

تاثیر محلول پاشی نانو آهن بر عناصر معدنی و نیتروژن مضر ریشه و ارتباط آن با عملکرد قند چغندر قند (*Beta vulgaris* L.)

Effect of nano-iron foliar application on mineral elements and root α -aminose and its relation with yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

علیرضا پیرزاد^{۱*}، محمود مظلومی^۲، محمدرضا زردشتی^۳

۱-دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*نویسنده مسئول: a.pirzad@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۲۹

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر محلول پاشی نانو آهن بر عناصر معدنی و نیتروژن مضر ریشه و ارتباط آن با عملکرد قند چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در مراحل رویشی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در بهار ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی کارخانه آذر قند نقره انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول پاشی نانو آهن با مقادیر (صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار) در مراحل مختلف رشد گیاه (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پوشش زمین) بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل بین مقادیر آهن و مراحل محلول پاشی روی میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضر ریشه، درصد قند (عیار)، عملکرد ریشه (وزن تر ریشه) و همچنین عملکرد قند معنی‌دار بود. بیشترین مقدار سدیم ریشه (۰/۷۱ درصد) و پتاسیم ریشه (۸/۰۵ درصد) در محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار و در ۴۰ درصد پوشش سطح زمین و بیشترین مقدار نیتروژن مضر (۱/۱۱ درصد) در محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار و در ۶۰ درصد پوشش سطح زمین حاصل شد. با افزایش مقادیر آهن تا ۲ و ۳ در هزار، عیار قند (درصد قند) نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. بیشترین عملکرد وزن تر ریشه (۱۳۶۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول پاشی ۳ در هزار آهن در مرحله ۲۰ درصد پوشش زمین به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با مقادیر ۱ و ۲ در هزار آهن در مرحله ۸۰ درصد پوشش زمین نداشت. بیشترین عملکرد قند (۳۰۵۸۶ کیلوگرم در هکتار) از محلول پاشی آهن با غلظت ۲ در هزار و در مرحله ۸۰ درصد پوشش زمین به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آهن نانو، پتاسیم، درصد قند، سدیم، عملکرد ریشه

مقدمه

قند یا ساکارز در کشورهای جهان سوم که از سایر منابع انرژی زا محروم هستند، یکی از عمده‌ترین نیازهای غذایی مردم بوده و می‌تواند نقش مهمی در زندگی آنها داشته باشد (Kocheky & Soltani, 1994). مهم‌ترین منبع تامین‌کننده ساکارز، نیشکر و چغندر قند می‌باشد. چغندر قند یکی از منابع اصلی ایجاد درآمد برای کشاورزان ایران بوده و نقش مهمی در تولید ناخالص کشور ایفا می‌نماید. هم‌اکنون این گیاه در ۲۰ استان کشور و توسط حدود ۹۵ هزار بهره‌بردار و در سطح ۱۸۶ هزار هکتار کشت شده و از کل شکر تولیدی در کشور بیش از ۵۵ درصد آن از چغندر قند تامین می‌شود (Seyed Sharifi, 2009).

چغندر قند با نام علمی *Beta vulgaris* L. گیاهی است دیپلوئید ($2n=18$) و دو ساله از تیره اسفناج (Chenopodiaceae)، که به صورت گیاهی یکساله و برای تولید ریشه ذخیره‌ای کشت می‌شود. بخش فوقانی ضخیم شده و ذخیره‌ای ریشه که محصول زراعی چغندر قند را تشکیل می‌دهد، شامل طوقه که تجمعی از میانگره‌های رشد نیافته و به حالت روزت است، و از این بخش برگ‌ها در سال اول و ساقه‌ها در سال دوم منشأ می‌گیرند. در برش عرضی ریشه چغندر ۸ تا ۱۲ حلقه هم مرکز به رنگ‌های تیره و روشن دیده می‌شود که لایه‌های تیره رنگ و فیبری شامل آوندهای چوبی است و دوایر روشن شامل سلولهای پارانشیمی کوچکی هستند که ذخیره قند در آن‌ها انجام می‌شود (Kocheky & Soltani, 1994).

محللول خاک تامین‌کننده اکثریت قریب به اتفاق عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بجز H_2 و O_2 می‌باشد. نیاز گیاهان به عناصر کم مصرف مثل آهن، روی و مس، همانند عناصر پر مصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) می‌باشد و بدون آنها قادر به ادامه حیات نمی‌باشند (Salardini & Murphy, 1978). نقش منفی حضور بی‌کربنات در بافت‌های گیاهی، از جمله ریشه، آوند چوبی، رگبرگ‌ها و سلول‌های برگ در مسیر حرکت آهن در این بافت‌ها باعث عدم امکان احیا و جذب آن شده و علائم کلروز را موجب می‌شود. همانند خاک وجود بی‌کربنات در اندام گیاهی باعث افزایش میزان آپوپلاست سلول‌ها شده و افزایش میزان آهن به شکل غیرفعال را موجب می‌گردد

(Hecht-Buchholz & Ortmann, 1986). آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد تمامی گیاهان است و در صورت کمبود آن کلروفیل به مقدار کافی در سلول‌های برگ تولید نمی‌شود و برگها رنگ پریده بنظر می‌رسند. زردی برگ ناشی از آهن، شکل خاصی از کمبود آهن در گیاه است که بخش وسیعی از ایران را فرا گرفته است (Malakouti & Tehrani, 1999).

