نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۶۹-۶۱

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 61-69

کاربرد فناوری ردیابی ایزوتوپی در مدیریت کود نیتروژنی در گیاه چغندرقند تحت سیستمهای مختلف آبیاری

میر احمد موسوی شلمانی[۱]- علی خراسانی[۲]- نجات پیرولی بیرانوند[۳]- مجید نوری محمدیه[۴*]-
علی اسکندری[۵]- سید محمود محاطی[۶]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۸/۲۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۷/۱۶

چکیده

در مطالعه حاضر روشهای مختلف آبیاری با استفاده از فناوری ردیابی ایزوتوپی مورد ارزیابی قرار گرفت تا فرایند بازیابی نیتروژن توسط گیاه چغندرقند مورد بازبینی قرار گیرد. تیمارهای مورد مطالعه شامل: کود آبیاری قطره‌ای (T۱) کود آبیاری بارانی (T۲) آبیاری بارانی (T۳) و آبیاری فارو (T۴) می‌باشند. نتایج نشان دهنده این است که در غده‌های تحت تیمار T۱، نیتروژن اسید آمینه‌ای، نمکهای (K و Na) زیاد بوده و کمترین شکر سفید تولید شده مربوط به این تیمار می‌باشد. تیمارهای آبیاری بارانی (T۲ و T۳) نسبت به سایر تیمارها محصول ریشه و شکر بیشتری تولید کرده‌اند. ریشه-های تحت تیمار T۲ بیشترین نیتروژن، رطوبت و نمک را برداشت کرده است و در نتیجه بیشترین میزان قند ملاس را در واحد سطح مزرعه در بین همه تیمارها به خود اختصاص داده است. تغییر روش اعمال کود در تیمارهای آبیاری بارانی (T۳) موجب کاهش نمکهای غده شده و کاهش این نمکها گرایش به تغییر رنگ شکر سفید و تولید شکر ناخالص را کاهش داده است. ریشه‌های تحت تیمار T۴ کمترین وزن تازه و ناخالصی ریشه را دارند. طولانی شدن دوره کوددهی از اوایل خرداد تا پایان مرداد باعث افزایش عناصر کودی در محیط ریشه و جذب ناچیز آن شده و متعاقب آن نیتروژن آمینو اسیدی و قند ملاس در غده افزایش و شکر سفید (قابل استحصال) کاهش یافته است. در کل استفاده از روش آبیاری بارانی و اعمال تیمار کودی در ابتدای دوره کشت، برای کشت این گیاه مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: سیستم های آبیاری، نیتروژن ۱۵، چغندرقند، تولید شکر

مقدمه

تولید پایدار محصولات کشاورزی نیاز به کاربرد مواد مغذی مهم، مخصوصاً نیتروژن دارد تا از این طریق اتلاف این مواد از سیستم تولید (در اثر برداشت محصول و یا آلایندگی به محیط زیست) جبران گردیده و تعادل پایا بین ورود و خروج مواد مغذی از سیستم برقرار شود (۷). اهمیت مدیریت دقیق نیتروژن در تولید چغندرقند به خوبی اثبات شده است. استفاده زیاد از آب و کود از یک رو منجر به آبشویی زیاد نیتروژن نیتراتی و آلودگی آبهای زیرزمینی می‌شود و از سوی دیگر به دلیل افزایش میزان نیتروژن مضره، از کریستالیزه شدن قند ممانعت بعمل می‌آورد. کمبود نیتروژن علاوه بر اینکه رشد مناسب گیاه را با خلل مواجه می‌سازد، بر کیفیت ریشه و شکر نیز اثر گذار است. پس از کاربرد کودهای نیتروژنی، این عنصر دستخوش یک سری تغییرات از جمله هیدرولیز، تبخیر، نیترات‌زایی، نیترات‌زدایی و معدنی شدن می‌گردد (۱). در این بین استفاده از روشهای تعیین کارایی مصرف آب و کود می‌تواند ابزار مفیدی برای تأمین کمترین نرخ نیتروژن مورد نیاز جهت رشد بهینه گیاه چغندرقند و کاهش تلفات آب و کود باشد. از روش‌های تعیین کارایی مصرف کود می‌توان به روشهای تفاضلی و رقیق سازی ایزوتوپی اشاره نمود. باید توجه نمود که هر دو روش، به تغییرات بیولوژیکی و شیمیایی خاک حساس بوده

۱- مربی، سازمان انرژی اتمی و دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- کارشناس خاکشناسی، سازمان انرژی اتمی، گروه پژوهشی کشاورزی هسته‌ای
۳- مربی، سازمان انرژی اتمی و دانشجوی دکتری بیولوژی خاک، دانشگاه تهران
۴- دانشجوی دکتری گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: nouri.mohammadieh@gmail.com)
۵- استادیار، سازمان انرژی اتمی ایران، گرایش فیزیولوژی گیاهی
۶- مربی، سازمان انرژی اتمی ایران، گروه کاربرد ایزوتوپها

