تاثیر محلول‌پاشی آهن نانو بر کارایی مصرف آهن در چغندرقند

علیرضا پیرزاد*[۱]، محمود مظلومی[۲]، بهناز سعادت[۳]، محمد صدقی[٤]

۱. دانشیار (فیزیولوژی گیاهان زراعی)، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲. دانشجوی دکترای زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
٤. دانشیار گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

*مسوول مکاتبه: a.pirzad@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۳/۲۵

چکیده

برای بررسی اثر مقادیر آهن (یک، دو و سه در هزار) در مراحل مختلف رشد گیاه (۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین توسط چغندر قند) روی کارایی مصرف آهن در چغندرقند، یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در اراضی تحقیقاتی کارخانه قند نقده در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها روی صفات کارایی مصرف آهن در تولید پروتئین برگ و اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، بیوماس و عملکرد قند نشان داد که برهم‌کنش مقادیر آهن × زمان محلول‌پاشی بر کارایی مصرف آهن در تولید پروتئین برگ و اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، بیوماس و عملکرد قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین کارایی مصرف آهن در پروتئین برگ (٥٦۸) متعلق به تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله ٤۰ درصد پوشش سبز بود، در حالی‌که بیشترین کارایی مصرف آهن در پروتئین اندام‌های هوایی (۱۰۸۰)، وزن خشک ریشه (٤۱۷٦۹)، بیوماس (۹۸۰۰۹) و عملکرد قند (۱۲۸۱٥۲) مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله رشدی ۸۰ درصد پوشش زمین بود. کاهش کارآیی مصرف آهن با افزایش غلظت آن در محلول‌پاشی نشان دهنده بازده نزولی این عنصر ریز مغذی است.

واژه‌های کلیدی: بیوماس، پروتئین، درصد پوشش زمین، عملکرد

مقدمه

چغندرقند، با نام علمی *Beta vulgaris* گیاهی دیپلوئید (2n=18) و دو ساله از تیره اسفناج است که یکی از منابع اصلی تولید ساکارز و ایجاد درآمد برای کشاورزان است و نقش مهمی در تولید ناخالص ملی ایفا می‌کند (سیدشریفی، ۱۳۸۸). در بین تمام ریز مغذی‌ها، گیاهان بیشترین نیاز را به آهن (به عنوان کوفاکتور تعدادی از آنزیم‌های اکسیداز، نظیر کاتالاز و پراکسیداز) دارند. آهن بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا مطرح و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز است. کمبود آن همواره موجب از بین رفتن همزمان کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست می‌شود و تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی زیادی را در ریشه‌های گیاهان ایجاد می‌کند. کمبود این عنصر در خاک‌های خنثی تا قلیایی شدید است. می‌توان کمبود آهن را با مصرف مستقیم آهن کلاته در ناحیه ریشه یا محلول‌پاشی آن به شاخ و برگ گیاه جبران کرد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸). آهن، عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان است. عدم دسترسی گیاه به آهن منجر به زرد شدن برگ‌های جوان می‌شود و موجب کاهش چشمگیر فعالیت فتوسنتز و در نتیجه تولید بیوماس می‌گردد (بریات و همکاران، ۲۰۰۷). با به کارگیری نانوکودها به

عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند. استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارایی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (نادری و دانش شهرکی، ۱۳۹۰).

بورلوتی و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که غلظت آمینو اسیدها در ریشه خیار در شرایط کمبود آهن کاهش یافته است، در حالی‌که اگر کمبود آهن ادامه یابد، مقدار آمینواسیدها به استثنای آرژنین در برگ‌ها افزایش می‌یابد. همچنین، آن‌ها گزارش کردند که غلظت آمینواسیدها در آوندهای چوبی در گیاهانی که با کمبود آهن رو به رو هستند، افزایش می‌یابد. لوپز–میلان و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که در ریشه‌های چغندرقند که با کمبود آهن روبه رو هستند، میزان تنفس افزایش می‌یابد.

