دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال هشتم، شماره بیست و هشت، ۱۳۹۶

اثر غلظت و زمان کاربرد نانو اکسید آهن بر کیفیت و عملکرد غده سیب‌زمینی

علی برقی[۱]، عبدالقیوم قلیپوری[۲]، احمد توبه[۳]، سودابه جهانبخش[۲]، شهزاد جماعتی ثمرین[٤]

تاریخ دریافت: ۹٤/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹٤/۰۷/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تجمع نیترات و تغییرات عملکرد غده و پروتئین با مصرف غلظت‌های نانو اکسید آهن در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۱، در اردبیل انجام شد. فاکتور اول کود نانواکسید آهن در سطوح ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد و اکسید آهن معمولی در سطح دو درصد و فاکتور دوم مراحل محلول‌پاشی (رشد رویشی، شروع غده‌بندی و پرشدن غده) بود. نتایج نشان داد که با کاربرد نانو اکسید آهن میزان نیترات غده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین نیترات نسبت به شاهد در برهمکنش محلول‌پاشی غلظت‌های ۱/۵ و ۲ درصد نانواکسید آهن در مرحله پرشدن غده به دست آمد. بیشترین شاخص سبزینگی برگ و وزن متوسط غده با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد در اثر برهمکنش محلول‌پاشی غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲ درصد و بیشترین درصد پروتئین غده با غلظت‌های ۱/۵ و ۲ درصد نانواکسید آهن در زمان پرشدن غده به دست آمد. غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲ درصد نانو اکسید آهن و همچنین محلول‌پاشی در زمان پر شدن غده با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها بیشترین عملکرد غده را به خود اختصاص دادند. همچنین کاربرد اکسید آهن معمولی نیز عملکرد غده سیب‌زمینی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد ولی با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد نانواکسید آهن در گروه مشترک قرار گرفت. به‌طور کلی از نظر تمام صفات مورد اندازه‌گیری، غلظت ۲ درصد نانواکسید آهن با محلول‌پاشی در زمان پرشدن غده بهترین نتیجه را داشت و برای کاربرد توسط زارعین توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آهن، سبزینگی، محلول‌پاشی، نانوکود، نیترات

برقی، ع.، ع. قلیپوری، ا. توبه، س. جهانبخش و ش. جماعتی ثمرین. ۱۳۹٦. اثر غلظت و زمان کاربرد نانو اکسید آهن بر کیفیت و عملکرد غده سیب‌زمینی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ۱۵۵-۱٤۵.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: alibarghi67@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

٤- دانشجوی دکترا، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

مقدمه

سیب‌زمینی گیاهی یک‌ساله با نام علمی *Solanumtubersum*L. از تیره گوجه‌فرنگی (*Solanaceae*) و اتوتتراپلوئید با ٤٨ کروموزوم می‌باشد (اسدپور و فیاض مقدم، ۱۳۸۲). این گیاه یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی غده‌ای در جهان می‌باشد. سیب‌زمینی از لحاظ حجم مصرف و سطح زیر کشت در رتبه‌ی چهارم در سطح دنیا قرار دارد. علاوه بر تأمین انرژی و کیفیت خوب پروتئین، به‌عنوان منبع ویتامین ث و مواد معدنی نیز مطرح می‌باشد (بورگاس و همکاران، ۲۰۰۹).