ونخاده (Vankhadeh, 1999) در بررسی بر هم کنش آهن و روی بر ذرت گزارش کرد، که گیاه بر اثر مصرف فسفر زیاد دچار کمبود روی شده بود، توانست با انباشتن مقدار زیادی آهن با این کمبود مقابله نماید. سالاردینی و مورفی (Salardini & Murphy, 1978) گزارش کردند که در خاک با کمبود آهن، رشد ریشه سورگوم به شدت در شرایط کمبود آهن محدود شد، به طوری که در طول ۴ روز حذف آهن، سرعت رشد ریشه کمتر از ۳۶ درصد در مقایسه با شرایط بدون کمبود آهن (کاربرد آهن به صورت Fe EDDHA) بود. کلروفیل برگی نیز بواسطه کمبود آهن کاهش یافت، طوری که در طول ۷ روز از فقدان آهن میزان کلروفیل به حدود ۳۰ درصد کاهش یافت (Salardini & Murphy, 1978).

با توجه به تاثیر آهن بر میزان تجمع عناصر معدنی در گیاهان و اثر بعدی این تجمع روی میزان سنتز، تجمع و قابلیت استخراج قند از ریشه چغندر قند، بررسی تاثیر مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد بر میزان تجمع عناصر معدنی و قند ریشه ضرورت دارد و هدف اصلی این مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی کارخانه آذر قند نقده واقع در شهرستان نقده، با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۷ دقیقه و در ارتفاعی برابر ۱۲۸۶ متر از سطح دریا اجرا گردید. این منطقه دارای آب و هوای نیمه‌خشک بوده و میانگین نزولات جوی سالانه ۲۲۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل محلول پاشی نانو آهن به صورت کود نانو کلات آهن خضراء، تهیه شده از شرکت احرار شرق با

مقادیر (صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار) و مراحل مختلف رشد گیاه (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پوشش زمین) بودند. مراحل مختلف رشد، یعنی درصد پوشش سبز زمین، نسبت زمین پوشده شده با بخش هوایی چغندر در واحد سطح می‌باشد. واحدهای آزمایشی (کرت‌ها) شامل ۵ ردیف چغندر قند رقم آذر به طول ۵۰۰ سانتی‌متر و فواصل کشت ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. جهت ثبت صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک از ۵ بوته در هر واحد آزمایشی که در مرحله رسیدگی برای برداشت و استحصال قند قرار داشتند، استفاده شد. برای به‌دست آوردن عملکرد در واحد سطح، برداشت نهایی از سطح ۲ مترمربع از هر واحد آزمایشی انجام شد. اندازه‌گیری سدیم، پتاسیم و نیتروژن ریشه با قرار دادن نمونه‌های خمیر در دستگاه بتالایزر به‌دست آمدند. دستگاه بتالایزر مخصوص چغندر قند از نوع Dr. CRENSHEN درصد ساکارز را بر اساس طول موج ۵۸۹ نانومتر نشان می‌دهد. برای تهیه شیر ۲۶ گرم از خمیر چغندر قند با ۱۷۷/۸ میلی‌لیتر محلول استات سرب رقیق شده بعد از به‌هم‌زدن به مدت دو دقیقه و صاف نمودن شیر عصاره در لوله پلاریمتر به طول ۲۰۰ میلی‌متر خوانده می‌شود (Shaykh al-islam, 1997). برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم از فلیم فتومتر بتالایزر و برای اندازه‌گیری نیتروژن مضر از قسمت تستامین بتالایزر استفاده می‌گردد. این سه دستگاه به‌طور هم‌زمان روی نمونه آنالیز را انجام می‌دهند (Shaykh al-islam, 1997). تجزیه واریانس داده‌ها براساس امید ریاضی طرح پایه و با استفاده از نرم‌افزار SAS9.1 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل بین مقادیر آهن و مراحل محلول‌پاشی بر روی میزان سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضر ریشه، درصد قند (عیار)، عملکرد ریشه (وزن تر ریشه) و همچنین عملکرد قند در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

بیشترین مقدار سدیم ریشه (۰/۷۱ درصد) در محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار و در ۴۰ درصد پوشش سطح زمین مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون

نشان نمی‌دهد (شکل ۱).
بیشترین مقدار پتاسیم ریشه (۸/۰۵ درصد) در محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار و در ۴۰ درصد پوشش سطح زمین مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار و در ۲۰ درصد پوشش سطح زمین نداشت. کمترین میزان پتاسیم ریشه (۵/۲۱ درصد) در تیمار ۲ در هزار آهن و در ۲۰ درصد پوشش سطح زمین مشاهده شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد میزان تجمع پتاسیم در ریشه زیاد تحت تاثیر مقدار آهن استفاده شده در مراحل مختلف رشد چغندر قند (درصد پوشش زمین) قرار نگرفته است، زیرا همپوشانی میانگین‌ها در سطوح تیماری آهن، تفاوت معنی‌دار را از نظر پتاسیم ریشه نشان نمی‌دهد، ولی روند کلی تجمع پتاسیم در کاربردهای کلیه مقادیر آهن در مراحل ۴۰ درصد پوشش سطح زمین به بعد نسبت به شاهد افزایشی بوده است (شکل ۲).

بیشترین مقدار نیتروژن مضر (۱/۱۱ درصد) در محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار آهن و در ۶۰ درصد پوشش سطح زمین، و کمترین مقدار نیتروژن ریشه (۰/۳۱ درصد) تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار آهن و در ۲۰ درصد پوشش سطح زمین مشاهده شد (شکل ۳). در مرحله ۴۰ درصد پوشش سبز زمین، کلیه سطوح آهن نیتروژن مضر پایینی را در ریشه تولید کردند. در غلظت ۱ در هزار آهن، محلول‌پاشی در مراحل اول رشد و همچنین در اواخر دوره رشد باعث افزایش میزان نیتروژن مضر ریشه شد،

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی مقادیر آهن در مراحل مختلف رشد چغندر قند روی میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضر ریشه، عملکرد قند، عملکرد تر ریشه و همچنین درصد قند

Table 1- Analysis of variance effect of spraying Nano-iron concentration at different growth stages on the root Sodium, Potassium, α -aminose, Fresh root yield, and sugar percent in *Beta vulgaris*

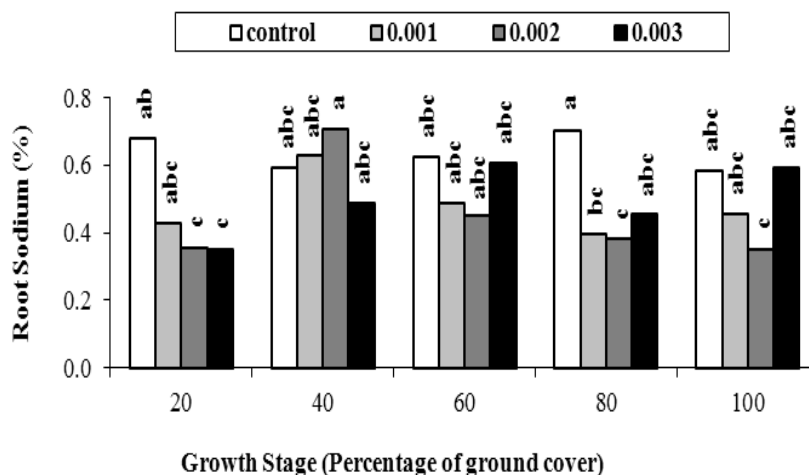
منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)					عملکرد قند Sugar yield
		سدیم ریشه Root sodium	پتاسیم ریشه Root potassium	نیتروژن مضر ریشه α -aminose of root	درصد قند (عیار) Sugar percentage	عملکرد ریشه (وزن تر) Root yield (fresh weight)	
تکرار (Replication)	2	0.002	1.68	0.01	1.58	210908634	16831853.2*
مقادیر آهن (Amounts iron)	3	0.10**	2.94**	0.06**	2.52	1952858215**	764772018**
مراحل محلول پاشی (Spraying stages)	4	0.04*	0.98	0.11**	4.40*	1884540170**	86020171.4**
مقادیر آهن × مراحل محلول پاشی (Amounts iron.spraying stages)	12	0.03**	2.24**	0.09**	5.32**	733657657**	24654483.5**
اشتباه آزمایشی (Error)	38	0.01	0.62	0.01	1.56	83655690	5173079
ضریب تغییرات (%) CV		20.21	11.90	12.82	6.88	8.90	12.16

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* & **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

حداکثر رسید. بنابراین برای پرهیز از افزایش نیتروژن مضر ریشه چغندر قند در کاربرد آهن باید توجه کرد که در مراحل اولیه رشد (قبل از پوشش ۴۰ درصدی سطح زمین) محلول پاشی انجام گیرد (شکل ۳).