مورالیس و همکاران (۱۹۹۰) اعلام کردند که در شرایط کمبود آهن در چغندر قند میزان نئوگزانتین و بتاکاروتن همراه با کلروفیل a کاهش می‌یابد، در حالی‌که کاروتنوئیدها در چرخه گزانتوفیل کمتر تحت تاثیر قرار گرفتند. مظلومی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد آهن در محدوده زمانی ٤٠ تا ٨٠ درصد پوشش زمین موجب تولید مطلوب عملکرد ریشه، بیوماس و قند می‌شود. همچنین، افزایش عملکرد ریشه در غلظت‌های بالاتر محلول‌پاشی آهن نانو گزارش شده است (مظلومی و همکاران، ۲۰۱۲). پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) با افزایش مقادیر آهن نانو تا ۲ و ۳ در هزار، روند افزایشی در عیار قند، عملکرد ریشه و عملکرد قند را در چغندرقند گزارش کردند.

اهمیت این محصول صنعتی و تاثیر آهن بر رشد این گیاه به ویژه در ایران، لزوم انجام مطالعات گسترده‌تر را خاطر نشان می‌سازد. در این مطالعه تاثیر مقادیر آهن در مراحل مختلف رشد بر کارایی مصرف آهن چغندرقند مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اراضی تحقیقاتی کارخانه قند نقده واقع در شهرستان نقده کیلومتر ۱۱ جاده حیدرآباد، با عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ٥٧ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٥ درجه و ٢٣ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۹۹ متر از سطح دریا در بهار سال ۱۳۹۰ انجام شد. آب و هوای منطقه نیمه خشک و میانگین نزولات آسمانی طی ۱۵ سال اخیر ۲۷۳/۵ میلی‌متر است. در پاییز سال ۱۳۸۹ زمین محل اجرای آزمایش به عمق ۳۰–۲۵ سانتی‌متر شخم زده شد و در بهار سال ۱۳۹۰ جهت آماده‌سازی زمین برای کاشت از دیسک، کولتیواتور و ماله استفاده گردید. روش آبیاری زمین از نوع آبیاری بارانی کلاسیک متحرک و بذر مورد استفاده منوژرم رقم آذر (Azare) بود. بذرها در ردیف-هایی به فاصله ٦٠ سانتی‌متر و در فاصله ۱۵ سانتی‌متر از هم در روی ردیف کاشته شدند. در هر چهار سمت مزرعه، به عرض ۵ متر چغندرکاری بدون اعمال تیمار به عنوان حاشیه زمین، برای پرهیز از اثرات میکروکلیمایی محل آزمایش در نظرگرفته شد. آبیاری زمین با توجه به بارندگی و شرایط آب و هوایی معمول انجام گرفت. تنک و وجین اول در مرحله ٤ تا ٦ برگی چغندر قند و وجین دوم در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگی انجام شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی آهن نانو به صورت کود کلات آهن خضرا تهیه شده از شرکت احرار شرق با مقادیر (۱، ۲ و ۳ در هزار) و در مراحل مختلف رشد گیاه (زمانی که چغندرقند ۲۰، ٤٠، ٦٠ ، ٨٠ و ١٠٠٪ سطح زمین را پوشش داده بود) بود. درصدهای پوشش زمین بر اساس گزارش میر و همکاران (۱۹۹۳) تعیین شدند. در انتهای فصل رشد، کارایی مصرف آهن برای تولید پروتئین برگ، پروتئین اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه (ریشه کامل چغندرقند)، بیوماس و عملکرد قند اندازه‌گیری (نسبت

عملکرد به میزان مصرف آهن) شدند.برای تعیین عملکرد ریشه برداشت از سطح ۲ متر مربع در دهم مهر ۱۳۹۰ پس از حذف اثر حاشیه (یک متراز هر ٤ طرف) انجام گرفت. پس از برداشت کل بوته و جدا کردن بخش‌های مختلف گیاه (برگ، دمبرگ و ریشه) عملکرد برگ، دمبرگ و ریشه حاصل از سطح برداشت شده به دست آمد. عملکرد ریشه به صورت خشک اندازه گیری شد. برای به دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها در آون ۷۲ سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن قرار داده شدند.

