذایی، تقطیر و تیتراسیون وجود دارد و نیتروژن پروتئینی کل سنجیده شد (Magomya *et al*., 2014).

کلیه محاسبات آماری، تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ver 9.1) انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

۱-Ethylene Diamine Diortho Hydroxypenyl Acetic acid

۲-Atomic Force Microscopy

۳-Digest

نتایج و بحث

ارتفاع و تعداد شاخه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که اثر سال و تیمارهای آزمایشی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته را تحت‌تأثیر قرار نداد (جدول ۳). با توجه به اعمال تیمارهای آزمایشی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی نانو کود آهن باعث اثر معنی‌داری بر این دو صفت نشده است. احتمالاً دلیل این امر کاهش رشد رویشی بعد از مرحله گلدهی نخود باشد (Parsa and Bagheri, 2013).

تعداد غلاف در بوته

در مورد صفت تعداد غلاف در بوته نیز مشخص گردید که هر چند اثر سال بر این صفت معنی‌دار نشد ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از این بود که تعداد غلاف در بوته در تیمار T_7 (محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در مرحله گل‌دهی + غلاف‌دهی) نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت (جدول ۴). در این تیمار محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود کلاته آهن در دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی موجب دسترسی بهتر به مواد غذایی شده و به طور معنی‌داری افزایش تعداد غلاف در بوته را در پی داشته است. با این وجود، تیمارهای T_6 و T_7 در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). برخی پژوهشگران اظهار داشتند که مصرف نانو کود کلات آهن در مرحله گلدهی تأثیر مثبتی بر صفات کمّی و کیفی لوبیا چیتی دارد (Mahmoudi *et al.*, 2005). همچنین، این محققین کاربرد نانو کود در دو مرحله گلدهی و غلاف دهی را بهترین تیمار گزارش کردند (Mahmoudi *et al.*, 2005). نصرالله زاده و قرانزاده (Nasrollahzadeh and Gorbannezhad, 2014) در مطالعه روی اثر کودهای زیستی و معدنی فسفره همراه با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد لوبیا چیتی اعلام کردند که تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین میزان این صفات در حالت استفاده از محلول‌پاشی ۲ و ۴ گرم در لیتر نانو کود آهن مشاهده شد و این دو تیمار از نظر عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند.

تعداد دانه در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که اثر سال بر این ویژگی معنی‌دار نبود اما، اثر محلول‌پاشی بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه تیمارهای مورد بررسی نشان داد که تیمار مصرف نانو کود با غلظت چهار گرم در لیتر در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی از نظر تعداد دانه در بوته در بالاترین سطح و تیمار شاهد (T_1) در پایین‌ترین سطح قرار گرفت (جدول ۴). احتمالاً محلول‌پاشی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی موجب افزایش و همچنین حفظ تعداد گل و در نتیجه تعداد دانه در بوته شده و از این رو تأثیر مثبتی بر این ویژگی داشته است (Bahari *et al.*, 2006).

تاکاشی و همکاران (Takashi *et al.*, 2009) به این نتیجه رسیدند که افزایش تعداد غلاف در بوته و تشکیل دانه بیشتر سویا در نتیجه‌ی تأثیر آهن بر تشدید گلدهی به خصوص در اوایل آن می‌باشد. در مطالعه‌ای روی گیاه نخود زراعی مشخص شد که محلول‌پاشی بوته‌های نخود با نانو کود آهن سبب افزایش صفات تعداد غلاف در بوته

و تعداد دانه در بوته می‌گردد (Hamzei *et al.*, 2014).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر سال بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد ولی، اثر تیمار در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین تیمارها مشخص گردید که وزن هزار دانه در تیمار T_7 (محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی) بیشتر از سایر تیمارها است و در مقایسه با تیمار شاهد (T_1)، حدود ۲۱ درصد وزن هزار دانه را افزایش داد (جدول ۴). یافته‌هایی مبنی بر افزایش وزن هزار دانه گندم در اثر محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز، نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند (Pahlavan Rad *et al.*, 2008).