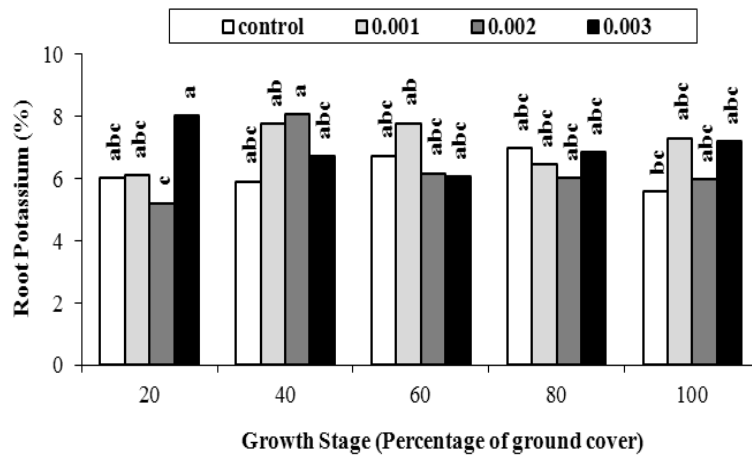
ولی در غلظت ۲ در هزار، افزایش نیتروژن مضر پس از مراحل ۴۰ درصد پوشش سطح زمین اتفاق افتاد. تجمع نیتروژن مضر ریشه در محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار آهن نسبت به سطوح دیگر و شاهد بالاتر بود. به طوریکه مقدار آن در مرحله ۶۰ درصد پوشش سطح زمین به



شکل ۱- مقایسه میانگین های سدیم ریشه چغندر قند تحت تاثیر محلول پاشی مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد. حروف مشابه بیانگر تفاوت غیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Fig 1- Means comparison of sodium content of sugar beet root affected by concentration of Nano-iron foliar spraying at growth stages.

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های پتاسیم ریشه چغندر قند تحت تاثیر محلول پاشی مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد.

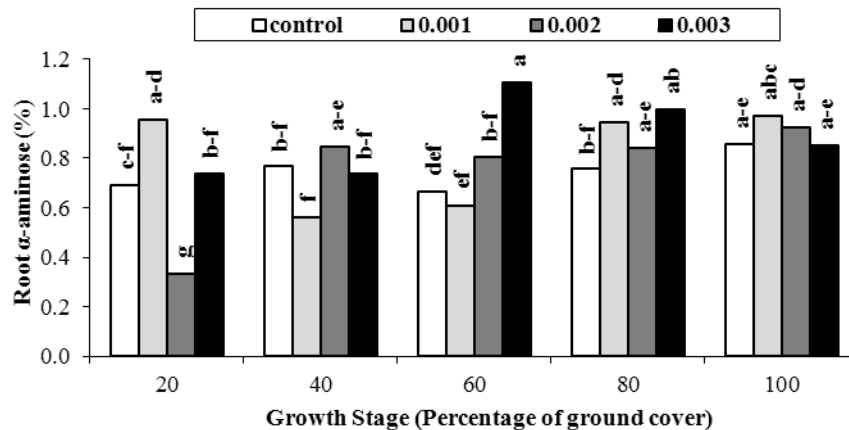
حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Fig 2- Means comparison of potassium content of sugar beet root affected by Nano-iron foliar spraying at growth stages.

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

پس از رسیدن به ۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین باعث تغییر معنی‌دار درصد قند نسبت به تیمار شاهد نشد. بنابراین برای رسیدن به درصد قند بالا در مراحل میانی رشد چغندر قند، باید آهن با غلظت بیش از ۲ در هزار استفاده شود.

عیار قند (درصد قند بر اساس وزن تر ریشه) در کلیه مقادیر کاربرد آهن در مراحل ۲۰ تا ۴۰ درصد پوشش زمین برابر با درصد قند مربوط به تیمار شاهد (بدون آهن) بود، ولی در مراحل ۶۰ و ۸۰ درصد پوشش گیاهی مقادیر ۲ و ۳ در هزار آهن باعث افزایش معنی‌دار درصد قند شد (شکل ۴). محلول پاشی آهن در هر سه غلظت در مرحله

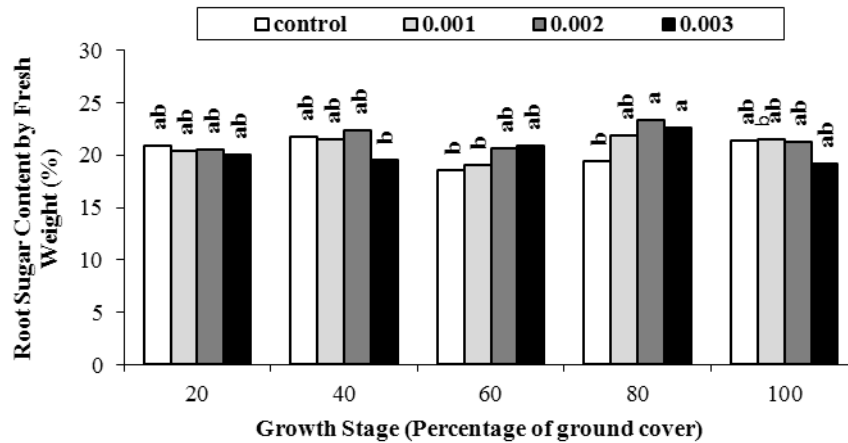


شکل ۳- مقایسه میانگین‌های نیتروژن مضر ریشه چغندر قند تحت تاثیر محلول پاشی مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد.

حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Figure 3- Means comparison of alpha-aminose content of sugar beet root affected by Nano-iron foliar spraying at growth stages.

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های درصد قند ریشه چغندر قند تحت تاثیر محلول پاشی مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد. حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Fig 4- Means comparison of sugar percent of sugar beet root affected by Nano-iron foliar spraying at growth stages.

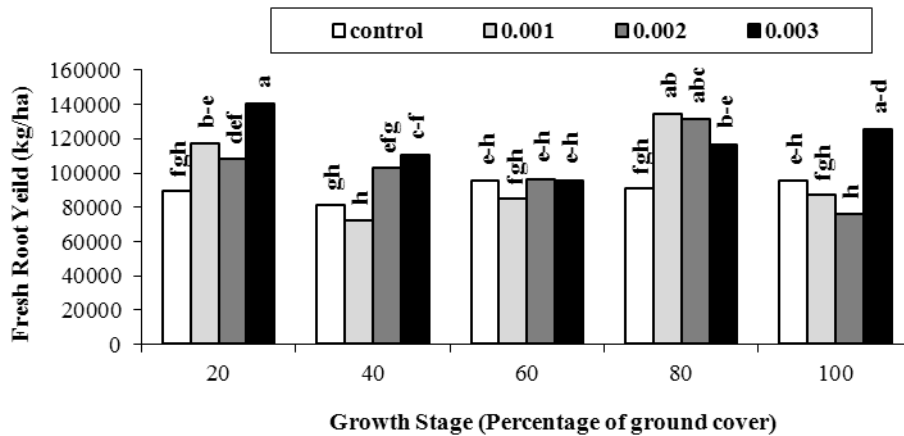
The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

در پوشش ۱۰۰ درصد سطح زمین، تنها غلظت ۳ در هزار آهن عملکرد ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طور کلی کاربرد مقادیر بالاتر آهن در بیشتر مراحل رشد چغندر قند، به استثنای ۶۰ درصد پوشش زمین، عملکرد ریشه را افزایش داده‌اند (شکل ۵).

همان‌طور که در شکل ۶ ارایه شده است، عملکرد قند در واحد سطح که حاصل تغییرات درصد قند و عملکرد وزن تر ریشه در هکتار می‌باشد، تحت تاثیر غلظت‌های مختلف آهن نانو در مراحل رشدی چغندر قند قرار گرفت. بیشترین عملکرد قند (۳۰۵۸۶ کیلوگرم در هکتار) از محلول پاشی آهن با غلظت ۲ در هزار و در مرحله ۸۰ درصد پوشش زمین به دست آمد که با مقادیر ۱ و ۳ در هزار آهن در همین مرحله رشد تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کاربرد آهن در غلظت ۳ در هزار در مراحل ۲۰ و ۱۰۰ درصد پوشش زمین نیز از نظر عملکرد قند با تیمارهای تولید حداکثر قند یکسان بود. ۴۰ و ۶۰ درصد پوشش زمین عملکرد قند را نسبت به شاهد افزایش نداد (شکل ۶).

با وجود افزایش نسبی در عیار قند همراه با کاربرد غلظت‌های بالاتر آهن در کلیه مراحل رویشی، غیر از اوایل (۲۰ درصد پوشش سطح زمین)، این میزان در اواخر دوره رشد (۱۰۰ درصد پوشش سطح زمین) و در غلظت‌های ۲ و ۳ در هزار آهن کاهش یافت (شکل ۴).