آهن نقش ضروری در متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و پروتئین دارد، زیرا اسیدهای نوکلئیک حاوی مقادیر قابل توجهی آهن و سایر عناصر سنگین هستند (بزرگی، ۲۰۰۸). از نشانه‌های تأثیر کمبود آهن بر رشد گیاهان می‌توان به تجمع نیترات و اسیدهای آمینه و کاهش مقدار پروتئین اشاره کرد که پس از تأمین آهن، گیاه به شرایط طبیعی خود برمی‌گردد. سنتز کلروفیل به شدت تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرد (بزرگی، ۲۰۰۸). حضور آهن برای تشکیل پروتوکلروفیلاید از کمپلکس منیزیم–پروتوپورفیرین ضروری است، زیرا در ساختار آنزیم اسید آمینولوولنیک سنتاز شرکت دارد با کاهش اسید آمینولوولنیک بر اثر کمبود آهن، میزان پروتوکلروفیلاید و کلروفیل در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش می‌یابد، در صورتی که میزان منیزیم–پروتوپورفیرین افزایش می‌یابد. میزان آنزیم فوق تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرد. اسید آمینولوولنیک در سنتز کلروفیل و هم دخالت دارد (مارشنر، ۱۹۹۵). آهن از عناصر ضروری و کم‌مصرف در گیاهان است. این عنصر به عنوان عامل اکسایش، کاهش در ساختمان ناقل‌های الکترون نظیر سیتوکروم‌ها شرکت دارد. همچنین در پروتئین‌هایی که در فتوسنتز و تثبیت ازت نقش دارند شرکت دارد (بلکریشمن، ۲۰۰۰). نقش آهن در تثبیت ازت، فعالیت برخی آنزیم‌ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به اثبات رسیده است (روئیز و همکاران، ۲۰۰۰). گزارش شده است که کاربرد نانو اکسید آهن بصورت محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و درصد پروتئین دانه آفتابگردان شده است (آلتورکی و هلال، ۲۰۰٤). حدود ۸۰ درصد آهن موجود در گیاه به صورت فسفوپروتئین فریک در کلروپلاست متراکم است. در ساختمان فرودکسین نیز که درکلروپلاست متمرکز است، آهن وجود دارد. در اثر کمبود آهن عمل فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد در حالی که کمبود آن اثری بر تنفس ندارد. تصور بر این است که آهن در سنتز پروتئین و رشد سیستم انتهایی ریشه دخالت دارد. به‌طور کلی در برگ‌های تمام گونه‌های گیاهی، علامت اصلی کمبود آهن جلوگیری از رشد کلروپلاست است. آهن فاقد قدرت تحرک در اندام‌های گیاه است و به همین علت نشانه‌های کمبود آهن بیشتر در برگ‌های جوان ظاهر می‌شوند و این در حالی است که برگ‌های پیرتر سالم‌تر به نظر می‌آیند و آهن فقط از طریق آوند چوبی به سلول‌های برگ جوان می‌رسد (مارشنر و همکاران، ۱۹۹۵). ذرات کودی می‌توانند با غشاهایی در مقیاس نانو پوشیده شوند که رهاسازی آهسته و مداوم عناصر غذایی را تسهیل می‌کنند. پوشاندن و سیمانی کردن با ذرات نانو و کوچک‌تر از نانو، باعث ایجاد قابلیت تنظیم رهاسازی عناصر غذایی از کپسول کودی می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۰٦). یکی از مهم‌ترین عملکردهای آهن در گیاه، اثر آن بر فعالیت آنزیم‌ها به عنوان فعال کننده (کوفاکتور) است. به طور کلی، دو گروه اصلی از پروتئین‌های حاوی آهن وجود دارند. گروه اول پروتئین‌های هم و گروه دوم پروتئین‌های آهن– گوگرد هستند. پروتئین‌های هم یا هموپروتئین‌ها، پروتئین‌های دارای آهن در هسته پورفیرین هستند. هم گروه پروستتیک تعداد زیادی از آنزیم‌ها مانند کاتالازها، پراکسیدازها و سیتوکروم اکسیدازها را تشکیل می‌دهد. سیتوکروم‌ها نیز حاوی هسته هم هستند و انواع مختلفی از آن‌ها وجود دارد. همه انواع سیتوکروم‌ها (نظیر سیتوکروم a)، کمپلکس هم را به‌عنوان گروه‌های پروستتیک دارند. سیتوکروم‌ها از اجزای مهم واکنش‌های اکسیداسیون–احیا در کلروپلاست و میتوکندری‌ها هستند. لگ هموگلوبین یکی دیگر از پروتئین‌های حاوی هم است که در گره بقولات یافت می‌شود و رفتاری مانند هموگلوبین در جانوران دارد. این پروتئین تصور می‌شود که وظیفه رساندن و تأمین اکسیژن برای تنفس باکتریوئیدهای موجود در همزیستی را به عهده دارد. تحقیقات نشان داده است که سنتز این پروتئین ها شدیداً تحت تأثیر آهن قرار می‌گیرد (بایبوردی و مامدوو، ۲۰۱۰). احمد و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که حداکثر عملکرد سیب‌زمینی و حداکثر درصد مواد معدنی با افزایش ترکیبی از محلول‌های سولفات آهن و سولفات منگنز دو درصد به بذر سیب‌زمینی قبل از کاشت مشاهده شد. فتحی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند با کاربرد نانواکسید آهن در مقایسه با اکسید آهن معمولی در گندم مقدار جذب و غلظت آهن افزایش معنی‌داری داشت. مطلبی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی سورگوم علوفه‌ای با کودهای نانواکسید و کلات آهن تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد برگ و درصد پروتئین داشت. نیکوپور محمدجانلو و همکاران (۱۳۹۰) گزارش دادند که کاربرد کود آهن موجب کاهش معنی‌دار تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی گردید. هوانگ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که کاربرد آهن باعث کاهش میزان نیترات و تغییر شکل آن در گیاهان می‌شود. گزارشات مشابهی از کاهش نیترات توسط آهن در گیاهان نیز توسط ون هک و همکاران (۱۹۹۰) ارائه شده است.

با توجه به اینکه مصرف کودهای نیتروژن منجر به تجمع مقادیر قابل توجه نیترات در غده سیب‌زمینی می‌شود که باعث ایجاد سمیت و کاهش کیفیت غده‌ها می‌گردد، هدف از این آزمایش بررسی تأثیر غلظت و مراحل محلول‌پاشی کود نانو اکسید آهن بر میزان تجمع نیترات و ارائه راهکاری مناسب و نوین برای کاهش تجمع آن در غده سیب‌زمینی می‌باشد. همچنین تعیین بهترین غلظت و مرحله محلول‌پاشی نانو اکسید آهن در راستای افزایش درصد پروتئین غده، سبزینگی برگ و در نهایت دستیابی به عملکرد قابل قبول از اهداف مورد نظر در اجرای این آزمایش می‌باشند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به‌صورت آزمایش مزرعه‌ای در ۱۳ کیلومتری جاده ارجستان در مجاورت کارخانه ورمی‌کمپوست اردبیل و کارهای آزمایشگاهی آن در آزمایشگاه زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۱ انجام شد. در هر کرت ۵ ردیف کشت گردید که طول هر ردیف ٤ متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر لحاظ شد. وجین علف‌های هرز در دو مرحله به صورت دستی و آبیاری مزرعه بر اساس نیاز گیاه طی پنج مرحله در طول دوره رشد انجام گردید.