با این حال تیمار محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی با تیمارهای محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و محلول‌پاشی ۲ و ۴ گرم در لیتر نانو کود در مرحله غلاف‌دهی تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی در مرحله غلاف‌دهی از طریق افزایش دسترسی مواد مغذی نانو کلاته آهن و احتمالاً افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها، وزن دانه را افزایش داده است (Pahlavan Rad *et al.*, 2008). به‌منظور ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها بر عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه، آزمایشی توسط شعبان‌زاده و همکاران (Shabanzadeh *et al.*, 2012) انجام شد، در این آزمایش محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی شامل شاهد (عدم محلول‌پاشی) و مخلوط سه عنصر روی، بر و آهن به‌ترتیب با غلظت ۲، ۳ و ۴ گرم در لیتر انتخاب شدند. وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی قرار گرفتند. بیشترین میزان این ویژگی‌ها از کاربرد محلول‌پاشی مخلوط عناصر ریزمغذی به‌دست آمد.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک نخود در سطح احتمال یک درصد تحت‌تأثیر تیمار محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۳) به‌طوری‌که با مصرف نانو کود کلات آهن عملکرد بیولوژیک افزایش یافت (شکل ۱). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۲۹ گرم بر متر مربع) در تیمار T_7 (محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی) به‌دست آمد که با سایر تیمارها (به استثناء تیمار T_6) نیز اختلاف معنی‌دار داشت. عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی چهار گرم در لیتر نانو کود در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی در مقایسه با تیمار شاهد، حدود ۴۵ درصد افزایش یافت. همان‌طوری که قبلاً نیز ذکر شد، احتمالاً محلول‌پاشی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی از طریق افزایش رشد و همچنین تعداد دانه در بوته، موجب تشکیل ماده خشک بیشتری گردیده است. در مطالعه احسان الله و همکاران (Ehsanullah *et al.*, 2012) روی اثرات مصرف عناصر ریز مغذی بر ذرت اظهار شد در بین چهار تیمار عدم مصرف، مصرف خاکی در زمان کاشت، مصرف محلول‌پاشی در فاز رویشی و مصرف محلول‌پاشی در فاز گلدهی تیمار محلول-پاشی در فاز گلدهی بیشترین عملکرد بیولوژیک را به‌دست آورد. همچنین، مشخص شد که محلول-پاشی گیاهان با عنصر آهن منجر به افزایش زیست‌توده می‌گردد.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر سال بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد

ولی اثر محلول‌پاشی آهن بر عملکرد دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۵۲ گرم در متر مربع) مربوط به محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی (T_7) و کمترین مقدار (۷۰ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار شاهد (T_1) بود (شکل ۱). عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی چهار گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی در مقایسه با تیمار شاهد، حدود ۵۲ درصد افزایش یافت. این امر نشان می‌دهد که فراهم کردن شرایط برای جذب عنصر آهن توسط محلول‌پاشی نانو کود، اثر معنی‌دار و مثبتی دارد و می‌تواند علاوه بر افزایش رشد و نمو گیاه، عملکرد دانه نخود را نیز افزایش دهد به‌عبارت دیگر در تیمار T_7 استفاده از محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در دو مرحله‌ی گلدهی و غلاف‌دهی، موجب افزایش دسترسی به‌عناصر غذایی ریز مغذی (کم مصرف) به‌خصوص آهن شده و از طریق افزایش اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن دانه)، عملکرد دانه را افزایش داده است.

با توجه به اینکه اجزای عملکرد دانه نخود در اثر محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی افزایش یافت لذا می‌توان دلیل افزایش عملکرد دانه را افزایش اجزای مذکور ذکر کرد. از طرف دیگر در اثر افزایش فتوسنتز به‌دلیل کاربرد ریزمغذی‌ها از جمله آهن که نقش قابل توجهی در فتوسنتز دارد؛ مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و به‌سمت دانه‌ها که مهم‌ترین مقصد فیزیولوژیکی در گیاه به شمار می‌روند سرازیر شده است و این عاملی در افزایش عملکرد دانه بوده است. نتایج این آزمایش با یافته‌های سایر پژوهشگران هماهنگ است (Lashani, 2006; Zayed *et al.*, 2011). در واقع، به‌دلیل اینکه آهن در سنتز کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز نقش حیاتی دارد، بنابراین طبیعی است که با محلول‌پاشی نانو کلات آهن در مرحله گلدهی به موجب افزایش میزان آهن در برگ، میزان کلروفیل برگ نیز افزایش یافته و در نتیجه‌ی آن فعالیت فتوسنتزی و سهم فتوآسیمیلات اختصاص یافته به ریشه‌ها بیشتر شده و در نهایت تعداد و وزن گره در ریشه افزایش یافته است (Goos and Johnson, 2000).

بایبوردی (Bybordi, 2007) در مطالعه خود و به‌منظور بررسی تأثیر تغذیه برگی عنصر آهن بر صفات کمّی و کیفی دو رقم پیاز قرمز ری و سفید قم آزمایشی با عنصر آهن در سه سطح (صفر، پنج و ده گرم در لیتر) و دو رقم پیاز سفید قم و قرمز ری به اجرا در آورد. بیشترین عملکرد هر دو رقم پیاز از محلول‌پاشی آهن با غلظت پنج گرم در لیتر به‌دست آمد. همچنین، بیشترین درصد مواد جامد محلول کل در صورت محلول‌پاشی آهن با غلظت پنج در هزار حاصل شد.