و تحت تأثیر صفات رقابتی گیاه در خاک (مانند توزیع ریشه) قرار می‌گیرند (۴). گیاکومینی و همکاران (۳) با استفاده از فناوری ردیابی ایزوتوپی، بازیابی نیتروژن توسط گیاه پنبه در زمان گلدهی و برداشت (ریشه + سبزینه) را ۵۹ تا ۶۳ درصد گزارش نمودند. ایشان عنوان نمودند که اگر نیتروژن در ابتدای دوره آبیاری بکار رود بیشترین کارایی مصرف نیتروژن ۱۵ و محصول دانه پنبه حاصل می‌شود. این در حالی است که اگر کود نیتروژنی در پایان دور آبیاری اعمال شود، هم پتانسیل تلفات کود و هم میزان تولید محصول پنبه کاهش می‌یابد. در این راستا هو و همکاران (۵) اثر روش‌های مختلف کود آبیاری را در فرایند بازیابی نیتروژن ۱۵ معنی‌دار ندانستند. نانن و همکاران (۸) کارایی کاربرد نیتروژن ۱۵ در گیاه ذرت با استفاده از روش ایزوتوپی را در دامنه ۵۱ تا ۶۱ درصد گزارش نمودند و بر اساس نتایج نامبردگان، بیشتر کود نیتروژنی به کار رفته برای گیاه از دسترس آن خارج شده و مقدار کمی از آن در برگ‌ها و ساقه ذخیره می‌شود. نتایج مطالعات متعدد کارایی مصرف کود نیتروژن‌دار را برای گندم در دامنه ۲۱ تا ۸۷ درصد نشان داده است. در حالیکه تعداد معدودی از این مطالعات موجود است که این کارایی را برای جو در دامنه ۳۱ تا ۷۰ درصد گزارش نموده اند. ویلیامز و همکاران (۱۰) عنوان نمودند که بیشتر نیتروژن برداشتی توسط گندم از ذخایر نیتروژن آلی خاک تأمین می‌شود و برای گیاه چچم چند ساله نتیجه گرفتند که ۹ درصد نیتروژن ۱۵ مورد استفاده توسط دانه، ۲۹ درصد توسط ساقه، ۱۹ درصد توسط ریشه و ۳۹ درصد توسط مواد آلی بازیابی شده است. بر اساس نتایج پروپوس و همکاران (۹) با افزایش نیتروژن تا حد ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم، سبزینه و محصول ریشه جعفری افزایش یافته و محتوی نیترات بافت‌ها نیز کم می‌گردد و با افزایش نیتروژن به بیش از ۳۰۰ یا ۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم، نه تنها محصول افزایش نمی‌یابد بلکه به محتوی نیترات بافت‌ها نیز افزوده می‌شود. ماندرسچید و همکاران، (۶) در مقایسه تأثیر سطوح مختلف نیتروژن کاربردی بر نیتروژن اسید آمینه‌ای در چغندرقند تازه به این نتیجه دست یافتند که در سطوح پایین کودی بیشترین نیتروژن اسید آمینه-ای ملاحظه گردیده است. از آنجا که از سیستم های مختلف آبیاری جهت آبیاری و کود رسانی گیاه چغندرقند استفاده می‌شود، کاربرد هر یک از این الگوها باعث تأثیر در میزان محصول و متعاقباً درصد قند چغندرقند می‌گردد. لذا در این بررسی سعی بر این است تا با استفاده از فناوری ردیابی ایزوتوپی، الگوی بهینه کاربرد کود در هر یک از سیستم‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و فارو مورد بازبینی قرار گیرد و علاوه بر آن نقش زمان کوددهی در تولید نیتروژن مضره شناسایی و نسبت به اصلاح الگوی آن اقدام گردد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی وصنعتی (پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای) انجام شد. برخی از خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

این مطالعه در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی (به صورت چندمشاهده‌ای) اجرا شد. بذر چغندر قند در نیمه دوم فروردین ماه در کیسه‌های نایلونی کاشته شد و در تاریخ دوم خرداد به مزرعه منتقل گردید. پس از انتقال، گیاه در کرتهایی به مساحت ۱۴۴ متر مربع در چهار تیمار و سه تکرار کشت شد. تیمارها مورد مطالعه شامل سیستم کودآبیاری قطره‌ای (T۱)، کودآبیاری بارانی (T۲)، آبیاری بارانی (T۳) و سیستم فارو (T۴) می‌باشند. تعیین سطح کودی در کلیهٔ تیمارها بر اساس آزمون خاک صورت گرفت (جدول ۲).

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مطالعه

عمق خاک (cm)	بافت خاک	SP ٪	EC (dSm^{-1})	pH گل اشباع	N ٪	P ($mg\ kg^{-1}$)	K ($mg\ kg^{-1}$)	CCE ٪	کربن آلی ٪
۳۰-۰	لوم رسی	۴۵	۰/۹۲	۸/۱	۰/۱۲	۱۱/۳۳	۲۳۴	۱۶/۵۵	۱/۰۸
۶۰-۳۰	لوم رسی	۴۶	۱/۰۴	۸/۱	۰/۰۹	۶/۹۷	۱۴۶	۱۹/۷۲	۰/۴۸
۹۰-۶۰	لوم رسی	۴۶	۱/۰۳	۸/۰	۰/۰۴	۷/۴۱	۱۷۸	۱۳/۲۸	۰/۳۷

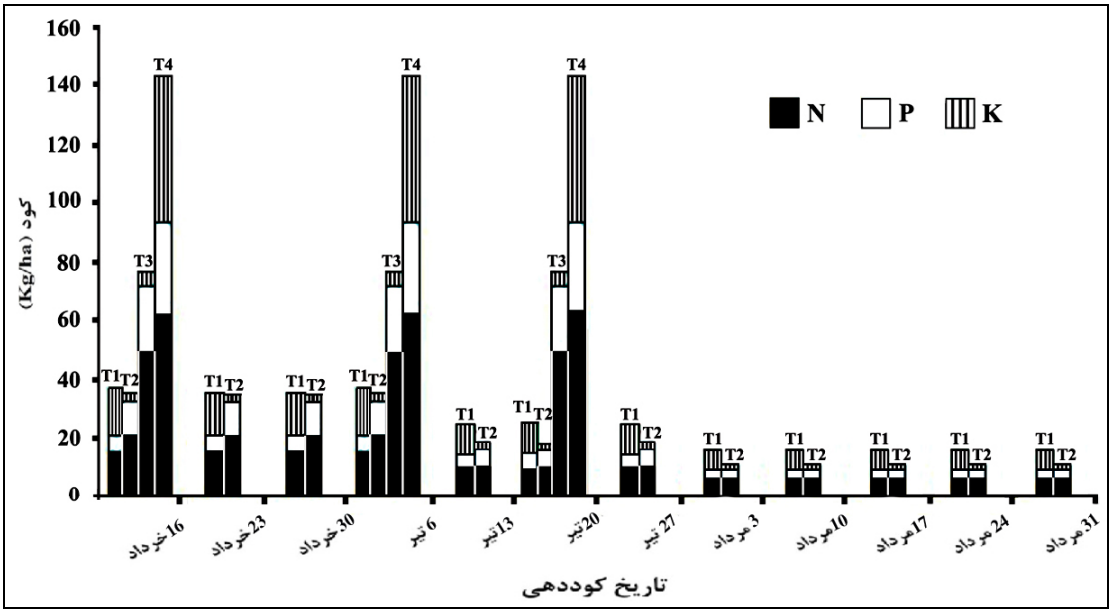
جدول ۲- سطوح کودی در تیمارهای مختلف (بر حسب کیلوگرم عنصر در هکتار)