فاکتور اول شامل کود نانواکسید آهن در سطوح ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ درصد و اکسید آهن معمولی در سطح ۲ درصد و فاکتور دوم مراحل محلول‌پاشی (زمان رشد رویشی، زمان شروع غده‌بندی و زمان پرشدن غده) می‌باشد. تعداد کرت‌های این آزمایش شامل ٥٤ واحد آزمایشی بود. لازم به ذکر است عرف زارع معادل دو درصد اکسید آهن معمولی در زمان رشد رویشی است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد بررسی

ویژگی نمونه خاک	مقدار
شوری (dS/m)	۰/۳٤۱
pH	۸/۳۳
آهک (٪)	۱٦/۲٦
رس (٪)	۲۹

در هر کرت نیم متر بعنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد و دست نخورده باقی ماند و نمونه‌برداری از سایر قسمت‌های هر کرت انجام شد.

برای تعیین میزان پروتئین از روش برادفورد استفاده گردید (برادفورد، ۱۹۷٦). برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی، سه برگ از قسمت‌های بالا، وسط و پایین بوته به‌طور تصادفی انتخاب و با دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-۵۰۲ ساخت شرکت مینولتا اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است که از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب شد و میانگین آن‌ها برای هر تیمار یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری نیترات از روش جونز (۲۰۰۱) استفاده شد.

وزن متوسط غده از رابطه زیر به دست آمد:

(تعداد غده در بوته) / (عملکرد غده تک بوته) = (گرم) وزن متوسط غده

برای تعیین عملکرد در واحد سطح در پایان فصل رشد از هر کرت ۳ ردیف وسطی جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید و از هر دو انتهای هر کدام از این ردیف‌ها به اندازه نیم متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و به‌طور کلی از ٦/۷۵ متر مربع نمونه‌برداری به عمل آمده و نتایج به هکتار تعمیم داده شد.

در این آزمایش برای رسم گراف‌ها از نرم‌افزار EXCEL و جهت تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار و SAS 9.1 استفاده شد و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان نیترات غده

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف کود نانواکسید آهن و مراحل مختلف محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال پنج درصد بر میزان نیترات غده سیب‌زمینی معنی‌دار گردید.

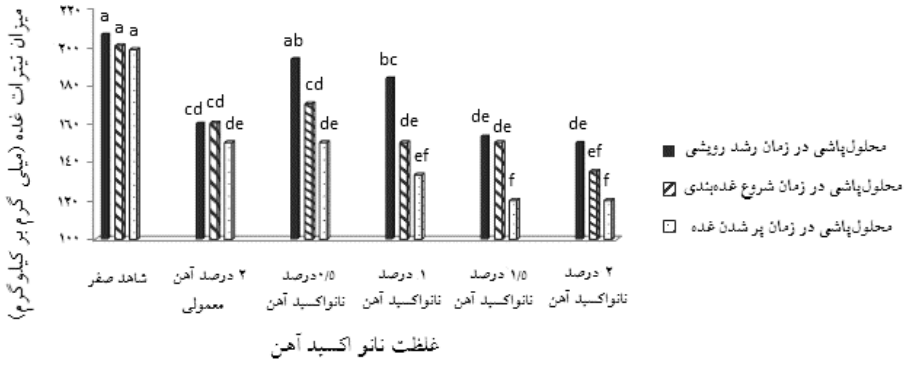
مقایسه میانگین اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل مختلف محلول‌پاشی بر میزان نیترات غده (شکل ۱) نشان می‌دهد که بیشترین میزان نیترات غده سیب‌زمینی (۲۰٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد بدون مصرف کود آهن حاصل شد که با غلظت ۰/۵ درصد نانواکسید آهن و محلول‌پاشی در مرحله شروع غده بندی در گروه مشترک بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین غلظت نیترات غده (۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز مربوط به ترکیب تیماری غلظت‌های ۱/۵ و ۲ درصد نانواکسید آهن با محلول‌پاشی در

زمان پر شدن غده می‌باشد. به نظر می‌رسد که کاربرد نانواکسیدآهن از طریق حفظ سبزینگی برگ و افزایش طول دوره فتوسنتزی گیاه و به دنبال آن افزایش فرصت و انرژی کافی جهت آسیمیله کردن نیتروژن جذب شده منجر به کاهش تجمع نیترات گردیده است. نتایج مشابهی در مورد اثر آهن بر کاهش نیترات غده سیب‌زمینی توسط نیکوپور محمدجانلو و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. تجمع نیترات در انواع سبزی‌ها، پیاز و سیب‌زمینی بستگی به عوامل مختلفی از جمله مقدار و نوع کود نیتروژن، طول دوره رشد، شدت نور، دما طول روز و زمان برداشت دارد. به دلیل آثار زیان‌باری که وجود نیترات اضافی در اندام‌های مصرفی گیاهان برای انسان و دام دارد، لازم است میزان نیترات در محصولات مختلف به‌ویژه سیب‌زمینی و محصولاتی که مصرف روزمره دارند در حداقل مقدار ممکن باشد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۰). بایبوردی (۱۳۸۰) گزارش داد که کمترین میزان نیترات در غده پیاز با کاربرد محلول‌پاشی سولفات آهن حاصل گردید. وطنی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که کاربرد نانو کودهای کلات آهن در گیاهان اسفناج غلظت ترکیبات نامطلوب مانند نیترات و نیتریت سدیم را کاهش دادند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن و مراحل مختلف محلول‌پاشی بر برخی صفات سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		میزان نیترات غده	شاخص سبزینگی برگ	درصد پروتئین غده	تعداد غده در بوته	درصد ماده خشک غده	عملکرد غده تر در هکتار	متوسط وزن غده تر
تکرار	۲	۱٦۸/۵۱**	۳۰/۷۲**	۰/۰۳۹^{ns}	۰/۵۱*	۱۷/۵۷٤**	٤۷/٤۹^{ns}	۲۲/۲۹^{ns}
غلظت نانو اکسید آهن	۵	٤۷٦٤/۹**	۱۳۷/۸٦**	۲/۷۰٤**	۰/۲^{ns}	۳/۸۰۷^{ns}	۱۱۳/۲۱۵**	٤۵۷/۷۹**
مراحل محلول‌پاشی	۲	۱٦۸۳/۷۹**	۲۸٤/۳۸**	٤/۰٦٦**	۰/۷۹^{ns}	۱/۱۲۹^{ns}	۲۳۳/٦۰۲**	٤۹٤/۹۰۷**
غلظت آهن× مراحل محلول-پاشی	۱۰	۵۷۰/٤٦*	۳۱/۱۸**	۰/۷۱٤**	۰/٤٦^{ns}	۱/۰٦۲^{ns}	۲۹/٤۷^{ns}	۸۱/۲٤**
خطای آزمایشی	۳٤	۲۰۳/۸۱	٤/۲۹	۰/۰۲۵	۲/۸	۵/۲٦	۱۳/۱۷	۱۹/۹٦
ضریب تغییرات	–	۸/۹٤	۳/۸۷	۳/٦	۱۸/٦٤	۱۱/٤٤	۱۵/۲٦	٦/۹۵