برای تعیین وزن برگ، برگ‌های ۱۰ بوته چغندر قند پس از جدا شدن دمبرگ و در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشکانیده شدند و با دقت ۰/۱گرم توزین شدند. همچنین، ریشه‌های ۱۰ بوته چغندر قند پس از جدا کردن برگ‌ها و دمبرگ‌ها شسته شدند. وزن خشک ریشه پس از خشک شدن ریشه‌های ۱۰ بوته در دمای ثابت ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد.

عملکرد بیولوژیک (بیوماس) با برداشت نهایی از سطح ۲ متر مربع از هر واحد آزمایشی به‌دست آمد. مقادیر وزنی بخش‌های گیاه شامل برگ، دمبرگ و ریشه با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شدند. وزن بخش هوایی از مجموع برگ و دمبرگ و طوقه و وزن بیوماس کل از مجموع بخش هوایی و وزن خشک ریشه به دست آمدند.

جهت اندازه‌گیری عیار چغندرقند از دستگاه ساکارومات (اسپکتوفتومتر) مدل Shmid + Haensch ساخت آلمان بر اساس گردش نوری و با طول موج ۵۸۹ نانومتر استفاده شد. برای این منظور ۲٦ گرم از خمیر چغندر قند با ۱۷۷/۸ میلی‌لیتر سوپر استات سرب رقیق و به مدت ۲ دقیقه به هم زده شدند. بعد از صاف کردن، عصاره در لوله پلاریمتر به طول ۲۰۰ میلی‌متر ریخته شد و از طریق دستگاه ساکارومات میزان جذب در طول موج ۵۸۹ نانومتر قرائت گردید.

عملکرد شکر (عملکرد قند خالص) مقدار شکر تولید شده در واحد سطح در مزرعه به صورت ساکارز ذخیره شده در ریشه چغندرقند است که از فرمول زیر محاسبه شد:

$$SY = SC \times RY$$

در این رابطه SY نشان دهنده عملکرد قند، SC بیانگر درصد قند و RY میزان عملکرد ریشه است.

برای اندازه‌گیری نیتروژن، از روش کجلدال استفاده شد (جکسون و همکاران، ۱۹۷۳).

۱۰۰× وزن نمونه / {۰/۰۰۰۱٤ × مقدار اسید مصرفی در تیتراسیون}= درصد نیتروژن

درصد پروتئین، پس ازخشک کردن نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، از طریق دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. درصد و عملکرد پروتئین به شرح زیر مورد محاسبه قرار گرفتند:

٦/۲۵ × درصد نیتروژن برگ = درصدپروتئین (برادفورد، ۱۹۷٦).

کارایی مصرف آهن در صفات مورد مطالعه از نسبت‌های مقدار عملکرد پروتئین برگ و اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، بیوماس و عملکرد قند بر مقدار آهن مصرف شده به‌دست آمدند. تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس امید ریاضی طرح پایه و با استفاده از نرم افزار SAS 9.1انجام شد.