تیمارها	N	P	K	Zn	B	Mn
T۱	۱۲۱	۵۵	۱۲۸	۷	۷	۷
T۲	۱۴۸	۸۲/۵	۱۴۵	۷	۷	۷
T۳	۱۴۸	۸۲/۵	۱۴۵	۷	۷	۷
T۴	۱۹۳	۱۱۰	۱۶۱	۱۰	۱۰	۱۰

سیستم مرکزی آبیاری در تیمارهای تحت فشار از منبع ذخیره آب، الکتروپمپ، کنتور، پمپ کودآبیاری، فیلتر توری، فشارسنج و شیرهای یکطرفه تشکیل شده بود. در تیمار کودآبیاری قطره‌ای از لوله‌های پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر و قطره‌چکان‌های با آبدهی ۴ لیتر در ساعت استفاده شد. فواصل لوله‌های آبیاری و بوته‌ها به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲۵ متر محاسبه و به ازای هر بوته، یک قطره‌چکان درنظر گرفته شد. از هر ۶ خط آبیاری، یک خط حذف و به عنوان جاده در نظر گرفته شد. تراکم کشت در این تیمار ۶۶۸۰۰ بوته در هکتار بود. دوره کوددهی به مدت ۲/۵ ماه از اواسط خرداد ماه تا اواخر مرداد ماه به طول انجامید و در این دوره کلیه عناصر مورد نیاز در ۱۱ قسط و به فاصلهٔ ۷ روز، از طریق پمپ کود آبیاری به سیستم آبیاری تزریق شد (شکل ۱). به منظور اجتناب از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اثر واکنش متقابل عناصر کودی در محیط محلول، از تست جار (JAR test) استفاده شد. در وسط هر کرت قطعه‌ای به مساحت ۱/۵ متر مربع جدا و به کرتچه ایزوتوپی اختصاص داده شد. بدین ترتیب تمام مواد شیمیایی (نظیر کود، قارچ کش، عناصر میکرو و غیره) به همراه اورهٔ نشاندار به صورت مجزا از طریق پمپ کوچک کودآبیاری به کرتچه ایزوتوپی تزریق شد. تعداد قطره چکان و بوته در کرتچه ایزوتوپی ۱۳ عدد بود. اوره نشاندار شامل ۲/۰۴۴ اتم درصد اضافهٔ ^{15}N از طریق پمپ کوچک کود آبیاری به سیستم تزریق شد.

در تیمارهای آبیاری بارانی (T۲ و T۳) از سیستم آبیاری ثابت با آبپاش های ژاله (دبی ۰/۷۴ متر مکعب در ساعت، شعاع پاشش ۱۱/۵ متر، فشار ۲/۵ بار) و لوله‌های آلومینیومی استفاده شد. تفاوت تیمارهای آبیاری بارانی T۲ و T۳ در روش کاربرد کود می‌باشد که در ادامه روش کوددهی در هر یک از این تیمارها آورده شده است. قبل از کاشت گیاه، با استفاده از ۲۵ عدد قوطی در شبکه‌ای با فواصل ۳ در ۳ متر، آزمون یکنواختی پاشش آبپاش‌ها انجام شد. در تیمارهای آبیاری بارانی فواصل بین خطوط کاشت و بوته‌ها به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲۵ متر در نظر گرفته شد و به ازای هر هشت خط کاشت، دو خط حذف و به جاده تبدیل شد. تراکم کشت دراین تیمار ۶۶۸۰۰ بوته در هکتار تعیین شد. در تیمار T۲ عناصر کودی همزمان با T۱ در ۱۱ قسط و به فاصلهٔ ۷ روز از طریق آبپاشها روی گیاهان پاشیده شد (شکل ۱). مساحت کرتچه ایزوتوپی در تیمارهای بارانی ۱/۵ متر مربع بود که در وسط کرت قرار می‌گرفت. در هنگام کودپاشی تیمار T۲، قطعات ایزوتوپی توسط شبکه شش ضلعی پلاستیکی پوشانده شد و متعاقب آن، اورهٔ نشاندار ۲/۰۹۳ اتم درصد اضافهٔ ^{15}N با معادل سازی توسط سه عدد مه‌پاش روی گیاهان پاشیده شد. در تیمار T۳، کود نشاندار شامل ۲/۰۹۴ اتم درصد اضافهٔ ^{15}N (در ۳ قسط و به فاصلهٔ ۲۰ روز) به صورت دستی به خاک افزوده شد (شکل ۱).

فواصل پشته‌ها و بوته‌ها در تیمار T۴ به ترتیب ۰/۶ و ۰/۲۵ متر در نظر گرفته شد. تراکم کشت در این تیمار۵۵۲۰۰ (بوته در هکتار) بود. در این تیمار کلیه عناصر کودی (به استثنای نیتروژن) همزمان با تیمار T۳، از طریق گالن به کانال اصلی آبیاری وارد می‌گردید (شکل ۱). در تیمار T۴ جهت انجام کوددهی ایزوتوپی، قطعه‌ای به مساحت ۲/۳۵ متر مربع در وسط کرت انتخاب شده و بجای اورهٔ معمولی، از شکل نشاندار آن (۲/۰۵۲ اتم درصد اضافهٔ ^{15}N) استفاده شد.