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



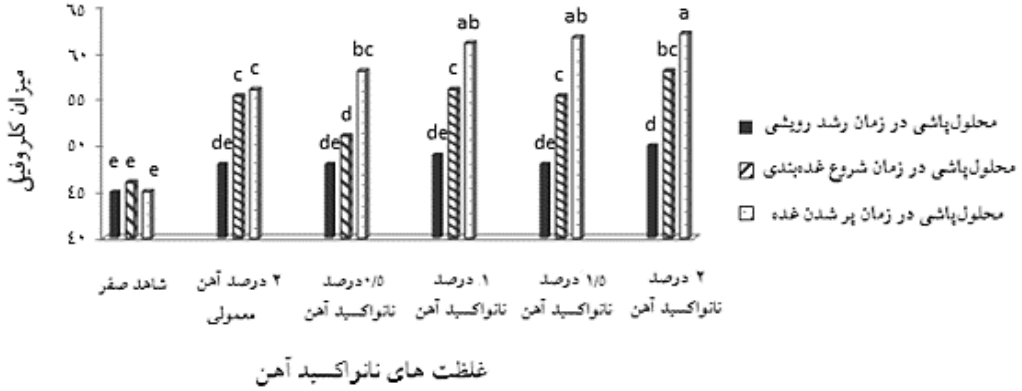
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل محلول‌پاشی بر میزان نیترات غده سیب‌زمینی

شاخص سبزینگی برگ

اثر غلظت‌های کود نانواکسید آهن، مراحل مختلف محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها بر شاخص سبزینگی برگ سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل مختلف محلول‌پاشی بر شاخص سبزینگی برگ سیب‌زمینی (شکل ۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان سبزینگی (٦٢) در برهمکنش کاربرد غلظت ۲ درصد نانواکسید آهن در زمان پر شدن غده به دست آمد که با غلظت‌های ۱/۵ و ۱ درصد نانواکسید آهن در همین مرحله از محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان سبزینگی برگ (٤٦) در تیمار شاهد بدون مصرف کود آهن مشاهده گردید که با محلول‌پاشی در مرحله اول آهن معمولی و غلظت‌های اول، دوم و سوم نانو اکسید آهن تفاوت معنی‌داری نداشتند.

ملکوتی و ثمر (۱۹۹۸) گزارش کردند که کمبود یا فعالیت اندک آهن در گیاهان باعث می‌شود کلروفیل به مقدار کافی تولید نشود و برگ‌ها زرد شوند. کاهش مقدار کلروفیل منجر به کاهش پیش ماده‌های غذایی گیاه شده و نهایتاً عملکرد کاهش می‌یابد. کوماوات و همکاران (۲۰۰٦) طی تحقیقی گزارش کردند که کاربرد سولفات آهن به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط کمبود آهن بر روی ماش، مقدار کلروفیل و عملکرد دانه را افزایش داد.

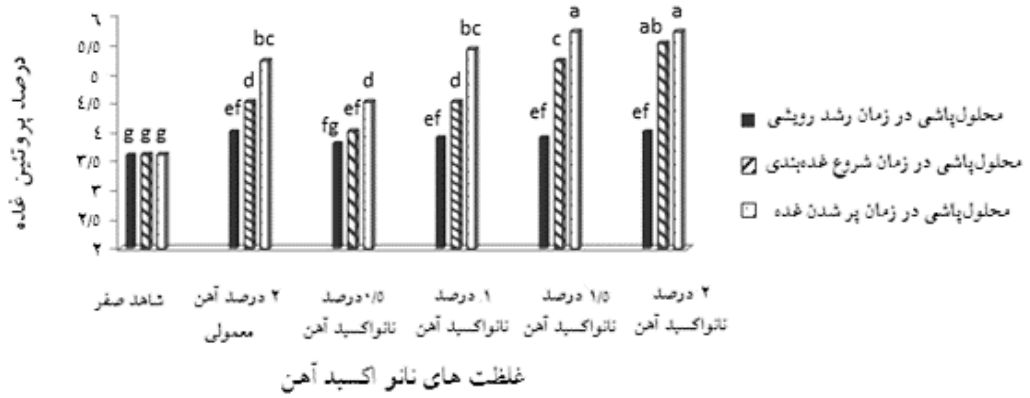


شکل ۲- اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل محلول‌پاشی برشاخصسبزینگی برگ سیب‌زمینی