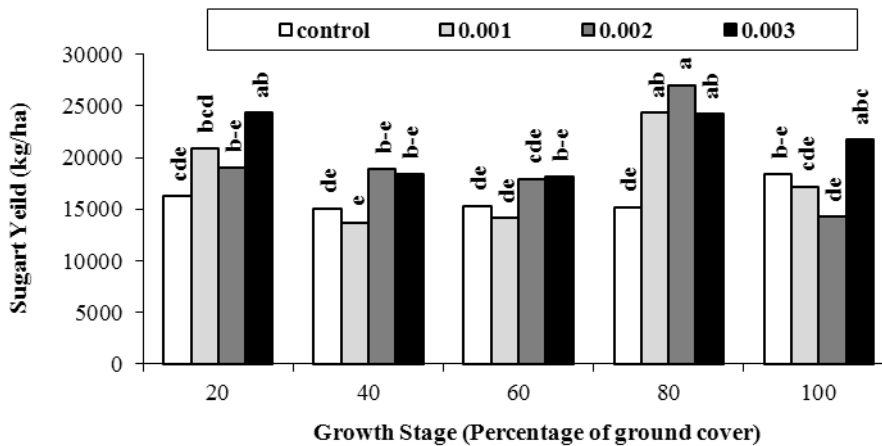
بیشترین عملکرد وزن تر ریشه (۱۳۶۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول پاشی ۳ در هزار آهن نانو در مرحله ۲۰ درصد پوشش زمین، و کمترین مقدار وزن تر ریشه در واحد سطح (۷۲۵۷۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار محلول پاشی ۱ در هزار آهن در مرحله ۴۰ درصد پوشش سبز به دست آمد (شکل ۵). در مرحله ۲۰ درصد، افزایش غلظت آهن به‌طور تصاعدی عملکرد تر ریشه را افزایش داد. در مرحله ۴۰ درصد پوشش سبز، افزایش آهن از مقدار ۲ در هزار به بالا باعث افزایش عملکرد شد. در مرحله ۶۰ درصد پوشش زمین کلیه سطوح آهن تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد تر ریشه نسبت به شاهد (بدون آهن) نشان ندادند. در مرحله ۸۰ درصد پوشش زمین، با وجود کاهش نسبی عملکرد ریشه در غلظت‌های بالاتر آهن، هر سه سطح آهن نانو عملکرد بالاتری در مقایسه با شاهد تولید کردند. ولی



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد تر ریشه چغندر قند تحت تاثیر محلول پاشی مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد. حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Fig 5. Means comparison of fresh root yield of sugar beet root affected by Nano-iron foliar spraying at growth stages.

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.



شکل ۶- مقایسه میانگین‌های عملکرد قند چغندر قند تحت تاثیر محلول پاشی مقادیر آهن نانو در مراحل مختلف رشد. حروف مشابه بیانگر تفاوت غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Fig 6- Means comparison of sugar yield of sugar beet affected by Nano-iron foliar spraying at growth stages.

The similar letters show non-significant difference at $P \leq 0.05$.

مقادیر تقریباً یکسان پتاسیم در سطوح آهن و افزایش آن در مقایسه با شاهد، نشان می‌دهد که افزایش جذب پتاسیم به دلیل بهبود رشد گیاه و افزایش قدرت جذب ریشه بوده است. نکته جالب توجه در این پژوهش کاهش معنی‌دار میزان سدیم ریشه در ترکیبات تیماری است که بالاترین عملکرد را داشته‌اند. بنابراین کاهش شدید تجمع سدیم در ریشه می‌تواند یکی از مکانیسم‌های بهبود رشد ریشه و افزایش ذخیره قند در ریشه چغندر قند باشد. در چغندر قند کمبود آهن شدت فتوسنتز را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (Terry, 1980). برگ‌های

نتایج پژوهش حاضر استفاده از غلظت ۲ در هزار آهن را برای تولید حداکثر قند در مرحله ۸۰ درصد پوشش زمین توصیه می‌کند. در این ترکیب تیماری، درصد قند و عملکرد ریشه نیز در حداکثر مقدار خود قرار دارد، ولی بالا بودن تجمع نیتروژن مضر در ریشه در این سطح تیماری استخراج قند را با مشکل مواجه می‌سازد. البته این مقدار نیتروژن مضر برابر با شاهد بوده، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از این مقدار آهن در مرحله‌ای از رشد که بیشترین عملکرد را دارد، تغییری در میزان نیتروژن مضر ریشه نسبت به شرایط بدون آهن نداده است.

فرآیندهای فیزیولوژیک غیرفتوسنتزی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد که این فرآیندها به تامین مجدد آهن پاسخ می‌دهند. برای مثال، گیاهان با کمبود آهن دارای غلظت‌های بالایی از اسیدهای آلی نظیر سیترات و ملات می‌باشند که در کاربرد آهن به تدریج کاهش می‌یابند.

لوپز میلان و همکاران (López-Millán *et al.*, 2001) در یک آزمایش، ۲۴ ساعت پس از تامین مجدد آهن، تغییرات زیادی در سنتز رنگیزه‌های کمکی حتی قبل از شروع سنتز کلروفیل جدید مشاهده کردند. در طول همین مدت، شدت فتوسنتز ۵۰ درصد افزایش یافت، ولی ۱ تا ۲ روز بعد از تامین آهن، یک افزایش تدریجی و آرام در غلظت کلروفیل و سایر رنگدانه‌های فتوسنتزی مشاهده شد. در ۳ تا ۴ روز پس از کاربرد آهن در گیاهان دارای کمبود، غلظت رنگدانه‌ها و شدت فتوسنتز در مقایسه با شاهد افزایش یافت، هرچند در سطح پایین‌تری نسبت به گیاهان بدون کمبود آهن قرار داشتند (Larbi *et al.*, 2004). به نظر می‌رسد کاهش درصد قند، عملکرد ریشه و عملکرد قند در مقادیر پایین‌تر آهن محلول‌پاشی و همچنین تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) از طریق مکانیسم‌های آرایه شده در بالا قابل توجیه باشد.