حیدریان و همکاران (Heidarian *et al.*, 2011) در مطالعه خود بر اثر محلول‌پاشی عناصر روی و آهن بر گیاه سویا به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی این عناصر منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد سویا از قبیل تعداد و وزن دانه این گیاه می‌گردد. در مطالعه‌ای روی گیاه نخود زراعی اظهار شد محلول‌پاشی بوته‌های نخود با نانو کود آهن سبب افزایش صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکردهای دانه و بیولوژیک و تعداد و وزن خشک گره شد (Hamzei *et al.*, 2014).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که اثر تیمار محلول‌پاشی بر شاخص برداشت نخود معنی‌دار نبود (جدول ۳). احتمالاً اثر پذیری صفت شاخص برداشت از ژنتیک گیاه باعث شده است که اثر تیمار محلول‌پاشی بر این ویژگی معنی‌دار نشود (Majnoun Hosseini, 2008).

تعداد و وزن خشک گره در ریشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر سال بر این ویژگی‌های معنی‌دار نبود ولی اثر تیمار بر صفات تعداد و وزن خشک گره در ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نیز مؤید این بود که بیشترین میزان این ویژگی‌ها (به‌ترتیب ۳۹ گره و ۷۰ گرم) در تیمار محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کود در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و کمترین مقدار (به ترتیب ۲۰ گره و ۲۲ گرم) در تیمار شاهد (T_1) به‌دست آمد. همچنین، بین تیمارهای T_7 و T_6 به لحاظ آماری تفاوتی وجود نداشت (شکل ۲). به نظر می‌رسد وجود باکتری‌های همزیست در ریشه نخود در این تیمارها شرایط را برای افزایش تعداد گره در ریشه نخود فراهم کرده است. در این بررسی تیمار شاهد تفاوت کمی با تیمار محلول‌پاشی نانو کود در مرحله غلاف‌دهی داشتند. می‌توان اظهار نمود که در مرحله غلاف‌دهی به دلیل اتمام تشکیل و ساخته شدن گره‌ها، محلول‌پاشی نانو کود آهن تأثیری بر تعداد گره-های ریشه نخود نداشته است و در نتیجه تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد. آرانجولو و همکاران (Aranjuelo *et al*., 2009) و مورالو و همکاران (Merlo *et al*., 2014) اظهار داشتند که تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در ریشه یونجه با فراهمی عناصر غذایی از جمله نیتروژن و آهن افزایش می‌یابد. گزارش شده است که عنصر آهن در ساختار آنزیم‌های کلیدی مانند نیتروژناز، نیتریت و نیترات ردوکتاز و لگ هموگلوبین نقش اساسی دارد. افزون بر این، نتایج مطالعات مؤید این است که در صورت کمبود آهن میزان گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه و رشد آنها به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Slatni *et al*., 2008).

میزان آهن دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سال بر میزان آهن دانه معنی‌دار نشد ولی اثر محلول‌پاشی این عنصر بر این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان آهن دانه (به‌ترتیب ۷/۰۱ و ۳/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و شاهد (بدون محلول‌پاشی) مشاهده شد (جدول ۶). تیمار محلول‌پاشی چهار گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی حدود ۴۴ درصد میزان آهن دانه را افزایش داد. البته تیمار محلول‌پاشی چهار گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی دو گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی نداشت. از آنجا که کمبود آهن، همواره موجب از بین رفتن کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست می‌شود (Ahmadi and Jabbari, 2009)، دسترسی مطلوب به این عنصر باعث افزایش چشمگیر فتوسنتز و در نتیجه بهبود رشد می‌گردد (Salem and Elgizawy, 2012). محققین بسیاری بر نقش مثبت این عنصر در افزایش رشد گیاهان مختلف اشاره کرده‌اند (Hamzei *et al*., 2014; Roosta and

Mohsenian, 2012; Habib, 2009; Chohura *et al*., 2007; Komosa *et al*., 2002). همچنین، پژوهشگران پس از بررسی و مقایسه انواع کلات‌ها گزارش نمودند تیمار گیاه سویا با کلات آهن، آهن کل را تا ۵۰ درصد افزایش داد (Schenkeveld *et al*., 2010). افزایش آهن اندام هوایی سورگوم نیز با کاربرد نانو کود کلات آهن گزارش شده است (Jokar and Ronaghi, 2015).