درصد پروتئین غده سیب‌زمینی

مقایسه میانگین اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل مختلف محلول‌پاشی بر درصد پروتئین غده سیب‌زمینی (شکل ۳) نشان می‌دهد که ترکیبات تیماری غلظت‌های ۱/۵ و ۲ درصد نانواکسید آهن با محلول‌پاشی در زمان پر شدن غده، به‌طور مشترک دارای بیشترین درصد پروتئین غده (۵/۷ درصد) بودند که با ترکیب تیماری غلظت ۲ درصد نانواکسید آهن با محلول‌پاشی در زمان شروع غده‌بندی تفاوت معنی‌داری نداشتند و کمترین درصد پروتئین غده (۳/٦ درصد) نیز در تیمار شاهد بدون مصرف کود آهن حاصل گردید. نیتروژن یکی از عناصر مهم و ضروری شرکت کننده در ساختار پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه از جمله لیزین و متیونین می‌باشد (اوهارا و همکاران، ۱۹۸۸) و کاربرد آهن تأثیر مثبتی در افزایش نیتروژن کل گیاه دارد. همچنین کاربرد آهن از طریق حفظ سبزینگی برگ موجب افزایش طول دوره فتوسنتزی شده است که این امر منجر به ایجاد فرصت کافی جهت آسیمیله شدن بهتر نیتروژن و افزایش کمی و کیفی پروتئین و اسیدآمینه-های مذکور گردیده است (منصف افسر و همکاران، ۲۰۱۲).

منصف افسر و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی نانو ذرات آهن بر درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بوده است. زیدان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی گیاه گندم با کود آهن باعث افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین کل دانه گندم گردید. بیگی و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند با افزایش محلول‌پاشی کود آهن پروتئین دانه سویا افزایش معنی‌داری را نشان داده است. مطلبی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی سورگوم علوفه‌ای با کودهای نانواکسید و کلات آهن تأثیر معنی‌داری بر طول خوشه و درصد پروتئین داشت.



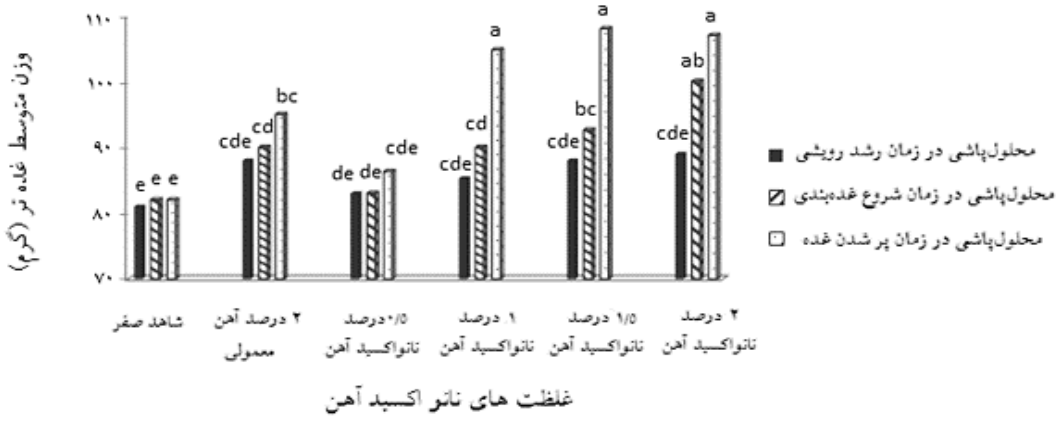
شکل ۳- اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل محلول‌پاشی بر درصد پروتئین غده سیب‌زمینی

صفات تعداد غده در بوته و درصد ماده خشک غده تحت تأثیر تیمارها و برهمکنش قرار نگرفتند و لذا تفاوت معنی‌داری بین سطوح تیمارها مشاهده نشد (جدول ۲).

متوسط وزن تر غده

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر غلظت‌های مختلف کود نانواکسید آهن، مراحل مختلف محلول‌پاشی و اثر برهمکنش این دو عامل بر متوسط وزن تر غده سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

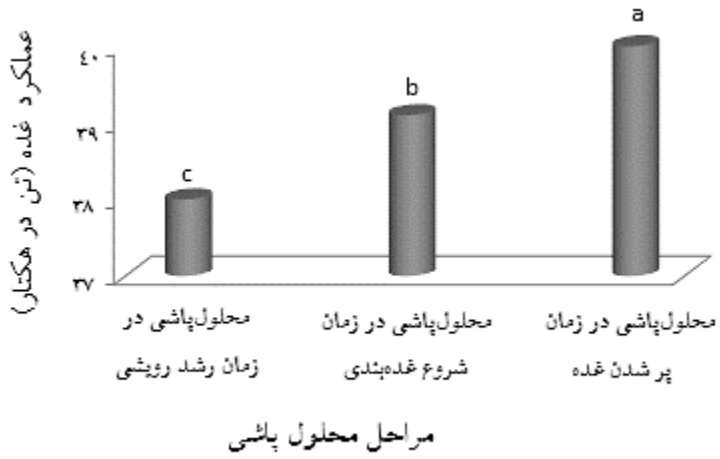
مقایسه میانگین اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل مختلف محلول‌پاشی بر متوسط وزن تر غده (شکل ٤) نشان می‌دهد که بیشترین متوسط وزن تر غده به میزان ۱۰۸ گرم به ترکیب تیماری غلظت ۱/۵ درصد نانواکسید آهن و محلول‌پاشی در زمان پر شدن غده مربوط می‌شود که با ترکیبات تیماری غلظت ۲ درصد نانواکسید آهن در مراحل محلول‌پاشی پر شدن غده و شروع غده‌بندی و همچنین غلظت ۱ درصد نانواکسید آهن با محلول‌پاشی در زمان پر شدن غده در گروه مشترک قرار دارد. حداقل متوسط وزن تر غده (۸۱ گرم) در تیمار شاهد بدون مصرف کود آهن حاصل شد که با تمام مراحل غلظت اول نانواکسید آهن و مرحله اول غلظت‌های دوم، سوم و چهارم نانواکسید آهن و اکسید آهن معمولی در گروه مشترک قرار داشتند.