نتایج و بحث

بر پایه نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، برهم‌کنش بین مقادیر مختلف آهن و مراحل محلول‌پاشی بر کارایی مصرف آهن در تولید پروتئین برگ و اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، بیوماس و عملکرد قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

کارایی مصرف آهن در تولید پروتئین برگ

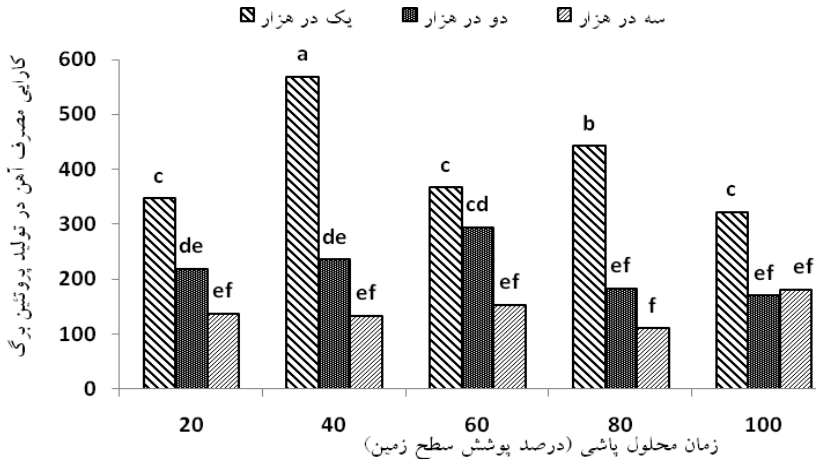
بیشترین کارایی مصرف آهن در پروتئین برگ به طور متوسط با میانگین ٤٤۲/۰٦ متعلق به تیمار محلول-پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله ٤۰ درصد پوشش سبز بود. بنابراین، مشخص می‌شود که تیمار

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی مقادیر آهن در مراحل مختلف رشد چغندر قند (درصد پوشش زمین) روی کارایی مصرف آهن.

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی مصرف آهن				
		پروتئین برگ	پروتئین اندام هوایی (برگ و دمبرگ و طوقه)	وزن خشک ریشه	بیوماس	عملکرد قند
تکرار	۲	۲۶۰۸	۵۹۲۰	۲۷۳۰۸۳۲۸	۳۰۵۷۸۷۸۹	۲۷۲۱۱۱۹۶۵
مقادیر آهن (A)	۲	۲۸۱۸۲۹**	۱۰۶۷۶۴۷**	۱۲۲۵۴۱۶۶۲۹**	۷۴۳۷۶۶۹۹۶۵**	۶۹۴۶۵۰۲۱۶۷**
مراحل محلول‌پاشی (درصد پوشش زمین) (B)	٤	۱۱۲۹۹**	۳۹۵۲٤**	۲۶۶۶۳۶۲۱۱**	۶۶۴۶۹۸۵۸۸**	۱۶۵۲۶۰۶۵۸۹**
A×B	۸	۱۳۸۸٤**	٤۲٤۷۸**	۶۵۲۳۱۰۰۸**	۲۱٤۸۷۰۵۸٤**	۹۳۰۰۱۰۵۸۱**
اشتباه آزمایشی	۲۸	۱۶۱٤	۳۲۷۱	۱٤۷۷۵۵۸۶	۲۹۶۲۱۵۱۶	۳۱۹۳۰٤۹٤
ضریب تغییر (٪)		۱۵/۶۱	۱۰/۶۳	۱۹/۳۶	۱۱/۶۰	۱۱/۲۳

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار توانسته است که بیشترین کارایی مصرف آهن بر پروتئین برگ را در بین مراحل مختلف رشد به خود اختصاص دهد. در بین تیمارهای مراحل مختلف رشد تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت سه در هزار موجب حصول کمترین کارایی مصرف آهن بر پروتئین برگ شده است. بازده نزولی مصرف آهن نانو در کلیه مراحل رشد مشاهده شد، ولی این کاهش در کارایی مصرف آهن در ٤۰ درصد پوشش زمین حداکثر و در مراحل انتهایی (۱۰۰ درصد پوشش زمین) و ابتدایی (۲۰ درصد پوشش سطح زمین) حداقل بود (شکل ۱). لاگلین (۱۹۸۹) در مطالعات خود به این نتیجه رسید که عنصر آهن با فعال کردن آنزیم نیترات ردوکتاز به طور غیرمستقیم بر جذب و مصرف نیترات در چغندرقند اثر می‌گذارد. بدیهی است که در حضور مقادیر مناسب آهن و داشتن پوشش گیاهی مناسب، فتوسنتز، تولید ATP و سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در حد مطلوب انجام می‌شود.



شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری مقادیر محلول‌پاشی آهن نانو در مراحل مختلف رشد از نظر کارایی مصرف آهن در تولید پروتئین برگ. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

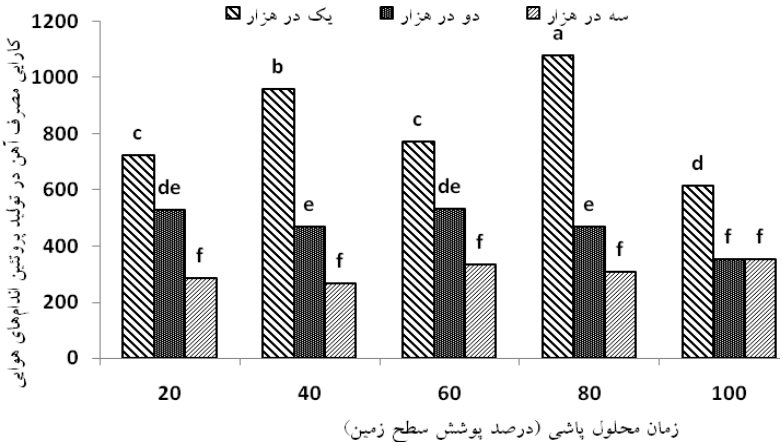
کارایی مصرف آهن در پروتئین اندام‌هوایی

بیشترین کارایی مصرف آهن در پروتئین اندام هوایی از تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله ۸۰ درصد پوشش سبز به دست آمد. همچنین، مقایسه میانگین ترکیبات تیماری نشان داد که تیمار محلول‌پاشی آهن نانو با غلظت سه در هزار در بین کلیه

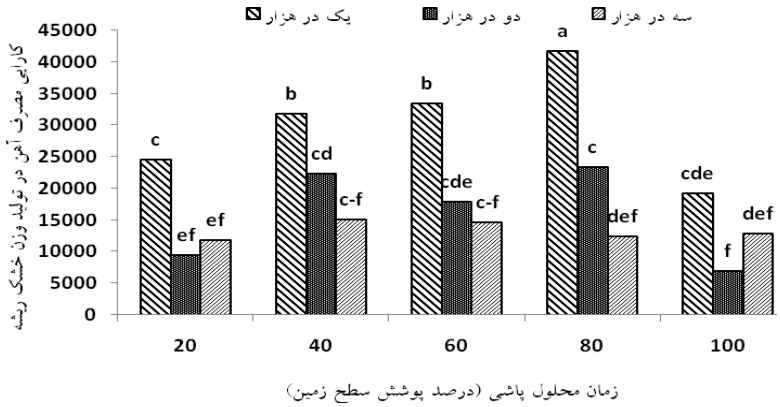
تیمارهای مراحل رشدی کمترین مقادیر کارایی مصرف آهن در پروتئین اندام هوایی داشت. این امر نشان‌دهنده بازده نزولی مصرف آهن در تولید پروتئین بخش هوایی است (شکل ۲). ولی، کاهش شدید در بازده مصرف آهن در مراحل ٤٠ تا ٨٠ درصد پوشش سطح زمین، نشان می‌دهد که با وجود کاهش تولید پروتئین در برگ‌های چغندر قند در مراحل میانی تا پایانی مراحل رشد (شکل ۱)، انباشت پروتئین در بخش هوایی (برگ و دمبرگ) تا اواخر دوره رشد (۸۰ درصد پوشش سطح زمین) ادامه دارد (شکل ۲).