درصد پروتئین دانه

اثر سال بر صفت درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود (جدول ۵). ولی اثر محلول‌پاشی نانو کود آهن بر این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). کمترین میزان درصد پروتئین دانه (۲۴/۱۷ درصد) به تیمار عدم محلول‌پاشی آهن تعلق گرفت. همچنین، بیشترین درصد این ویژگی (۲۷/۸۵ درصد) در تیمار محلول‌پاشی چهار گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی مشاهده شد (جدول ۶). هر چند این تیمار با تیمار محلول‌پاشی دو گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۶). تیمار برتر (محلول‌پاشی چهار گرم در لیتر آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی) نسبت به تیمار شاهد، درصد پروتئین نخود را در حدود ۱۳ درصد افزایش داد. با توجه به تأثیر مثبت عنصر آهن بر سنتز کلروفیل و افزایش ماده‌سازی در گیاهان زراعی و نیز حضور این عنصر در برخی ترکیبات شیمیایی گیاهان از جمله اسیدهای آمینه، میزان پروتئین دانه نخود هم در این مطالعه افزایش داشت که این موضوع منطبق با یافته‌های دیگر محققین در نخود و گوجه فرنگی می‌باشد (Hamzei *et al*., 2014; Chohura *et al*., 2007). به‌دلیل اینکه آهن در سنتز کلروفیل نقش دارد طبیعی است که با محلول‌پاشی نانو کلات آهن در مراحل رشد گیاه به‌دلیل افزایش میزان کلروفیل برگ، پروتئین دانه نیز افزایش یابد (Goos and Johnson, 2000). در نهایت افزایش درصد پروتئین دانه نخود و نیز افزایش عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد پروتئین شد.

زید و همکاران (Zayed *et al*., 2011) در پژوهش‌های خود به نقش مؤثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌خصوص آهن در رشد و عملکرد برنج اشاره نموده‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عملکرد گیاه زراعی نخود با محلول‌پاشی نانو کود آهن در مراحل مختلف رشدی مانند گلدهی و غلاف‌دهی از لحاظ کمّی و کیفی نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی افزایش معنی‌داری یافت. با توجه به نتایج آزمایش حاضر مشخص شد که بیشترین مقدار صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، بیولوژیک و تعداد و وزن خشک گره در ریشه و نیز میزان آهن و درصد پروتئین دانه نخود در تیمار محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کلات آهن در مراحل گلدهی + غلاف‌دهی به دست آمد. بنابراین، محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانو کلات آهن در مراحل گلدهی + غلاف‌دهی، توانست بیشترین شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه را تولید کند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the site soil of experiment

بافت خاک Soil texture	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen (%)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable Phosphorus (ppm)
شنی رسی sand clay	1.03	0.291	7.21	0.13	313	23.2

جدول ۲- خصوصیات آب و هوایی محل آزمایش در طول فصل رشد

Table 2- Climatic characteristics of the experimental site during the growing season

	اسفند March		فروردین April		اردیبهشت May		خرداد June		تیر July	
پارامتر Parameter	90	91	91	92	91	92	91	92	91	92
دمای کمینه Minimum temperature (°c)	1	2	5	5	11	11	14	15	15	15
دمای بیشینه Maximum temperature (°c)	15	15	22	21	27	26	31	32	35	36
بارندگی کل Total rainfall (mm)	47	44	56	58	71	75	10	15	0	0

جدول ۳- میانگین مربعات اثر تیمار آزمایشی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی

Table 3- Mean squared effect of experimental treatments on growth characteristics, yield and yield components of chickpea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds
سال Year	1	0.20 ns	0.72 ns	0.18 ns	6.15 ns	141.16 ns
تکرار × سال Replication × year	4	0.14 ns	0.57 ns	0.14 ns	5.14 ns	105.14 ns
تیمار Treatment	6	13.71 ns	0.85 ns	28.42 *	51.71 **	1174.00 *
سال × تیمار Year × treatment	6	9.55 ns	0.63 ns	11.82 ns	13.09 ns	485.33 ns
خطای آزمایشی Error	24	12.80	0.57	7.80	7.47	343.66
ضریب تغییرات(%) C.V		10.24	16.53	16.30	14.17	10.08

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

ns, * and **, unnatural, meaningful at the probability level of five and one percent respectively.