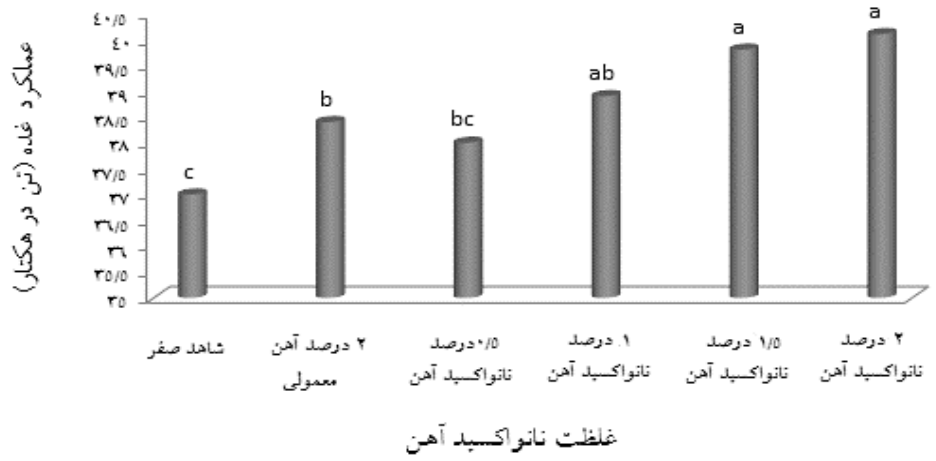
شکل ٤- اثر برهمکنش غلظت نانواکسید آهن و مراحل محلول‌پاشی بر متوسط وزن تر غده سیب‌زمینی

عملکرد غده تر در هکتار

مقایسه میانگین اثر غلظت نانواکسید آهن بر عملکرد در هکتار (شکل ٦) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد غده در هکتار به میزان ٤٠/١ تن در غلظت ٢ درصد نانواکسید آهن حاصل شد که با غلظت-های ١/٥ درصد و ١ درصد نانواکسید آهن در گروه برتر و مشترک قرار داشت. حداقل عملکرد غده در هکتار (٣٧ تن) در تیمار شاهد بدون مصرف کود آهن مشاهده گردید که با غلظت ١ درصد نانو اکسید آهن اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مقایسه میانگین اثر مراحل محلول‌پاشی بر عملکرد غده در هکتار (شکل ٥) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد در هکتار به میزان ٤٠ تن با محلول‌پاشی نانواکسید آهن در زمان پر شدن غده حاصل شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشته و کمترین عملکرد غده (٣٨ تن در هکتار) با محلول‌پاشی در زمان گلدهی حاصل شد. با در نظر داشتن معنی‌دار بودن برهمکنش غلظت‌های نانواکسید آهن و مراحل مصرف آن بر وزن متوسط غده و با توجه به اینکه خاک محل آزمایش pH بالایی داشت و در این شرایط کمبود عناصر ضروری گیاه مانند آهن وجود دارد، از نتایج به دست آمده می-توان چنین استنباط نمود که گیاهان تیمار شده با نانواکسید آهن با رفع این کمبود و بهبود سیستم فتوسنتزی و افزایش سبزینگی برگ باعث افزایش عملکرد غده از طریق افزایش وزن متوسط غده گردیده است. نتایج به دست آمده توسط محققان متعددی گزارش شده است از جمله، سینگ و دایال (١٩٩٢) نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی آهن باعث افزایش ٣٨ تا ٤٢ درصدی عملکرد بادام‌زمینی در خاک‌های قلیایی می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش منصف افسر و همکاران (٢٠١٢) تأثیر محلول‌پاشی برگی نانو ذرات آهن بر عملکرد کل دانه و عملکرد دانه و غلاف لوبیا چشم‌بلبلی غیر معنی‌دار بود. بیگی و همکاران (١٣٨٩) اعلام کردند با افزایش محلول‌پاشی کود آهن عملکرد دانه سویا افزایش معنی-داری را نشان داده است. احمد و همکاران (٢٠٠٠) گزارش کردند که حداکثر عملکرد سیب‌زمینی و حداکثر درصد مواد معدنی با افزایش ترکیبی از محلول‌های سولفات آهن و سولفات منگنز دو درصد به بذر سیب‌زمینی قبل از کاشت مشاهده شد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که افزایش محلول سولفات آهندو درصد به تنهایی یا در ترکیب با سولفات منگنز دو درصد، غلظت کربوهیدرات در غده‌ها را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش داد. درصد رطوبت سیب‌زمینی هم با افزایش کود آهن به بذر افزایش معنی‌داری نشان داد. تأثیر مثبت محلول‌پاشی آهن در بررسی‌های متعدد بر روی عملکرد محصولات مختلف به اثبات رسیده است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. رحیمی و مظاهری (١٣٨٧) نشان دادند که عملکرد ذرت در محلول‌پاشی ٢/٥ در هزار میکرو آهن افزایش می‌یابد. محمد و همکاران (١٩٩٠) گزارش کردند که کاربرد آهن و روی به روش‌های مختلف عملکرد گندم را نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کالیسکان و همکاران (٢٠٠٨) افزایش عملکرد سویا بر اثر محلول‌پاشی آهن را گزارش کردند. تأثیر مثبت مصرف آهن به صورت نانواکسید آهن بر درصد پروتئین بادام‌زمینی توسط لیو و همکاران (٢٠٠٥) گزارش شده است.