نتیجه گیری

به‌طور کلی، اثر متقابل معنی‌دار بین مقادیر آهن و مراحل رشدی چغندر قند نشان می‌دهد که پاسخ رشدی گیاه به استفاده از مقادیر متفاوت آهن در هر مرحله از رشد چغندر قند از نظر تجمع سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضر و قند در ریشه و همچنین عملکرد ریشه و قند یکسان نیست. بنابراین برای رسیدن به تولید بهینه قند، غلظت مورد استفاده آهن در هر کدام از مراحل رشد یکسان نبوده و قند با مقدار و کیفیت متفاوت به‌دست خواهد آمد. ازت مضر ریشه، به عنوان یک ویژگی منفی در استخراج قند، در غلظت‌های بالاتر آهن به ویژه از اواسط رشد تا مراحل پایانی دوره رشد چغندر افزایش یافته است. استفاده از غلظت ۲ در هزار آهن را برای تولید حداکثر قند (درصد قند و عملکرد ریشه بالاتر) در مرحله ۸۰ درصد پوشش زمین توصیه می‌کند. مقدار یکسان نیتروژن مضر، و کاهش سدیم ریشه در این تیمار با شاهد نیز نشان می‌دهد که کاربرد این تیمار بهینه است.

گیاهان با کمبود آهن یک کاهش چشمگیری در تعداد گرانا و لاملای استرومایی در هر کلروپلاست نشان می‌دهند (Spiller & Terry, 1980). که با کاهش در اجزای غشای تیلاکوئیدی شامل کلروفیل‌های گیرنده نوری و کارتنوئیدها (Abadía & Abadía, 1993; Morales *et al.*, 2000) و ناقلین الکترون فتوسنتزی (Spiller & Terry, 1980) همراه است. همچنین کمبود آهن در چغندر قند ظرفیت کربوکسیلاسیون RUBP را از طریق کاهش فعالیت آنزیمی روپیسکو کاهش می‌دهد (Winder & Nishio, 1995). تیلور و تری (Taylor & Terry, 1986) عنوان کردند که با کاهش در برداشت نور، انتقال الکترون و تثبیت کربن، کمبودهای متوسط آهن به خوبی دیده شده است (Winder & Nishio, 1995). به دلیل شدت فتوسنتز پایین، گیاهان با کمبود آهن در معرض خسارت جریان فوتون فتوسنتزی در شرایط طبیعی هستند (Abadía *et al.*, 1999).

کمبود آهن در گیاهان کلروفیل b را بیشتر از سایر رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش می‌دهد و پس از آن به ترتیب کلروفیل a و کارتنوئیدها کاهش می‌یابند، به طوری که برگ‌های با کمبود شدید آهن در چغندر قند ۵ درصد کلروفیل، بتا-کاروتن و نئوزانتین، ۱۵ درصد لوتئین، و ۴۰ درصد زئازانتین، آنترازانتین و ویولازانتین کمتری در مقایسه با گیاهان شاهد (بدون کمبود آهن) دارند (Morales *et al.*, 2000). کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی در چغندر قند با کمبود آهن (Abadía *et al.*, 2000; Morales *et al.*, 1999)، مشابه نتایج کمبود نیتروژن برگگی در ذرت و اسفناج می‌باشد (Khamis *et al.*, 1997; Verhoeven *et al.*, 1990).

پس از تامین مجدد آهن در گیاهان با کمبود آهن، اثرات کمبود آن کاهش می‌یابد. به طوری که کلروفیل و سایر اجزای برداشت نور و زنجیره انتقال الکترون به تدریج ساخته می‌شوند. این نوع بازیافت اجزای فتوسنتزی در چغندر قند (Winder & Nishio, 1995) و سویا (Hecht-Buchholz & Ortmann, 1986) به خوبی شناخته شده‌اند. تامین مجدد آهن برای گیاهان چغندر قند با کمبود آهن، ابتدا غلظت آهن در برگ و سپس غلظت کلروفیل برگگی را با یک تاخیر زمانی افزایش می‌دهد (López-Millán *et al.*, 2001). کمبود آهن سایر

References

- Abadía, J. and Abadía, A. 1993. Iron and plants pigments. *In*: Barton LL and Hemming BC (eds). **Iron Chelation in Plants and Soil Microorganisms**. Academic Press, San Diego, California. Pp 327–344.
- Abadía, J., Morales, F. and Abadía, A. 1999. Photosystem II efficiency in low chlorophyll, iron-deficient leaves. **Plant Soil** 215(2): 183–192.
- Hecht-Buchholz, C. and Ortmann, U. 1986. Effect of foliar iron application on regreening and chloroplast development in iron chlorotic soybean. **J. Plant Nutr.** 9(3-7): 647–659.
- Khamis, S., Lamaze, T., Lemoine, Y. and Foyer, C. 1990. Adaptation of the photosynthetic apparatus in maize leaves as a result of nitrogen limitation. **Plant Physiol.** 94(3): 1436–1443.
- Kochehy, A. and Soltani, A. 1994. **Sugar Beet**. Publication of Jihad-e Daneshgahi of the Mashhad University. 196 p. (In Farsi)
- Larbi, A., Abadia, A., Morales, F. and Abadía, J. 2004. Fe resupply to Fe-deficient sugar beet plants leads to rapid changes in the violaxanthin cycle and other photosynthetic characteristics without significant de novo chlorophyll synthesis. **Phytosynth. Res.** 79(1): 59-69.
- López-Millán, A. F., Morales, F., Abadía, A. and Abadía, J. 2001. Changes induced by Fe deficiency and Fe resupply in the organic acid metabolism of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves. **Physiol. Plant.** 112(1): 31–38.
- Malakouti, M. J. and Tehrani, M. M. 1999. **The Role of Micronutrients in Increasing the Yield and Quality of Crops**. Tarbiat Modarres University Press. 299p. (In Farsi with English Summary)
- Morales, F., Belkhdja, R., Abadía, A. and Abadía, J. 2000. Photosystem II efficiency and mechanisms of energy dissipation in iron-deficient, field-grown pear trees (*Pyrus communis* L.). **Photosynth. Res.** 63(1): 9–21.
- Salardini, A. and Murphy, L. 1978. Grain sorghum responses to organic iron on calcareous soil. **Plant Soil** 49(1): 57-70. (In Farsi with English Summary)
- Seyed Sharifi, R. 2009. **Industrial Plants**. University of Mohaghegh Ardabili. 432 p. (In Farsi)
- Shaykh al-islam, R. 1997. **Laboratory Methods and Their Application in Process Control of Food Industry (Sugar)**. Publisher Mersa. 342 p. (In Farsi)
- Spiller, S. and Terry, N. 1980. Limiting factors in photosynthesis. II. Iron stress diminishes photochemical capacity by reducing the number of photosynthetic units. **Plant Physiol.** 65(1): 121–125.
- Taylor, S.E. and Terry, N. 1986. Variation in photosynthetic electron transport capacity and its effect on the light modulation of ribulose biphosphate carboxylase. **Photosynth. Res.** 8: 249–256.
- Terry, N. 1980. Limiting factors in photosynthesis. I. Use of iron stress to control photochemical capacity *in vivo*. **Plant Physiol.** 65(1): 114–120.
- Vankhadeh, S. 1999. Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. **Nes. S. Zz** 1: 143-144.
- Verhoeven, A., Demmig-Adams, B. and Adams, W. 1997. Enhanced employment of the xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. **Plant Physiol.** 113(3): 817–824.
- Winder, T. and Nishio, J. 1995. Early iron deficiency stress response in leaves of sugar beet. **Plant Physiol.** 108(4): 1487–1494.

Effect of nano-iron foliar application on mineral elements and root α -aminose and its relation with yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

Alireza Pirzad^{1*}, Mahmood Mazlomi Mamyandi², Mohammad Reza Zardashti³

1-Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.

2- MSc. Former Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia- Iran.

3-Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.

*Corresponding author: a.pirzad@urmia.ac.ir

Received: 2013.04.08

Accepted: 2013.09.01

Abstract

To investigate effect of iron spraying on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves at different growth stages, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Beet Sugar Naghadeh in spring 2011. Treatments were foliar application of Nano-Iron (0, 1, 2 and 3 g/l) at different growth stages (20, 40, 60, 80 and 100 % of ground cover). Results of analysis of variance showed that interaction effects between amounts and spraying stages had significant effects on the content of sodium, potassium, α -aminose of root, percentage of sugar, root yield (fresh weight) and sugar yield. The highest sodium content of root (0.71 %), and the highest potassium content (8.05 %) were obtained by 2 g/l iron spray at 40 % ground cover. And the maximum α -aminose percentage (1.11 %) was obtained by 3 g/l foliar application at 60 % of ground cover. Sugar percent rise up by higher foliar application (2 and 3 g/l) in comparison with control treatment. The highest yield of root (136570 kg/ha) was obtained from 3 g/l foliar application at 20 % of ground cover with no significant differences with 1 and 2 g/l spraying at 80% ground cover. The highest yield of sugar (30586 kg/ha) was occurred at 2 g/l of iron used in 80% ground cover.

Keywords: Nano-iron, Sugar percentage, *Beta vulgaris*, Root yield, α -aminose