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS) عملکرد بیولوژیک Biological function	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد گره در بوته Number of nodes per plant	وزن خشک گره Dry weight of the nodes
سال Year	1	344.03ns	236.45ns	3.21ns	66.58ns	1.93ns
تکرار × سال Replication × year	4	247.28ns	148.78**	2.98ns	61.90ns	1.57ns
تیمار Treatment	6	8666.85**	2269.00**	46.37ns	971.42**	150.85**
سال × تیمار Year × treatment	6	608.29ns	412.88ns	41.54ns	131.76ns	28.42ns
خطای آزمایشی Error	24	471.28	313.95	37.52	95.23	19.57
ضریب تغییرات C.V (%)		18.17	15.02	13.89	19.33	15.03

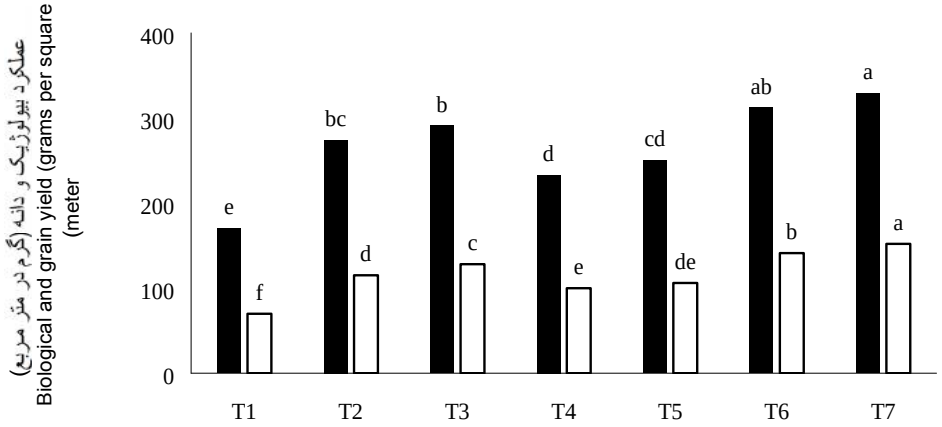
ns * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **, unnatural, meaningful at the probability level of five and one percent respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمار آزمایشی بر اجزای عملکرد نخود زراعی

Table 4- Average comparison of the effect of experimental treatments on yield components of chickpea

تیمار محلول‌پاشی Spray treatment	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds
بدون محلول‌پاشی Without spraying	12.12^{d}	12.95^{d}	230.17^{c}
۲ گرم در لیتر- گلدهی 2 grams per liter - flowering	18.32^{bc}	20.81^{bc}	250.45^{bc}
۴ گرم در لیتر –گلدهی 4 grams per liter	18.50^{bc}	21.44^{bc}	251.66^{bc}
۲ گرم در لیتر- غلاف‌دهی 2 grams per liter - podding	15.55^{cd}	17.26^{c}	263.89^{ab}
۴ گرم در لیتر- غلاف‌دهی 4 grams per liter - podding	16.29^{bcd}	18.50^{bc}	270.90^{ab}
۲ گرم در لیتر- گلدهی+ غلاف‌دهی 2 grams per liter - flowering + podding	20.02^{ab}	22.83^{ab}	277.63^{ab}
۴ گرم در لیتر- گلدهی+ غلاف‌دهی 4 grams per liter - flowering + podding	21.00^{a}	25.53^{a}	290.11^{a}

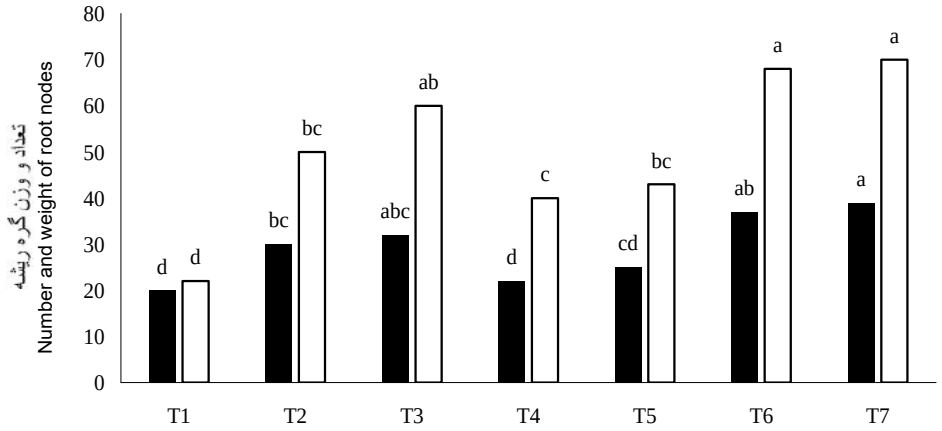


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمار آزمایشی بر عملکرد بیولوژیک و دانه نخود زراعی

Figure 1- Mean comparison of the effect of experimental treatments on biological yield and chickpea seed

T_1: عدم محلول‌پاشی، T_2: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود آهن در گلدهی، T_3: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در گلدهی، T_4: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر در غلاف‌دهی، T_5: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در غلاف‌دهی، T_6: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر در گلدهی و غلاف‌دهی، T_7: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در گلدهی و غلاف‌دهی

T_1: No spraying, T_2: Spraying 2 grams per liter (Iron nano-fertilizer) at flowering stage, T_3: Spraying 4 grams per liter at flowering stage, T_4: Spraying 2 grams per liter at podding stage, T5: Spraying 4 grams per liter at podding stage, T_6: Spraying 2 grams per liter at flowering + podding stages T_7: Spraying 4 grams per liter at flowering + podding stages.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار آزمایشی بر تعداد و وزن گره ریشه نخود زراعی

Figure 2- Mean comparison of the effect of experimental treatment on the number and weight of chickpea root node

T_1: عدم محلول‌پاشی، T_2: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانو کود آهن در گلدهی، T_3: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در گلدهی، T_4: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر در غلاف‌دهی، T_5: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در غلاف‌دهی، T_6: محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر در گلدهی و غلاف‌دهی، T_7: محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر در گلدهی و غلاف‌دهی

T_1: No spraying, T_2: Spraying 2 grams per liter (Iron nano-fertilizer) at flowering stage, T_3: Spraying 4 grams per liter, T_4: Spraying 2 grams per liter at podding stage, T_5: Spraying 4 grams per liter at podding stage, T6: Spraying 2 grams per liter at - flowering + podding stages T_7: Spraying 4 grams per liter at flowering + podding stages.

جدول ۵- میانگین مربعات اثر محلول‌پاشی بر میزان آهن دانه و درصد پروتئین نخود زراعی

Table 5- Mean of square effect of spraying on seed iron and protein content of chickpea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میزان آهن دانه Amount of grain iron	درصد پروتئین دانه Protein content of grain
سال Year	1	0.86ns	1.28ns
تکرار در سال Repetition in the year	4	1.66	8.05
محلول‌پاشی Spraying	6	7.03**	39.40**
سال × محلول‌پاشی Year × Spraying	6	1.50ns	6.81ns
خطای آزمایشی Error	24	1.39	4.95
C.V (%)	**ضریب تغییرات**	10.70	11.99

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

ns, * and **, unnatural, meaningful at the probability level of five and one percent respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر میزان آهن دانه و درصد پروتئین نخود زراعی

Table 6- Average comparison of the spraying effect on the amount of iron and protein content of chickpea

تیمار محلول‌پاشی Spray treatment	آهن دانه Iron content of grain ($mg.kg^{-1}$)	پروتئین دانه Protein content of grain (%)
بدون محلول‌پاشی Non spraying	3.90d	24.17c
۲ گرم در لیتر- گلدهی 2 grams per liter - flowering	5.18c	25.42bc
۴ گرم در لیتر –گلدهی 4 grams per liter- flowering	6.10b	28.79bc
۲ گرم در لیتر- غلاف‌دهی 2 grams per liter - podding	5.22bc	25.90bc
۴ گرم در لیتر- غلاف‌دهی 4 grams per liter - podding	5.98bc	26.47bc
۲ گرم در لیتر- گلدهی+ غلاف‌دهی 2 grams per liter - flowering + podding	6.51ab	27.65ab
۴ گرم در لیتر- گلدهی+ غلاف‌دهی 4 grams per liter - flowering + podding	7.01a	27.85a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Averages with at least one same letter have not statistically difference

References منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A, and F. Jabbari. 2009. Introduction to plant physiology. Tehran University Press. First Volume. pp. 163-158.
- Aranjuelo, I., J. Jose Irigoyen., S. Nogues., and A. Sanchez-Díaz. 2009. Elevated CO_2 and water-availability effect on gas exchange and nodule development in N_2-fixing alfalfa plants. *Environmental and Experimental Botany*. 65: 18–26
- Baghaie, N., N. Keshavarz, and M.H. Nazaran, 2012. Effect of Nano Iron chelate fertilizer on yield and yield components of rice, Hashemi cultivar. 12th Iranian Crop Sciences Congress. Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran. 1-5. (In Persian).
- Bahari, M., R. Pahlavani., N. Akbari., and P. Ehsanzadeh. 2006. Growth and productivity of dryland chickpea under varying levels of Fe and Cu in Aligoodarz-Azna region, Lorestan. *Journal of Agriculture and Natural Resource*. 12(5): 190-201. (In Persian).
- Bahrani, A. 2015. Effect of some micro and macro nutrients on seed yield and oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Chemical Environmental and Biological Science*. 3(1): 71-74.
- Bahrani, A.M, and A. Pourreza. 2014. Effects of micronutrients on seed yield and oil content of *Brassica napus* L. c.v. Talaeh. *Botany*. 43(2): 231-233.
- Briat, J.F., C. Curie, and F. Gaymard. 2007. Iron utilization and metabolism in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 10: 276-282.
- Bybordi, A. 2007. Effect of foliar application of iron and zinc on yield and quality of white Qom and red Ray onion varieties grown in Khosrowshahr regions. *Journal of Pajouhesh and Saz*andeghi. 74: 153-160. (In Persian).
- Chohura, P., E. Kołota, and A. Komosa. 2007. The effect of different source of iron on nutritional value of greenhouse tomato fruit grown in peat substrate. *Vegetable Crops Research Bulletin*. 67: 55-61.
- Ehsanullah, Tariq A., M.A. Randhawa, S.A. Anjum, and M. Nadeem. 2012. Exploring the role of zinc in maize (*Zea Mays* L.) through soil and foliar application. *Universal Journal of Agricultural Reserch*. 3(3): 69-75.
- Eleyan, S.E.D., A.A. Abodahab, A.M. Abdallah, and H.A. Rabeh. 2014. Effect of foliar application of manganese and iron on growth characters, yield and fiber properties of some Egyptian cotton cultivars (*Gossypium barbadense* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 7: 1283-1292.
- Goos, R.J, and B.E. Johnson. 2000. A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Agronomy Journal*. 92: 1135-1139.
- Habib, M. 2009. Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. *African Journal of Biotechnology*. 8 (24): 6795-6798.
- Hamzei, J., S. Najjari, F. Sadeghi, and M. Seyedi. 2014. Effect of foliar application of nano-iron chelate and inoculation with mesorhizobium bacteria on root nodulation, growth and yield of chickpea under rainfed conditions. *Iranian Journal of Pulses Reserch*. 5(2): 9-18. (In Persian).
- Heidarian A.R., H. Kord, K. Mostafavi, A. Parviz Lak, and F. Amini Mashhadi. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean

(*Glycine max* (L.) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development.* 3(9): 189 -197.

- Jokar, L., and A. Ronaghi. 2015. Effect of foliar application of different Fe levels and sources on growth and concentration of some nutrients in sorghum. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 6(2): 163-173.
- Khaghani, S. 2015. The Effects of Micro Elements of Iron and Zinc on Morphological Characteristics of Mycorrhized Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 10(2): 339-352.
- Komosa, A., E. Kołota, and P. Chohura. 2002. Usefulness of iron chelates for fertilization of greenhouse tomato cultivated in rockwool. *Vegetable Crop Research Bulltein*. 55: 35-40.
- Lashani, H. 2006. Effect of systems farming- nutrinional on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) cultivar SC704 in climatic Khorramabad. Ms.C. Thesis. Faculty of Agriculture, Lorestan University. 109 p.
- Magomya, A.M., D. Kubmarawa, J.A. Ndahi, and G.G. Yebpella. 2014. Determination of plant proteins via the Kjeldahl method and amino acid analysis: A comparative study. *International Journal of Science Technology Research*. 3(4): 68-72.
- Mahmoudi, H., R. Ksouri, and M. Lachaal. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). *Journal of Plant Physiology*. 162: 1237- 1254.
- Majnoun Hosseini, N. 2008. Agronomy and production of legume. Jihad Daneshgahi Press. Tehran, Iran. (In Persian).
- Maleki Farahani, S., and M. Aghighi Shahverdi. 2015. Evaluation the effect of nono-iron fertilizer in compare to iron chelate fertilizer on qualitative and quantitative yield of saffron. *Crops Improvement*. 17(1): 155-168. (In Persian).
- Merlo, C., L. Reynab, A. Abrila, M. Valeria Ameb, and S. Genti-Raimondi. 2014. Environmental factors associated with heterotrophic nitrogen-fixing bacteria in water, sediment, and riparian soil of Suquía River. *Limnologica - Ecology Management Inland Water*. 48: 71–79.
- Mir, Y., M. Danshvar, F. Nazaryan, and H. Khosravi. 2016. Effect of foliar application of nano iron chelate on yield and growth traits of rainfed chickpea cultivars. *Journal of Plant Ecophysiology*. 24: 183-195. (In Persian).
- Mirzaei, A., R, Naseri., S.M. Torab Miri., A. Soleymani Fard, and A. Fathi. 2017. Reaspose of Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars to the Application of Plant Growth Promoting RhizohBacteria and Nitrogen Chemical Fertilizer under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*. 11(4): 775-790.
- Nasrollahzadeh Asl, A., and H. Gorbannezhad. 2014. Effect of biological and mineral phosphorus fertilizers together with microelement sprayings on yield and component of yield in pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 8(4): 451-464. (In Persian).
- Pahlavan Rad, M.R., G. Keykha, and M.R. Naroui Rad. 2008. Effects of application of Zn, Fe and Mn on yield, yield component, nutrient concentration and uptake in wheat grain. *Pajouhesh and Sazandegi*. 79: 142-150. (In Persian).

- Parsa, M., and A. Bagheri. 2013. Legumes. Mashhad Jahad Daneshgahi Press. 524 p. (In Persian).
- Rajabi, A., P. Ehsanzadeh, and J. Razmjoo. 2017. Partial relief of drought-stressed fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in response to foliar-applied zinc. *Pedosphere*. Accepted Manuscript. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60438-7.
- Rayan, J.R., G. Estefan, and A. Rashid. 2007. Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA.
- Roosta, H.R., and Y. Mohsenian. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. *Scientia Horticulture*. 146: 182–191.
- Salahi, B., E. Hadavi, and S.M. Samar. 2017. Foliar iron sulphate-organic acids sprays improve the performance of oriental plane tree in calcareous soil better than soil treatments. *Urban Forestry and Urban Greening*. 21: 175–182.
- Salem, H.M., and N.K.B. El-Gizawy. 2012. Importance of micronutrients and its application methods for improving maize yield grown in clayey soil. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science.* 12 (7): 954-959.
- Schenkeveld, W.D., A.M. Reichwein, M.H. Bugter, E.J. Temminghoff, and W.H. van Riemsdijk. 2010. Performance of soil-applied Fe-EDDHA isomers in delivering Fe to soybean plants in relation to the moment of application. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 58:12833–12839.
- Shabanzadeh, S.H., M. Ramroudi, and M. Galavi. 2012. Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black cumin in different irrigation regimes. *Journal of Crop Production and Proceedings*. 1(2): 79-89. (In Persian).
- Sharafi, S., M. Tajbakhsh, A. Majidi, A. Poormirza, and M.J. Malakooti. 2000. Evaluation effect of Fe and Zn on yield, protein and nutrition balance at two corn cultivar. *Water and Soil*. 12(11):85-94. (In Persian).
- Slatni, T., A. Krouma, A. Samir, C.H. Chiffi, H. Gouia, and C. Abdelly. 2008. Growth, nitrogen fixation ammonium assimilation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to iron deficiency. *Journal of Plant Soil*. 312: 49-57.
- Takashi, S.H., M. Eitaro, and H. Kyoko. 2009. The effect of Fe injection on flowering without Fe-deficiency symptom. The Proceeding of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, Department of Plant Science, UC Davis.
- Whiting, D., A. Card, C. Wilson, and J. Reeder. 2014. Iron chlorosis: Iron additves. Colorado State University. 223-7.
- Zayed, B.A., A.K.M. Salem, and H.M. Sharkawy. 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Science*. 7:179-184.

Effect of Foliar Application of Iron on Growth, Nodulation and Quantity and Quality of Yield of Chickpea (*Cicer arietinum*) in Hamedan

Javad Hamzei[1], Mohsen Seyedi [2], Afshar Azadbakht[*3], and Ayob Fesahat[4]

Received: January 2018 , Revised: 23 July 2018, Accepted: 26 September 2018

Abstract

This research was carried out at the Research Farm, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University for two growing seasons (2011-2012). The aim of research was to evaluate the effect of foliar application of iron on growth, nodulation and quantity and quality of chickpea yield in Hamedan. A randomized complete block design with three replications and seven treatments were used (T_1: control; non-foliar application, T_2: foliar application of 2 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at flowering stage, T_3: foliar application of 4 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at flowering stage, T_4: foliar application of 2 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at podding stage, T_5: foliar application of 4 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at podding stage, T_6: foliar application of 2 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at flowering and podding stages and T_7: foliar application of 4 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at flowering and podding stages). The effect of treatments on the most traits was significant. Based on means comparisons, lower values for traits like number of pods per plant, number of grain per plant, 1000-seed weight, biological and seed yields, number and dry weight of root nodules and iron content of seed and protein percent were obtained from control (non-foliar application) and foliar application 4 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at flowering and podding stages treatments. The highest biological yield (329 $g.m^{-2}$), seed yield (152 $g.m^{-2}$) protein percent (27.85%) were obtained from treatment of foliar application of 4 $g.L^{-1}$ of nano fertilizer at flowering and podding stages. Therefore, foliar application of 4 $g.L^{-1}$ of nano-iron chelate in both flowering and podding stages produced the highest root nodulation, agronomic indices and seed yield.

Key words: Chickpea, Foliar application, Seed yield, Nano-iron chelate.

1- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2- Ph.D. Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3- Ph.D. Weed Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4- Ph.D. Crop Ecology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
* *Corresponding Author: Afsharazadbakht@uma.ac.ir*