شکل ٥- اثر مراحل محلول‌پاشی نانواکسید آهن بر عملکرد غده سیب‌زمینی در هکتار



شکل ٦- اثر غلظت نانواکسید آهن بر عملکرد غده سیب‌زمینی در هکتار

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان تجمع نیترات در اثر کاربرد کود نانو اکسید آهن کاهش چشمگیری یافته و کاربرد این کود در مراحل پایانی رشد یعنی در مرحله پر شدن غده سیب‌زمینی، تأثیر بیشتری بر کاهش تجمع نیترات دارد. به گونه‌ای که مشاهده شد میزان تجمع نیترات با کاربرد کود نانو اکسید آهن با غلظت‌های ۱/۵ و ۲ درصد تا حدود ٤٠ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد کود آهن، کاهش یافته است که به نظر می‌رسد این کاهش تجمع نیترات با افزایش سبزینگی و به دنبال آن افزایش طول دوره فتوسنتزی و فرصت بیشتر جهت آسیمیلاسیون نیتروژن مرتبط باشد. وزن متوسط و عملکرد غده نیز به دلایل مذکور تحت تأثیر کود نانو اکسید آهن و محلول‌پاشی آن در زمان پر شدن غده افزایش یافت. چنان که از نتایج این تحقیق برمی‌آید، محلول‌پاشی کود نانو اکسید آهن و حتی کود آهن معمولی در مرحله پر شدن غده که از مراحل پایانی رشد می‌باشد، شاخص سبزینگی برگ را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد که به دلیل لزوم تأمین آهن برای تولید کلروفیل می‌باشد. علاوه بر آن کود آهن و به‌ویژه نانو اکسید آهن با حفظ سبزینگی برگ و ایجاد فرصت کافی جهت آسیمیلاسیون نیتروژن که از عناصر ضروری در ساختار اسیدآمینه‌ها می‌باشد، درصد پروتئین غده را نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کود آهن به‌طور چشمگیری افزایش داد. به‌طور کلی غلظت ۲ درصد نانواکسید آهن با محلول‌پاشی در زمان پرشدن غده بهترین نتیجه را از نظر کاهش تجمع نیترات در غده، افزایش درصد پروتئین، سبزینگی برگ و عملکرد غده داشت و برای کاربرد توسط زارعین توصیه می‌شود.

منابع

اسدپور، ش وا. فیاض‌مقدم.۱۳۸۲. تاثیر تاریخ کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کمیت و برخی خصوصیات مرتبط با کیفیت علوفه ای ذرت سیلویی و رقم سینگل کراس ۷۰٤. مجله دانش کشاورزی.۱۷(۱): ٤۹-۳۹.

بایبوردی، ا. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر کود ازته در کنار مصرف عناصر کم نیاز آهن، روی و منگنز بر کمیت و کیفیت پیاز. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه تبریز، ایران.

بیگی، ا. ح.، م. نصری.، م. اویسی و م. طریق الاسلامی. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی و محلولپاشی کود آهن در مرحله گلدهی بر میزان عملکرد دانه، پروتئین و روغن دانه در گیاه سویا. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشا روغنی.

رحیمی، م. م و د. مظاهری. ۱۳۸۷. واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیبات شیمیایی آهن و مس. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۲۱(۱): ۹۶-۱۰۰.

ملکوتی، م. ج وع. نفیسی. ۱۳۸۰. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ ص.

نیکوپور محمدجانلو، ل.، ع. قلیپوری.، ا. توبه و د. حسن پناه. ۱۳۹۰. تاثیر سطوح مختلف کودهای آهن، نیتروژن وپتاسیم بر روی درصدماده خشک و کاهش تجمع نیترات در غده سیب زمینی. اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی.

Ahmed, H. U., M. S. Ali and T. K. Dey. 2000. Tuber crop disease management. Poster presented in the International Conference on Integrated Plant Disease Management for Sustainable Agriculture. D. K. Mitra (ed), Indian Phytopathological Society, New Delhi, India. 3:1281 p.

Alturkci, A and M. Helal. 2004. Mobilization to pb, Zn, cu and cd, in polluted soil, Pak. J. Biol.Sci. 7:0972- 0980.

Blakrishman, K. 2000. Peroxidase activity as an indicator of the iron deficiency banana. Ind. J. Plant Physiol. 5:389-391.

Bozorghi, H. R. 2008. Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield and yield components of eggplant (*Solanummelongena L.*). ARPN J. Agric. Biol. Sci. 7(4):233-23.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem. 72:248-254.

Burgos, G., S.Auqui., W. Amoros., E. Salas.and M.Bonierbale. 2009. Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. J. Food. Comp. Ana. 22: 533-538.