کارایی مصرف آهن در تولید وزن خشک ریشه

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آهن در وزن خشک ریشه مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله رشدی ۸۰ درصد پوشش زمین بود. در کلیه مراحل مختلف رشد، محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار از نظر کارایی مصرف آهن در وزن خشک ریشه نسبت به دو تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت‌های دو و سه در هزار برتری نشان داد. کاهش کارایی مصرف آهن در اوایل و اواخر دوره رشد چغندر قند، می‌تواند به دلیل سطح برگ کمتر در اوایل دوره رشد و سطح برگ پیر بیشتر در اواخر دوره رشد باشد. به هر حال، با وجود برتری کاربرد آهن در ۸۰ درصد پوشش سطح زمین نسبت به مراحل قبل و بعد از آن، به نظر می‌رسد که آهن را می‌توان در فاصله زمانی ٤٠ تا ٨٠ درصد پوشش سطح زمین برای تولید بیشتر ماده خشک ریشه استفاده کرد (شکل ۳).



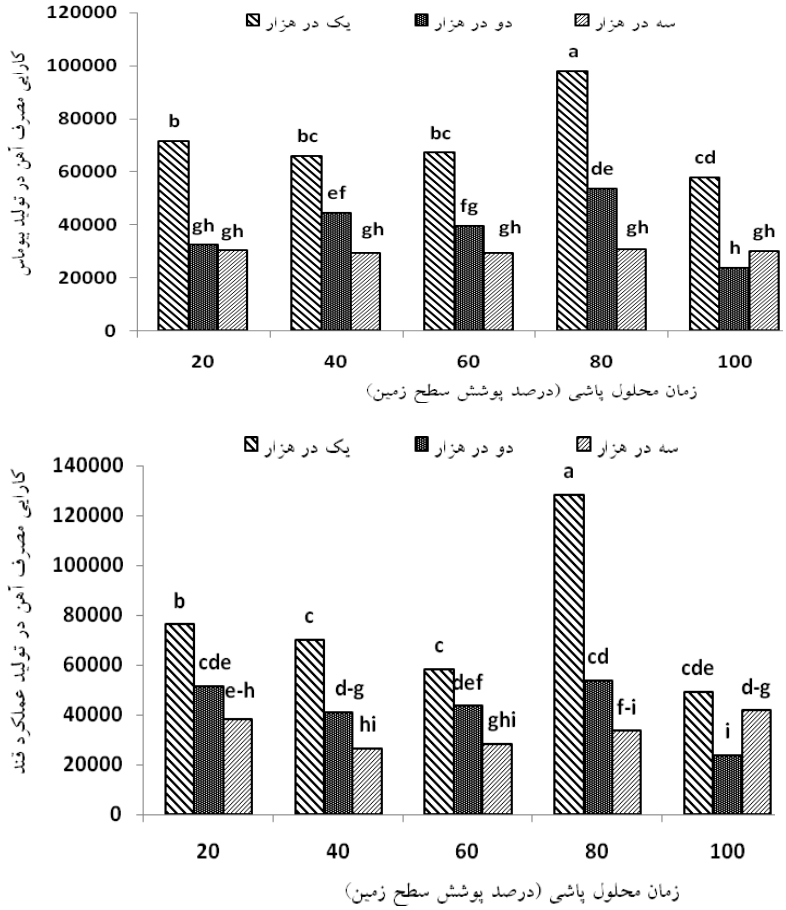
شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری مقادیر محلول‌پاشی آهن نانو در مراحل مختلف رشد از نظر کارایی مصرف آهن در تولید پروتئین اندام‌های هوایی. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری مقادیر محلول‌پاشی آهن نانو در مراحل مختلف رشد از نظر کارایی مصرف آهن در تولید وزن خشک ریشه. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کارایی مصرف آهن در تولید بیوماس

بیشترین کارایی مصرف آهن در بیوماس، مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله رشدی ۸۰ درصد پوشش زمین بود. محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار از نظر کارایی مصرف آهن در تولید بیوماس، در کلیه مراحل رشد، نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی آهن برتری نشان داد. کمترین کارایی مصرف آهن در بیوماس از تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت دو در هزار در مرحله ۱۰۰ درصد پوشش سبز مشاهده شد. برتری محلول‌پاشی در ٦٠ تا ۸۰ درصد پوشش سطح زمین می‌تواند به‌دلیل بسته شدن کامل کانوپی و فرصت کافی برای تشکیل ریشه باشد (شکل ٤). برگ‌های گیاهان با کمبود آهن یک کاهش چشمگیر در تعداد گرانا و لاملای استرومایی در هر کلروپلاست نشان می‌دهند که با کاهش در اجزای غشای تیلاکوئیدی شامل کلروفیل‌های گیرنده نوری و کارتنوئیدها و ناقل‌های الکترون فتوسنتزی، همراه است (اسپیلر و تری، ۱۹۸۰) که فتوسنتز را در چغندر قند به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (تری، ۱۹۸۰). به دلیل شدت فتوسنتز پایین در گیاهانی که با کمبود آهن مواجه هستند، میزان بیوماس تولیدی در آن‌ها کاهش می‌یابد. در پوشش ۸۰ درصدی زمین و آهن یک در هزار با توجه به سطح مناسب و وجود بافت‌های جوان فتوسنتز کننده، با مقادیر کمتری از آهن یک در هزار منجر به تولید بالاتری از بیوماس شد (شکل ٤).



شکل ۵- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری مقادیر محلول‌پاشی آهن نانو در مراحل مختلف رشد از نظر کارایی مصرف آهن در تولید عملکرد قند. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کارایی مصرف آهن در عملکرد قند

بیشترین کارایی مصرف آهن در عملکرد قند مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله رشدی ۸۰ درصد پوشش سبز بود و تیمار محلول-پاشی آهن با غلظت یک در هزار در مرحله رشدی ۲۰ درصد پوشش سبز از لحاظ کارایی مصرف آهن در عملکرد قند در رتبه دوم قرار گرفت. محلول‌پاشی در کلیه غلظت‌های آهن نانو در زمان‌های دیرتر و زودتر از ۸۰ درصد پوشش سبز موجب افت شدید کارایی مصرف آهن در عملکرد قند ریشه، به ویژه در غلظت یک در هزار شده است. سایر تیمارهای محلول‌پاشی آهن تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۵).

نتیجه‌گیری کلی

برهم‌کنش معنی‌دار بین دو عامل مقدار آهن نانو و زمان کاربرد آن (درصد پوشش سطح زمین) در کارایی مصرف آهن (برای تولید پروتئین برگ و اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، بیوماس و عملکرد قند)، نشان می‌دهد که تاثیر کاربرد مقادیر مختلف آهن در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است. در کل می‌توان گفت که غلظت یک در هزار آهن نانو در پوشش‌های ۸۰ درصد توانست بیشترین تاثیر را بر تولید صفات مورد نظر (کارایی مصرف آهن بر پروتئین اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، بیوماس و عملکرد قند) داشته باشد.

منابع

احمدی، ع.، احسان زاده، پ.، جباری، ف. ۱۳۸۸. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی (ترجمه).جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران. ٦٥٣ صفحه.

پیرزاد، ع.، مظلومی، م.، زردشتی، م. ر. ۱۳۹۲. تاثیر محلول‌پاشی نانو آهن بر عناصر معدنی ونیتروژن مضر ریشه و ارتباط آن با درصد و عملکرد قند چغندر قند. پژوهش در گیاهان زراعی. ۱(۱):۲۳-۳۳.

سیدشریفی، ر. ۱۳۸۸. گیاهان صنعتی. انتشارات عمیدی. دانشگاه محقق اردبیلی. چاپ دوم. ٤٣٢ صفحه.

نادری، م.، دانش شهرکی، ع. ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در بهینه سازی فرمولاسیون کودهای شیمیایی. ماهنامه فناوری نانو. ١٦٥ (٤):٢٠-٢٢.

Borlotti, A., Vigani, G., Zocchi, G. 2012. Iron deficiency affects nitrogen metabolism cucumber (*Cucumis sativus* L.) Plant. *BMC Plant Biology*. 12:189-203.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-day binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.

Briat, J.F., Curie, C., Gaymard, F. 2007. Iron utilization and metabolism in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 10: 276-282.

Jackson, N. E., Miller, R. H., Franklin, R. E. 1973. The influence of VAM on uptake of 90sr from soil by soybeans. *Soil Biology and Biochemistry*. 5(2): 205–212.

Laughlin, J. C. 1989. Nutrition effect on onion yield and quality. *Acta Horticulture*. 247: 211-215.

Lopez-Millan, A. F., Morales, F., Andaluz, S., Gogorcena, Y., Abadia, A., De Las Rivas, J., Abadia, J. 2000. Responses of sugar beet roots to iron deficiency. Changes in carbon assimilation and oxygen use. *Plant Physiology*. 124:885-897.

MazlomiMamyandi, M., Pirzad, A., Zardoshti, M.R. 2012. Allocation ratio of photosynthate to different parts of sugar beet plant affected by nano-iron foliar application at varying growth stages. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences.* 2(4): 121-130.

Meier, U., Bachmann, L., Buhtz, H., Hack, H., Klose, R., Märländer, B., Weber, E. 1993. Phenological growth stages and BBCH-identification keys of beet (*Beta vulgaris L.* ssp. vulgaris). *Deut. Pflanzenschutzd*. 45(2): 37-41.

Morales, F., Abadia, A., Abadia, J. 1990. Characterization of xanthophyll cycle and other photosynthetic pigment changes Induced by iron deficiency in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) *Plant Physiology*. 94(2): 607-613.

Spiller, S., Terry, N. 1980. Limiting factors in photo synthesis. Iron stress diminishes photochemical capacity by reducing the number of photosynthetic units. *Plant Physiology*. 65(1): 121-125.

Terry, N. 1980. Limiting factors in photosynthesis. I. Use of iron stress to control photochemical capacity in vivo. *Plant Physiology*. 65(1): 114-120.

Impact of Foliar Application of Nano-Iron on Fe Use Efficiency in Sugar beet

Alireza Pirzad[1*], Mahmood Mazlomi[2], Behnaz Saadat[3], Mohammad Sedghi[4]

1. Associated Professor (Crop Physiology), Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.
2. Ph.D Student (Agronomy), Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.
3. MSc. Educated of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.
4. Associated Professor (Crop Physiology and Biochemistry) University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil-Iran

[*]For Correspondence: a.pirzad@urmia.ac.ir

Received: 13.03.2015 **Accepted: 15.06.2015**

Abstract

In order to investigate the effects of different amounts of iron (1, 2 and 3 g L^{-1}) in different stages of plant growth (20, 40, 60, 80 and 100 percent of ground cover for *Beta vulgaris cv.* AZARE) on the efficiency of iron consumption a factorial experiment conducted based on a randomized complete block design with three replications at Research Farm of Azar Ghand Naqadeh Factory in 2011. Analysis of variance showed the significant interaction effect of iron × foliar spraying time on the Fe Use Efficiency (FeUE) for production of leaf protein, aerial parts protein, root dry weight, biomass and sugar yield. The highest FeUE for leaf protein (568) was obtained from 1 g L^{-1} at 40% of ground cover. While, the highest FeUE for aerial parts protein (1080), root dry weight (41769), biomass (98009) and sugar yield (128152) were observed in Nano-iron foliar application (1 g L^{-1}) at 80% of ground cover. Reduction in FeUE along with higher concentration of iron spraying indicated low diminishing returns for this micro nutrient.

Keywords: Biomass, Percent of ground cover, Protein, Yield