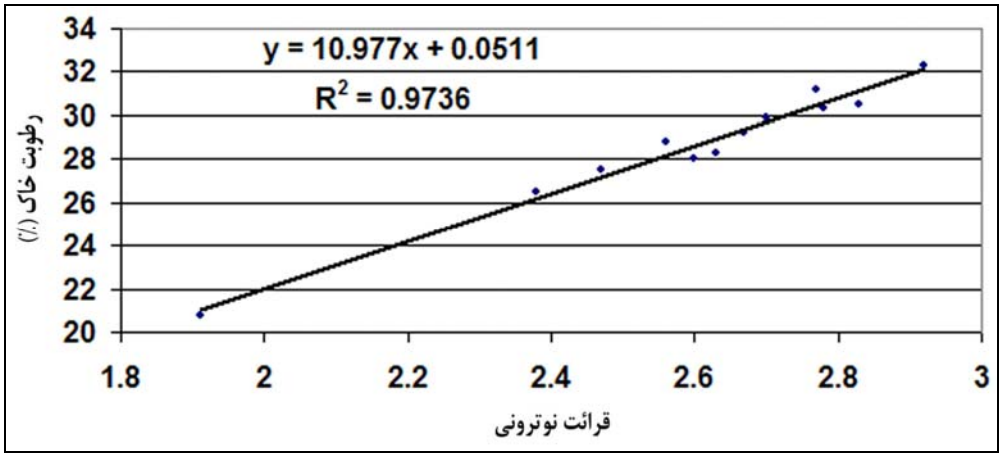


شکل ۱- کاربرد کود طی فصل رشد در تیمارهای مختلف آبیاری

برنامه‌ریزی آبیاری کلیهٔ تیمارها، براساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر کلاسA و میزان بارندگی مؤثر در منطقه صورت گرفت. میزان آب کاربردی برای تمامی تیمارها با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. رطوبت خاک ناحیه ریشه با استفاده از دستگاه نوترون‌متر ثبت شد و از این طریق زمان‌بندی آبیاری اصلاح گردید. بدین منظور برای کلیه تیمارها در دو تکرار لوله‌های آلومینیومی تا عمق یک متری خاک نصب شد. قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها، دستگاه نوترون‌متر (به عنوان تابعی از رطوبت حجمی خاک) در مزرعه واسنجی شد (شکل ۲). پس از برداشت محصول، نمونه‌ها به اندام‌های غده، طوقه، برگ و دمبرگ تفکیک گردیدند و برای هر یک از اندام‌ها وزن تر و خشک اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین معیارهای مهم کیفی چغندرقند (هاروری و داتون، ۱۹۹۳)، شامل درصد قند ناخالص، درصد قند خالص یا قابل استحصال، میزان عناصر نیتروژن، سدیم و پتاسیم، قند ملاس و آلکالیته، ۳۰ غده به آزمایشگاه ارسال گردید و ضریب قلیائیت به روش پولاخ، ۱۹۸۴ و قلیائیت موثر نیز بر اساس روش اندرسون و اسمد، ۱۹۶۳ تعیین گردید. محاسبات آماری این مطالعه که شامل تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از برنامه نرم افزاری GenStat 12th انجام شد و اختلاف میانگین‌ها در سطح اطمینان پنج درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول۳ مقادیر میانگین مربعات خطای مربوط به شاخص‌های مؤثر در کارایی مصرف کود نیتروژن‌دار را در سطوح مختلف آماری نشان می‌دهد. با بررسی اثر تیمارهای مورد مطالعه مشخص می‌گردد که علی رغم انتظار بین مقادیر کارایی مصرف کود در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۴). در تحلیل داده‌های کارایی مصرف کود در تیمارهای مختلف می توان به موارد ذیل اشاره نمود.



شکل ۲- منحنی کالیبراسیون نوترون‌متر در عمق ۲۰ تا ۷۵ سانتیمتری خاک

جدول۳- آنالیز واریانس شاخص‌های موثر در کارایی مصرف کود نیتروژن دار

S.O.V	d.f	FMY	MC	DMY	N	NY	^{15}N	Ndff	FNY	NFUE
بلوک	۲	۹۶/۸	۱۲/۴	۴۱۹۸۰۰۰	۰/۱۸	۸۰۵	۰/۰۱۲	۲۶/۶۵	۴/۴۹	۳/۳۶
تیمار	۳	۶۸۲/۶۷*	۸/۹	۸۷۵۵۰۰۰**	۱/۶۰	۵۴۴۳**	۰/۲۰۹**	۴۹۹/۲۲*	۵۱/۲۶	۲۷/۲۸
باقیمانده	۶	۹۵/۲۵	۲/۱	۷۵۰۳۰۰	۰/۰۸	۵۱۲	۰/۰۲۷	۶۱/۷۶	۴۴/۹۶	۲۲/۹۱
نمونه‌برداری	۳	۱۹۲۷۹/۳۹**	۱۵۰/۴**	۴۳۱۴۰۰۰۰۰**	۱۸/۰۸	۳۴۶۰۹**	۰/۰۲۹**	۶۸/۸۹**	۱۱۷۸/۳۸**	۵۳۱/۲۲**
تیمار×نمونه‌برداری	۹	۳۶۵/۸۳**	۳/۸	۷۲۸۵۰۰۰**	۰/۰۸	۲۰۹۴**	۰/۰۰۷**	۱۷/۰۸**	۱۹/۰۹	۹/۸۹*
باقیمانده	۲۴	۴۳/۵۲	۲/۱	۱۰۳۴۰۰۰	۰/۰۴	۲۴۵	۰/۰۰۱	۱/۷۲	۸/۹۲	۴/۲۵
CV%		۱۹/۳	۱/۷	۲۲/۱	۹/۱	۲۲/۱	۷/۲	۷/۳	۲۵	۲۵/۹

* و ** – به ترتیب معنی داری در سطح اطمینان ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

FMY عملکرد ماده تر (کیلوگرم در هکتار)؛ MC درصد رطوبت بافت؛ DMY عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)؛ N درصد نیتروژن بافت؛ NY برداشت نیتروژن کل در گیاه؛ ^{15}N اتم درصد اضافه نیتروژن ۱۵ در نمونه گیاه؛ Ndff درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار در گیاه؛ FNY برداشت نیتروژن کود در گیاه؛ NFUE کارایی مصرف کود نیتروژن دار که برابر نسبت مقدار کود برداشت شده توسط گیاه به مقدار کل کود مصرفی می‌باشد

جدول٤- شاخص‌های موثر در کارایی مصرف کود نیتروژن دار تحت تأثیر تیمارهای مختلف

تیمار	وزن محصول (ton/ha)	رطوبت (%)	DMY (kg/ha)	TN (%)	NY (kg/ha)	^{15}N (at. %)	Ndff (%)	FNY (kg/ha)	NFUE (%)
T۱	۲۹/۱۳bc	۸۶/۹۴a	۳۸۰۴b	۲/۵۶a	۹۷/۲۳b	۰/۲۴۵b	۱۱/۹۸b	۱۱/۶۴a	۹/۶۲a
T۲	۴۲/۹۶a	۸۶/۵۲ab	۵۷۹۲a	۲/۵۶a	۱۴۸/۴۵a	۰/۳۰۷b	۱۴/۶۶b	۲۱/۷۷a	۱۴/۷۱a
T۳	۳۷/۹۵ab	۸۷/۹۳a	۴۵۸۲b	۲/۲۵b	۱۰۳/۲۸b	۰/۳۹۶ab	۱۸/۹۲ab	۱۹/۵۴a	۱۳/۲۰a
T۴	۲۶/۸۳c	۸۴/۲۱b	۴۲۳۵b	۱/۷۹c	۷۵/۷۲c	۰/۵۴۹a	۲۶/۷۵a	۲۰/۲۶a	۱۰/۵۰a
LSD5%	۹/۷	۱/۴	۸۶۵	۰/۲۹	۲۲/۶	۰/۱۶۳	۷/۹	۶/۷	۴/۸

تیمار T۲ بیشترین میزان تولید گیاهی (۴۲/۹۶ تن در هکتار) را به خود اختصاص داده است. لذا با توجه به درصد بالای نیتروژن در تیمارهای کود آبیاری، حصول به برداشت ۱۴۸/۴۵ کیلوگرم در هکتار در خصوص تیمار T۲ امری دور از انتظار نبوده است. منتهی نتایج نیتروژن ۱۵ و درصد Ndff مؤید این مطلب می‌باشند که علی رغم انتظار کمترین تمایل استفاده از منابع کودی در تیمارهای کود آبیاری ملاحظه گردیده است. به نظر می‌رسد که سیستم و نحوه مدیریت کوددهی در تیمارهای کود آبیاری به گونه‌ای بوده که در مواقع ضروری، منابع کودی در اختیار گیاه قرار نگرفته و بدین ترتیب در مواقع غیر ضروری اقدام به کوددهی گردیده است. با توجه به نمودار کاربرد کود طی فصل رشد (شکل ۱) این نتیجه‌گیری مورد تأیید قرار می‌گیرد. در تیمارهای کود آبیاری (T۱ و T۲) توزیع کود به شکل نزولی از ۱۶ خرداد تا ۳۱ مرداد طی ۱۲ دوره صورت پذیرفته است. تفاوت این الگو با الگوی در نظر گرفته شده برای تیمارهای T۳ و T۴ به این صورت است که تمرکز کوددهی از اواسط خرداد تا اواسط تیر ماه ادامه داشته و پس از آن به طور کلی متوقف گردیده است. لذا با استفاده از داده‌های ایزوتوپی می‌توان این دوره را به دو گروه زمانی "ضروری" و "غیر ضروری" تفکیک نمود. به نظر می‌رسد هر گونه کاربرد کود در دوره اول باعث جذب نیتروژن از منابع کودی می‌شود و در نیمه دوم به دلیل کاهش نیاز گیاه و علی رغم حضور عناصر کودی در محیط ریشه، جذب صورت نمی‌گیرد.

در مقایسه مشخصات کیفی چغندرقند تحت سیستم‌های مختلف آبیاری، بیشترین میزان نیتروژن آمینو اسیدی در تیمارهای T۱ و T۲ ملاحظه گردیده است. این امر باعث گردیده تا ضریب قلیائیت این تیمارها تفاوت معنی دار با سایر تیمارها داشته باشد. اگرچه مقادیر قلیائیت مؤثر در تمامی تیمارها بیشتر از حد مطلوب بوده منتهی این امر سبب گردیده تا به میزان قند ملاس در تیمار T۲ افزوده گردد و علی‌رغم تولید شکر کل بالا (۱۱۷/۹ gkg^{-1}) کمترین میزان تولید شکر سفید به میزان ۸۱/۳ گرم در کیلوگرم به این تیمار اختصاص یابد (جدول ۵). به بیان دیگر تیمارهای آبیاری بارانی علی‌رغم تولید بیشترین میزان شکر کل و بواسطه تفاوت در میزان نیتروژن آمینو اسیدی و سدیم از یکدیگر تفکیک گردیده و از نظر تولید شکر سفید در دو گروه کاملاً مجزا قرار می‌گیرند به طوری که تیمار T۲ کمترین میزان تولید شکر ($۸۱/۳gkg^{-1}$) و تیمار T۳ بیشترین میزان تولید شکر سفید ($۹۴/۲ gkg^{-1}$) را به خود اختصاص داده است (شکل ۳).

همانطوریکه ملاحظه می‌گردد نتایج آنالیز کیفی با تأیید نادرست بودن الگوی کوددهی در تیمارهای T۱ و T۲ بر این نکته تأکید دارد که در طول دوره ۷ ماهه رشد چغندرقند، در شرایط آب و هوایی استان تهران، ۴۵ روز پس از کاشت بذر در زمین باید فرایند کوددهی آغاز گردد.

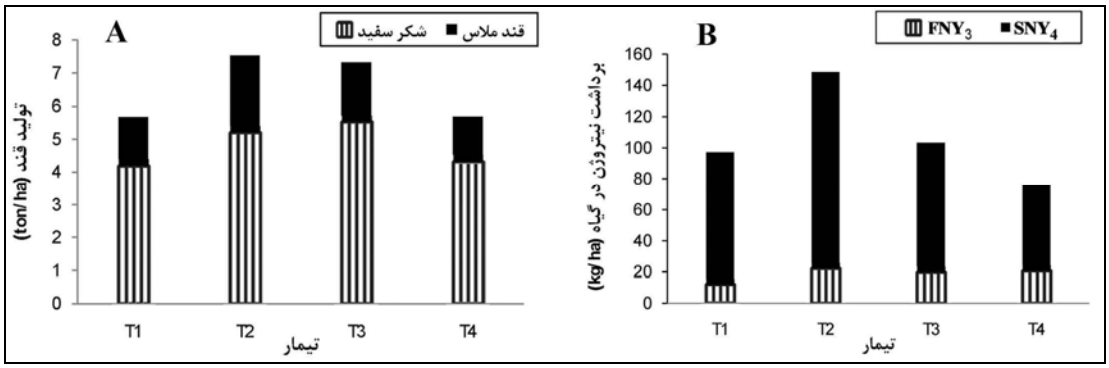
جدول۵- برخی از مشخصات کیفی چغندرقند تحت تأثیرتیمارهای مختلف

تیمار	POL ($gr\ kg^{-1}$)	محصول شکر(٪)	شکر سفید ($gr\ kg^{-1}$)	MS[2] ($gr\ kg^{-1}$)	Na ($meq\ kg^{-1}$)	K ($meq\ kg^{-1}$)	N ($meq\ kg^{-1}$)	ALC[1]
T۱	۱۲۰/۴bc	۷۳/۵a	۸۸/۶a	۳۱/۸b	۵۱/۲b	۳۸/۶a	۴۱/۳a	۲/۳b
T۲	۱۱۷/۹a	۶۸/۴b	۸۱/۳b	۳۶/۶a	۶۱/۰b	۴۳/۶a	۳۸/۸a	۲/۹ab
T۳	۱۲۵/۲a	۷۴/۸a	۹۴/۲a	۳۱/۰b	۴۶/۶b	۴۴/۵a	۲۸/۳b	۳/۷a
T۴	۱۲۳/۵ab	۷۵/۵a	۹۳/۸a	۲۹/۸b	۴۶/۹b	۳۹/۳b	۲۷/۱b	۳/۵a
LSD 5%	۲۲/۱۱	۸/۹	۲۶/۲	۶/۸	۱۶/۵۳	۸/۴۲	۱۶/۶	۱/۸

شکری که از روش قطبی شدن حاصل شده است (Polarimetry sugar)

1- alkalinity coefficient= ضریب قلیائیت

2- Moisture saturation= رطوبت اشباع



شکل ۳- مقایسه تولید قند ملاس و شکر سفید تحت سیستم‌های مختلف آبیاری (A) و تأثیر منابع کود و خاک در برداشت نیتروژن در گیاه (B)

این امر باید در طول یک ماه به اتمام برسد و پس از آن، از افزایش هر گونه کود نیتروژنی در طول دوره ۴/۵ ماهه قبل از برداشت باید خودداری شود. به بیان دیگر توسعه دوره کوددهی تا اواخر مرداد ماه باعث می‌شود اولاً عمده منابع کودی افزوده شده به هدر رود و این امر جدا از کاهش کارایی مصرف کود، باعث آبشویی منابع کودی به آبهای زیرزمینی و افزایش آلایندگی محیط زیست گردد و ثانیاً حضور عناصر کودی در محیط ریشه و جذب ناچیز آن باعث افزایش نیتروژن آمینو اسیدی در غده شده و این امر باعث افزایش قند ملاس و کاهش شکر سفید (قابل استحصال) می‌گردد. لذا علی‌رغم تولید ($۴۲/۹۶ ton\ ha^{-1}$) غده در تیمار T۲ و متعاقباً افزایش میزان شکر سفید تولید شده ($۵/۱۸ ton\ ha^{-1}$)، به دلیل حجم بالای آن و افزایش هزینه ناشی از حمل غده‌ها به کارخانه، این روش آبیاری و کود رسانی جهت کاشت گیاه با الگوی فوق توصیه نمی‌گردد. در مقایسه الگوی جذب نیتروژن و تأثیر اندام های مختلف در جذب منابع نیتروژنی و تأثیر فرایند فوق در کارایی جذب این عنصر، علی رغم بیشترین درصد نیتروژن در برگ گیاه (۳/۹۴۴ درصد) بیشترین برداشت نیتروژن، بواسطه وزن محصول بالای غده، به این اندام اختصاص یافته است (جدول ۶).

نکته جالب توجه در اینجا وقوع پدیده تفکیک ایزوتوپی پس از جذب منابع نیتروژنی از طریق غده است. با توجه به محدود بودن منابع جذب نیتروژن (خاک و کود) و پس از انجام این فرایند، نیتروژن ۱۵ تمایل بیشتری داشته در اندامهای زیرزمینی گیاه باقی بماند و در نهایت انتقال نیتروژن ۱۴ با سهولت بیشتری به اندامهای هوایی گیاه صورت گرفته است. این امر سبب گردیده تا میانگین درصد نیتروژن مشتق شده از کود نشاندار (%Ndff) در اندامهای زیرزمینی و هوایی به ترتیب ۲۰/۱ درصد و ۱۶/۱ درصد ملاحظه گردد. با توجه به تفکیک ایزوتوپی حاصل در صعود عمودی منابع نیتروژن ۱۵ به اندام-های هوایی، از این فرایند می‌توان در مطالعات تأثیرات متغییرهای اقلیمی در جذب منابع نیتروژنی در مقیاس وسیع و در مطالعات ردیابی نیتروژن ۱۵ در حد فراوانی طبیعی سود جست.

در مقایسه اثرات متقابل تیمار در اندام گیاه همانطوریکه ملاحظه می‌گردد بیشترین وزن غده توسط سیستم کود آبیاری بارانی و به میزان ۱۲۳/۲۱ (تن در هکتار) تولید گردیده است (جدول ۷). این امر باعث گردید تا بیشترین برداشت نیتروژن (NY) و برداشت نیتروژن کود (FNY) به این تیمار و اندام اختصاص یابد. نکته شایان ذکر در این خصوص بالا بودن یافته‌های نیتروژن ۱۵ و متعاقباً Ndff% در کلیه اندام‌های تیمار فارو می‌باشد که نشان از تمایل بیشتر گیاه به جذب کود نشان‌دار در این تیمار دارد و یکی از دلایل آن می‌تواند آبشویی بیشتر کودها به دلیل ماهیت تلفات عمقی بیشتر آب در این تیمار آبیاری باشد. این امر در تأیید الگوی کوددهی ارائه شده تیمار T۳ بوده و تأکید می‌گردد که تمرکز کوددهی ۴۵ روز پس از کاشت گیاه و استمرار آن به مدت یک ماه سبب حصول به بیشترین کارایی مصرف نیتروژن و تولید بیشترین شکر سفید می‌گردد.

جدول٦- شاخص‌های موثر در کارایی مصرف کود نیتروژن دار در اندام های مختلف گیاه چغندرقند

نمونه	FMY	MC	DMY	N	NY	^{15}N	Ndff	FNY	NFUE
	(ton/ha)	%	(kg/ha)	%	(kg/ha)	(at. %)	%	(kg/ha)	%
برگ	۱۷/۱۵b	۸۶/۳۳b	۲۳۴۵b	۳/۹۴a	۹۲/۴۹b	۰/c	۱۵/۵۲b	۱۴/۳۵b	۹/۴۱
دمبرگ	۱۸/۶۹b	۹۲/۴۷a	۱۴۰۷c	۱/۹۵c	۲۷/۴۸c	۰/b	۱۶/۶۳b	۴/۵۷c	۳/۰c
طوقه	۷/۱۷c	۸۴/۶۴c	۱۱۰۱c	۲/۲۷b	۲۴/۹۶c	۰/a	۱۹/۵۹a	۴/۸۹c	۳/۲۱c
غده	۹۳/۸۵a	۸۵/۵۵bc	۱۳۵۶۲a	۱/۰۰d	۱۳۵/۳۵a	۰/a	۲۰/۵۹a	۲۷/۸۷a	۱۸/۲۷
LSD5%	۵/۶	۱/۲	۸۵۷	۰/۱۸	۱۳/۲	۰/۰۲۳	۱/۱	۲/۵	۱/۷

جدول۷- اثرات متقابل تیمار در اندام گیاه بر شاخص‌های راندمان مصرف کود نیتروژن دار

تیمار	اندام گیاه	وزن محصول	رطوبت	DMY	N	NY	^{15}N	Ndff	FNY	NFUE
T_1	برگ	۱۹/۸۴def	۸۶/۵۳bc	۲۶۷۳d	۳/۹۴۴a	۱۰۹/۲۵bc	۰/۱۸۴de	۹de	۹/۸efg	۸/۱bcd
	دمبرگ	۱۶/۵۲defg	۹۱/۹۷a	۱۳۲۶d	۲/۱۳de	۲۸/۲۸f	۰/۱۷۰e	۸/۳۴e	۲/۴h	۱/۹۸e
	طوقه	۶/۶۹fg	۸۵/۷۱bc	۹۵۶d	۲/۷۷c	۲۶/۵۱f	۰/۲۸۴cde	۱۳/۹cde	۳/۷gh	۳/۰۶e
	غده	۷۳/۴۸c	۸۶/۰۴bc	۱۰۲۶۰c	۱/۲۳f	۱۲۶/۲b	۰/۳۴۱bc	۱۶/۷bc	۲۱/۱bcd	۱۷/۴۴a
T_2	برگ	۱۵/۱۹defg	۸۵/۵۴d	۲۱۹۶d	۴/۱۱a	۹۰/۳۲cd	۰/۲۹۸cde	۱۴/۲۲cde	۱۲/۸ef	۸/۶۵bcd
	دمبرگ	۲۴/۲۸d	۹۲/۸۶a	۱۷۳۳d	۲/۳۸cd	۴۱/۲۵ef	۰/۳۲۳cd	۱۵/۴۱cde	۶/۴gh	۴/۳۲cde
	طوقه	۹/۱۵efg	۸۴/۶۷bcd	۱۴۰۳d	۲/۵۳c	۳۵f	۰/۳۰۷cde	۱۴/۶۵cde	۵/۲gh	۳/۵۱de
	غده	۱۲۳/۲۱a	۸۵/۵۲bc	۱۷۸۳۸a	۱/۲۳f	۲۱۹/۴۱a	۰/۳۰۱cde	۱۴/۳۶cde	۳۱/۵a	۲۱/۲۸a
T_3	برگ	۱۸/۷۴defg	۸۶/۳۴bc	۲۵۵۹d	۴/۰۶a	۱۰۳/۹۷bc	۰/۲۹۳cde	۱۴/۰۱cde	۱۴/۶de	۹/۸۶b
	دمبرگ	۲۲/۸۵de	۹۲/۹۲a	۱۶۱۸d	۲/۰۱de	۳۲/۵۷f	۰/۳۳۲c	۱۵/۸۵bcd	۵/۲gh	۳/۵۱de
	طوقه	۸/۱۵fg	۸۴/۹۷cd	۱۲۲۵d	۲/۰۱de	۲۴/۶۲f	۰/۴۶۸ab	۲۲/۳۳ab	۵/۵fgh	۳/۷۲cde
	غده	۱۰۲/۰۵b	۸۷/۳۳b	۱۲۹۲۸b	۰/۹۳fg	۱۲۰/۲۳b	۰/۴۹۲a	۲۳/۴۸a	۲۸/۲ab	۱۹/۰۵a
T_4	برگ	۱۴/۸۴defg	۸۶/۸۵bc	۱۹۵۲d	۳/۵۱b	۶۸/۵۷de	۰/۵۱۰a	۲۴/۸۷a	۱۷/۱cde	۸/۸۶bc
	دمبرگ	۱۱/۱۱defg	۹۱/۴۶a	۹۴۹d	۱/۲۸f	۱۲/۱۸f	۰/۵۵۲a	۲۶/۸۸a	۳/۳gh	۱/۷۱e
	طوقه	۴/۷۲g	۸۲/۶۵d	۸۱۹d	۱/۷۵e	۱۴/۳۶f	۰/۵۶۳a	۲۷/۴۶a	۳/۹gh	۲/۰۲e
	غده	۷۶/۶۷c	۸۲/۷۶d	۱۳۲۲۱b	۰/۶۰g	۷۹/۳۳cd	۰/۵۷۱a	۲۷/۸۱a	۲۲/۱bc	۱۱/۴۵b
LSD5%		۱۲/۷	۲/۴	۱۶۳۶	۰/۳۹	۲۹/۸	۰/۱۶۴	۷/۹	۷/۴	۵/۲

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به ازاء واحد آب مصرفی تیمارهای آبیاری بارانی بیشترین شکر سفید را تولید کرده‌اند و کوتاه شدن دوره کوددهی و محدود شدن آن به نیمه اول دوره رشد (T3) میزان شکر سفید ریشه چغندرقند را افزایش و قند مضره آن را کاهش داده است و دو تیمار آبیاری قطره‌ای و فارو با اختلاف قابل توجهی شکر کمتری نسبت به تیمارهای آبیاری بارانی تولید کرده‌اند. جالب توجه است که طولانی تر شدن دوره کوددهی و توزیع نامناسب آن در تیمار T2 نسبت به تیمار T3 اثر قابل توجهی بر کیفیت شکر در غده چغندرقند داشته است به طوریکه غلظت شکر سفید در غده چغندرقند در تیمار T3 نسبت به تیمار T2 ۱۵/۸ درصد افزایش و غلظت قند مضره ۱۵/۳ درصد کاهش یافته است. تغییر روش اعمال کود در تیمارهای آبیاری بارانی (T۳) موجب کاهش نمکهای غده شده و کاهش این نمکها گرایش به تغییر رنگ شکر سفید و تولید شکر ناخالص (MS) را کاهش داده است. گیاهان تحت تیمارهای آبیاری بارانی بیشترین تمایل را به برداشت کود نشاندار (NFUE) نشان داده‌اند و در بین اندامهای گیاه چغندرقند پس از غده بیشترین مقدار نیتروژن نشاندار توسط برگ برداشت شده است.

پیشنهادها

در خاتمه با توجه به وقوع تفکیک ایزوتوپی در اندامهای مختلف گیاه چغندرقند در طرح حاضر و با توجه به نتایج حاصله از اصلاح الگوی آبیاری و کودرسانی در سیستم‌های مختلف، با انجام تحقیقات بعدی می‌توان نسبت به اصلاح مدیریت زراعی عنصر نیتروژن و سایر عناصر غذایی، تحت سیستم‌های مختلف اقدام نمود به گونه‌ای که مدیریت این گونه عناصر در حد نرم جهانی کارایی مصرف و در حد محصولات زراعی دیگر بالا رود.

منابع

1- Behera S.K., and Panda R.K. 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. Agriculture, Ecosystems and Environment, 130:141-155.

2- Blumenthal J., Baltensperger D., Cassman K.G., Mason S., and Pavlista A. 2008. Importance and Effect of Nitrogen on Crop Quality and Health. Agronomy and Horticulture Department. University of Nebraska- Lincoln.

3- Giacomini S.J., Machet J.M., Boizard H., and Recous S. 2010. Dynamics and recovery of fertilizer ^{15}N in soil and winter wheat crop under minimum versus conventional tillage. Soil & tillage research, 108:51-58.

4- Høgh-Jensen H., and Schjoerring J.K. 2000. Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: Direct quantification by ^{15}N leaf feeding compared with indirect dilution of soil ^{15}N. Plant and Soil, 227:171-183.
5- Hou Z., Chen W., Li X., Xiu L., and Wu L. 2009. Effects of salinity and fertigation practice on cotton yield and ^{15}N recovery. Agricultural Water Management, 96:1483-1489.
6- Manderscheid R., Pacholski A., and Weigel H.J. 2010. Effect of free air carbon dioxide enrichment combined with two nitrogen levels on growth, yield and yield quality of sugar beet: Evidence for a sink limitation of beet growth under elevated CO_2. Europ. J. Agronomy, 32:228-239.
7- Meade G., Lalor S.T.J., and Mc Cabe T. 2011. An evaluation of the combined usage of separated liquid pig manure and inorganic fertiliser in nutrient programmes for winter wheat production. European journal of agronomy, 34(2):62-70.
8- Nannen D.U., Herrmann A., Loges R., Dittert K., and Taube F. 2011. Recovery of mineral fertiliser N and slurry N in continuous silage maize using the ^{15}N and difference methods. Nutr Cycl Agroecosyst, 89:269-280.
9- Petropoulos S.A., Olympios C.M., and Passam H.C. 2008. The effect of nitrogen fertilization on plant growth and the nitrate content of leaves and roots of parsley in the Mediterranean region. Scientia Horticulturae, 118: 255-259.
10- Williams P.H., Rowarth J.S., and Tregurtha R.J. 2000. Recovery of 15N-labelled fertiliser by a perennial ryegrass seed crop and a subsequent wheat crop. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 56(2):117-123.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 61-69

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۶۹-۶۱

Application of Isotope Trace Technology in the Management of Nitrogen Fertilizer to Improve Sugar Productivity of Sugar Beet Plant under Different Irrigation Systems

M.A. Mousavi Shalmani[1]- A. Khorasani[2]- N. Pirvali Bieranvand[3]- M. Noori Mohammadiye[4]*- A. Eskandari[5]- S.M. Mohati[6]

Received:16-11-2011
Accepted:17-10-2012

Abstract

Nitrogen (N) is the most usually used crop nutrient which represent importance of the efficient use of nitrogen fertilizers. At this study, the optimum fertilizer application pattern by using of 15N isotope technique in different irrigation systems and the influence of the fertilizer application time on amino-N accumulation in roots has been investigated. The experimental design was a randomized complete block (sampling method) design with four main treatments (irrigation methods) and three replications (unit area 144 m2). Irrigation treatments include: T1; surface drip fertigation, T2; sprinkler fertigation, T3; sprinkler irrigation T4; furrow irrigation. In the middle of the each plot an area about 1- 2 m2 (15 plants) was allocated as isotopic sub plot. Results indicated that the least tendency to utilize the fertilizer sources was related to the fertigation treatments. Despite the highest root weight, treatment T2 is not recommended to use. The method of application of fertilizers in treatment T3 lead on to the highest nitrogen uptake efficiency and pure sugar. The method of application of fertilizers in T1 and T2 increase the rate of α-amino acid N in the sugar beet roots and decrease their quality. Treatment T4 produced relatively high quality roots that confirm the method of application of fertilizer in treatment T3. In the weather condition of central Iran, during the sugar beet growing season, the application of fertilizer should be begun 45 days after sowing seeds and must be completed within one month. Occurrence of isotopic fractionation phenomenon cause that the average percentage of labeled nitrogen fertilizer (Ndff %) in underground and aerial parts of the plant considered to be 20.1 and 16.1% respectively.

Keywords: Irrigation systems, ^{15}N, Sugar beet, Sugar

1 - Lecture of Atomic Energy Organization of Iran, and PhD Student of Soil Science Department, Faculty of Agriculyure, Ferdowsi University of Mashhad
2 - BSc of Atomic Energy Organization of Iran, Soil Scientist, Nuclear Agriculture Group
3 - Lecture of Atomic Energy Organization of Iran, PhD Student, Soil Biology Department, Tehran University
4 - PhD Student, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculyure, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Autor Email: nouri.mohammadieh@gmail.com)
5 - Assistant Professor of Atomic Energy Organization of Iran, Nuclear Agriculture Group
6- Lecture of Atomic Energy Organization of Iran, Isotope Application Group