Bybordy, A and G. Mamedov. 2010. Evaluation of application methods for efficiency of zinc and iron for canola (*brassiacanapus*). Not Sci Biol. 2(1):94-103.

Caliskan, S., I. Ozakaya.,M. E. Caliskan andM. Arslan. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. Field Crops Res. 108: 126-132.

FathiAmirkhiz, K., M. Aminidehghi.,S. A. M. Modaresssanavi and S. Heshmati. 2010. Foliar and soil application of element iron (Fe) on some biochemical properties of safflower (*Carthamustinctoriusl*.), under two irrigation regimes. Iranian J. Crop Sci. 42(3):509 -5.

Ohara, A., Grag, O. K., Ziolek, W. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to grain quality of Triticumaestivum. J. Plant Nut. 11(6):1439-1450.

Huang, Y. H., T. C. Zhang., P. J. Shea and S. D. Comfort. 2003. Effects of oxide coating and selected cations on nitrate reduction by iron metal. J. Environ. Qual. 32:1306–1315.

Jones, J. B.2001. Laboratory guide for conduction soil tests and plant analysis. *CRC press LLC*, U. S.

Kumawat, R. N., Rathore, P. S., NAtawat, N. S., Mahatma, M. 2006. Effect of sulfur and iron on enzymatic chlorophyll content of mungbean. J. Plant Nutr. 29(8):1457-1467.

Liu, X., Z. Feng., S. Zhang., J. Zhang., Q. Xiao andY. Wang. 2006. Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slower controlled release of fertilizers. Sci. Agric. Sinica. 39:1598-1604.

Liu, X. M., F. R. Zhang., Z. B. Feng., S. Q. Zhang., X. S. H. Hu., R. Wang andY. Wang. 2005. Effects of nano-ferric oxide on the growth and nutrients absorption of peanut. Plant Nut. Fertil. Sci. 11:14-18.

Malakooti, M. J and S. M. Samar. 1998. Technical publication, Agricultural education publications. Press. pp:38.

Marschner, H. 1995.Mineral nutrition of higher plants.2nd edition. Academic Press Inc, London. Pp: 889.

Marschner, H., V. RomheldandM. Kissel. 1995. Different strategis in higher plants in mobilization and uptake of iron. J. Plant. Nutr. 9: 695-713.

Matlabi, M., R. Kazemian and S. Sheikhy. 2010. Effect of iron nanoxide spraying on sorghum yield. Sarhad J. Agric. 11(8): 123-129.

Mohamad, W., M. Iqbal andS. M. Shal. 1990. Effect of mode of application of zinc and iron on yield of wheat. Sarhad J. Agric. 6(6): 615-618.

MonsefAfsar, R., H. HadiandA. Pirzad. 2012. Effect of spraying nano-iron on characteristics qualitative and quantitative of cowpea, under drought stress end of season. Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 3(8):1709-1717.

Ruiz, J. M., M. Baghour and L. Romers. 2000. fficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the reponse of some bioindicators. J Plant Nutr. 23: 1777-1786.

Singh, A. L., Dayal, D. 1992. Foliar application of iron for recovering groundnut plants from lime induced iron deficiency chlorosis and accompanying losses in yields. J. Plant. Nutr. 15: 1421-1433.

Van Hecke, K., O. Van Cleemput and L. Baert. 1990. Chemo-denitrification of nitrate-polluted water. Environ. Pollut. 63:261–274.

Vattani, H., N. Keshavarz and N. Baghaei. 2012. Effect of sprayed Soluble different levels of iron chelate Nano fertilizer on nutrient uptake efficiency in two varieties of spinach (Varamin88 and Virofly). Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 3(S):2651-2656.

Zeidan, M. S., M. F. Mohamed and H. A.Hamouda. 2010. Effect of Foliar Fertilization of Fe, Mn and Zn on Wheat Yield and Quality in Low Sandy Soils Fertility. World J. Agric. Sci. 6(6):696-699.

Effect of iron nano oxide concentration and application time on tuber yield and quality of potato

A. Barghi[1], A. Golipoori[2], A.Tobeh[3], S. Jahanbakhsh[3], S. Jamaati Somarin4[4]

Received: 2015-06-17 Accepted: 2015-10-21

Abstract

In order to investigating nitrate accumulation, tuber yield and protein variation, affected by different levels of iron nano oxide in different growth stages of potato, a factorial experiment was conducted based on RCBD with three replications during 2012 in Ardabil region. The first factor was iron nano oxide fertilizer at four levels including 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 percent as well as normal iron oxide at 2 percent and the second factor was spraying stages (vegetative growth, beginning of tubering and tuber filling). Results showed that by iron nano oxide application, nitrate content of tuber decreased significantly and the least value was acquired in the interaction of spraying with 1.5 and 2 percent of iron nano oxide during tuber filling. The most leaf chlorophyll and average tuber weight was acquired in the interaction of spraying with 1, 1.5 and 2 percent during tuber filling and the most protein percentage of tuber by spraying with 1.5 and 2 percent of iron nano oxide during this period. Iron nano oxide levels of 1, 1.5 and 2 percent and spraying during tuber filling had the most tuber yield with a significant difference compared to other treatments. Additionally the application of normal iron oxide significantly increased tuber yield compared to control while it was in the same group with iron nano oxide levels of 0.5 and 1 percent. Regarding all traits measured, iron nano oxide concentration of 2 percent by spraying during tuber filling indicated the best result and is recommended to farmers.

Key words: Chlorophyll, iron, nano fertilizer, nitrate, spraying

1- Agronomy Student, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- AssociatedProfessor, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4- Ph.D. Student, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran