نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۲۴، صفحات ۵۵ - ۴۷، ۱۳۸۰

برآورد و مقایسه بازدهی مصرف اوره به روشهای تفاضلی و ایزوتوپی در گیاه گوجه‌فرنگی تحت سیستم «کود-آبیاری»[1] قطره‌ای

میراحمد موسوی شلمانی، نصرت‌اله ثاقب، حمید رفیعی، محمدصادق حبّی، علی خراسانی
مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای کرج، سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

به منظور مقایسه روشهای تفاضلی و ایزوتوپی در تعیین بازدهی مصرف کود ازت‌دار در گیاه گوجه‌فرنگی، آزمایشی به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با استفاده از سیستم «کود-آبیاری» قطره‌ای در چهار تیمار و با چهار بار تکرار در کرت‌های ۳۵ مترمربعی به اجرا درآمد. طرّاحی سیستم «کود- آبیاری» قطره‌ای بدین‌گونه بود که هر کرت از ۵ خط آبیاری هر یک به طول ۷ متر و به فاصله یک متر از یکدیگر تعبیه و فواصل قطره‌چکان‌ها از هم ۰/۵ متر گرفته شد. در نیمهٔ اول خرداد ۱۳۷۵ تعداد ۱۲۰۰ نشای گیاه گوجه‌فرنگی (از رقم Early Urbana V.F.) به زمین منتقل و هر گیاه به وسیلهٔ قطره چکان منفرد تغذیه شد. برای تزریق کود در این سیستم آبیاری، دستگاه کوددرسانی اوره به طریقی طراحی شده بود که تیمارهای N_0، N_1، N_2 و N_3 به ترتیب حداکثر ۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ سانی‌گرم ازت در لیتر دریافت کنند. در این روش کوددهی با توجّه به دورهٔ «کود-آبیاری» چهار روز در میان، به میزان ۲۸۷/۵، ۵۷۵ و ۸۶۲/۵ KgN/ha به تیمارهای N_1، N_2 و N_3 وارد می‌شد. سیستم «کود-آبیاری» طوری تعبیه شده بود که در این تیمارها تغذیهٔ کود ایزوتوپی این گیاهان همانند تغذیه کود غیرایزوتوپی آنها بود، با این تفاوت که ازت دریافتی آنها حاوی ۱/۸ اتم درصد اضافه ازت-۱۵ (ایزوتوپ ازت-۱۴) بود. نتایج حاصل مؤیّد این مطلب است که به علّت کمبود عناصر غذائی کم‌مصرف در خاک و عدم توازن بین کودهای N و P و K، گیاه از یونهای آمونیوم و نیترات آزاد در خاک بطور کامل استفاده نکرده است. با توجّه به اینکه گیاه ازت را از کود و خاک به نسبت مساوی با مقدار ازت قابل دسترس جذب می‌کند، سهم کود در تأمین ازت سبزینه و کلّ گیاه افزایش و در نتیجه سهم خاک کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ازت-۱۵، کود آبیاری، آبیاری قطره‌ای، گوجه‌فرنگی، بازدهی مصرف اوره، روش تفاضلی، روش ایزوتوپی

A comparison between isotopic and difference methods for determining urea fertilizer use efficiency under trickle fertigetion on tomato

M.A. Mousavi Shalmani, N. Sagheb, H, Rafii, M.S. Hobbi, A. Khorasani
Nuclear Research Center for Agriculture and Medicine, AEOI, P.O. Box: 31585-4395 , Tehran-Iran
E-mail: mmousavi@seai.neda.net.ir

Abstract

In order to study the fertilizer use efficiency by two different methods, an experimental design was conducted in Randomized Complete Block (RCB) with four replications and treatments in the plots with 35 square meters area. 1200 seedlings of tomato (variety of early Urbana V.F.)

1- fertigation

were planted on June 3rd, 1996 at the distances of 50 cm apart. Fertilization and irrigation were performed by two fertigator pumps (one for P and K and the other for N). The treatments of N_0, N_1, N_2 and N_3 received 0, 287.5, 575 and 862.5 KgN/ha respectively. The $^{14}N/^{15}N$ isotopic ratio of nitrogen gas was determined by the use of emmision spectrometer and the fertilizer use efficiency was determined by using nuclear chemical equations. Because of the shortage of micronutrients in soil and unbalanced quantity of N, P and K as fertilizers the results have shown a large amount of free radicals (NH_4, NO_3) remained in the soil. This disturbed the balance between absorption of nitrogen from its different sources in the soil. Therefor, the share of fertilizer increased and in this condition, the priming effects were seen and different methods showed lower amounts of fertilizer use efficiency in comparison with the isotopic method.

۱ - مقدمه

دانش تغذیه گیاهی از سالها پیش به توسط J.B. Boussingoult، Carl sprengel، به ویژه J. Liebig پایه‌گذاری شده است [۳]. تعیین نقشهای متعدّد عناصر غذایی وتفکیک آنها به عناصر پرمصرف[۲] و کم مصرف[۳] سبب عرضهٔ کودهای شیمیایی تجاری به بازار شد. مصرف این نوع کودها در خاکهایی که کمبود عناصر غذایی دارند افزایش محصول چشمگیری را بدنبال داشته است. بدیهی است عدم رعایت اصول استفاده صحیح از کودهای شیمیایی و مصرف بی‌رویهٔ آنها باعث آلودگی محیط زیست، کاهش بازدهی مصرف کود و در نتیجه افزایش هزینه تولید و واردات آن شده و می‌شود. بنابراین، توجّه به دو عامل استفاده بهینه از منابع کودی تحت نظامهای پیشرفتهٔ کشاورزی و بکارگیری روشهای نوین به منظور برآورد دقیق میزان جذب کود، در بالابردن بازدهی مصرف آن نقش اساسی دارد. سیستم «کود-آبیاری» (یعنی کوددهی از طریق سیستم آبیاری) به علت مصرف عناصر کودی در زمان و مکان مناسب، کاهش اتلاف کود و افزایش بازده مصرف آن را تا ۸۵٪ بالا می‌برد [۱۲]. بدیهی است نیل به این اهداف منوط به استفادهٔ درست از روشهای نوین و مستدل به ویژه دربارهٔ اندازه‌گیری بازدهی مصرف کود می‌باشد. در این بررسی، با استفاده از ایزوتوپ ازت-۱۵ میزان جذب ازت در گیاه از منبع کود اوره مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج این بررسی به روش تفاضلی مقایسه شده است.

۲ - نظریّه

بازده مصرف کود، کمیّتی قابل اندازه‌گیری است که مقدار واقعی جذب عنصر غذایی از کود مصرفی را نشان می‌دهد و صورت کلّی آن را می‌توان با رابطهٔ زیر بیان کرد [۱۱]:

$$\text{درصد بازده مصرف کود} = \frac{\text{میزان عنصر غذایی در گیاه که از کود گرفته می‌شود}}{\text{میزان عنصر غذایی که به عنوان کود به کار می‌رود}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

این پارامتر، رابطهٔ مستقیمی بین مصرف حداقل مقدار کود با بیشترین مقدار محصول برقرار می‌سازد که در اقتصاد کشاورزی مؤثّر است. روشهای ارزیابی نتایج آزمایشهای کودی را می‌توان به طورکلّی به دو دسته تقسیم‌بندی کرد: روشهای سنّتی (کلاسیک) و روشهای مبنی بر جذب موادّ غذایی [۷ و ۱۱].

۲-۱ - روشهای سنّتی

در این روشها با توجّه به پاسخهای زیست‌شناختی (مانند کیفیت و کمیّت محصول) اثر کود و افزایش آن بر میزان محصول بررسی می شود. عوامل متعدّدی (قابل کنترل و غیرقابل کنترل) در این امر مؤثّرند که در ارزیابی آزمایشهای کودی باید منظور شوند.

۲- macroelements ۳- microelements

۲-۲- روشهای مبنی بر جذب عناصر غذایی

الف- روش تفاضلی[۴]

در این روش جذب عناصر غذایی توسّط گیاه از کَرت شاهد (بدون استفاده از کود) با تیمار کود داده شده به طور غیرمستقیم مقایسه می‌گردد و فرض بر این است که جذب عناصر غذایی از کَرت شاهد، میزان عناصر غذایی موجود در خاک را نشان می‌دهد، امّا در مورد کَرت‌های کود داده شده، نشان دهندهٔ میزان عناصر غذایی موجود در خاک بعلاوهٔ کود است. در این روش با تفاضل سادهٔ این دو پارامتر، میزان جذب عناصر غذایی از کود تعیین می‌شود. همچنین فرض بر این است که همهٔ تغییر و تبدیل‌ها بر روی چرخهٔ ازت موجود در خاک (از جمله معدنی شدن[۵] و بی‌حرکت شدن[۶] که در آن عنصر از حالت معدنی به حالت آلی تغییر شکل می‌دهد) در هر دو خاک کود داده و کود نداده یکسان صورت می‌گیرد.

معادله روش تفاضلی را می‌توان به صورت (۲) نشان داد [۷].

$$\%NRF = \frac{NP - NP_{\circ}}{NF} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

NRF٪ = درصد بازیافت ازت

NP= میزان ازت جذب شده (در محصول) در کَرت کوددهی شده برحسب KgN/ha

$NP_{\circ}$= میزان ازت جذب شده (به وسیلهٔ محصول) در کَرت کوددهی نشده، برحسب KgN/ha

NF= میزان کود ازت‌دار بکار رفته، برحسب KgN/ha

ب- روش ایزوتوپی

تنها روش مستقیم اندازه‌گیری مقدار جذب عناصر غذایی از کودهای مورد مصرف، استفاده از ایزوتوپهاست [۱]. در این روش به جای استفاده از کودهای شیمیایی تجاری معمولی، از نوع نشاندار شدهٔ آنها استفاده می‌شود. در واقع استفاده از نمونه‌های نشاندار عناصر غذایی، بررسی کامل چرخهٔ عنصر نشاندار را میسّر می‌سازد.

روش ایزوتوپی را می‌توان به صورت معادله (۳) نشان داد [۷].

$$\%^{۱۵}NRF = \frac{Yxp \,.\, Np}{Yxf \,.\, Nf} \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

^{۱۵}NRF٪ = درصد بازیافت «ازت ۱۵»

Yxp = اتم درصد اضافه ازت ۱۵ جذب‌شده در محصول

Yxf = اتم درصد اضافه ازت ۱۵ افزوده شده به کود مورد استفاده

۳- مواد و روشها

در پاییز ۱۳۷۴ قطعه زمینی به مساحت ۹۸۶ مترمربع در محوّطهٔ مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای کرج تسطیح و به منظور بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن، لایه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر خاک رسی از مهرشهر کرج بر سطح آن گسترده و تا عمق تقریباً ۳۰ سانتی‌متری شخم زده شد. رده‌بندی بافت خاک، لوم شنی بود و به لحاظ ذخایر مواد غذایی وضعیت مطلوبی نداشت. طرح به صورت بلوک کامل تصادفی در چهار تیمار و چهار تکرار در کرت‌هایی به مساحت ۳۵ مترمربع به اجرا درآمد. پاره‌ای از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مورد مصرف در جدول‌های ۱ و ۲ درج شده است. با توجّه به ضریب هدایت الکتریکی آب (۱/۲۶۵ mmhos/cm) و نسبت جذب سدیم (۳/۲)، آب ویژهٔ آبیاری در رده‌بندی C3S1 قرار داشت که مؤیّد احتمال وقوع ناهنجاریهای شوری، بدون احتمال پیشامد مشکلات ناشی از حضور سدیوْم در مدّت استفاده طولانی از آب ویژهٔ آبیاری می‌باشد [۴]. طراحی سیستم «کود-آبیاری» قطره‌ای به گونه‌ای بود که هر کرت شامل ۵ خط آبیاری هر یک به طول ۷ متر و به فاصله یک متر از یکدیگر تنظیم شده و فواصل قطره‌چکانها از هم ۰/۵ متر گرفته شده بود [۲]. در نیمه اول خرداد ماه ۱۳۷۵ تعداد ۱۲۰۰ نشای گیاه گوجه‌فرنگی از رقم «Early Urbana V.F.» به زمین منتقل گردید و «کود-آبیاری» هر بوتهٔ گیاه به وسیلهٔ قطره‌چکان منفرد صورت گرفت. در مدّت چهار ماه دورهٔ رشد گیاه، مراقبت دقیق از بوته‌ها به همراه مبارزه با علفهای هرز به عمل آمد.

۴- difference method

۵- mineralization

۶- immobilization

جدول ۱ - پاره‌ای از ویژگیهای آب مورد مصرف

ضریب هدایت الکتریکی mho/cm	pH	میلی‌اکیوالان در لیتر								نسبت جذب سدیوم	رده‌بندی آب
		کربنات	بیکربنات	کلر	سولفات	مجموع آنیونها	کلسیوم	منیزیوم	سدیوم	مجموع کاتیونها	
۱۲۶۵	۷/۳	۰/۰	۴/۷	۲/۳	۶/۵	۱۴	۴/۹	۲/۳	۶	۱۳/۲	۳/۲	C3S1

جدول ۲ - پاره‌ای از ویژگیهای خاک محل کاشت

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (mmho/cm)	pH	درصد مواد خنثی شونده	درصد کربن آلی	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیوم قابل جذب (ppm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک
۰-۴۵	۳/۶	۷/۶	۹/۱	۰/۳	۰/۰۴	۵/۷	۱۵۷	۱۶	۲۳	۶۱	لوم شنی

برای تزریق کود اوره و فسفر و پتاسیوم در سیستم آبیاری قطره‌ای از دو دستگاه پمپ «کود - آبیاری» استفاده شد [۲]. سیستم کودرسانی اوره به صورتی طراحی شده بود که تیمارهای N_0، N_1، N_2 و N_3 به ترتیب به میزان ۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم ازت در لیتر دریافت کنند. این روش کوددهی، با توجّه به دورهٔ «کود - آبیاری»، چهار روز در میان، به میزان ۲۸۷/۵، ۵۷۵ و ۸۶۲/۵ «KgN/ha» به تیمارهای N_1، N_2 و N_3 وارد می‌کرد. کوددهی فسفر (به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و پتاسیوم (به میزان ۶۰ میلی‌گرم در لیتر) به وسیلهٔ پمپ دوم بطور یکنواخت درون سیستم تزریق شد. آبیاری به دو دوره تقسیم شده بود: در یک دوره کود ازت‌دار و در دورهٔ بعد کود فسفردار و پتاسیوم‌دار داده می‌شد. شش بوته در وسط هر کرت انتخاب و سیستم آبیاری قطره‌ای آنها حذف گردید. برای اجرای عمل «کود - آبیاری» از ظرف‌های پلاستیکی مخصوص استفاده شد، بدین ترتیب که محلول کود به وسیله لولهٔ باریک پلاستیکی به پای بوتهٔ گیاه منتقل می‌شد. کود مورد لزوم (به صورت محلول) داخل ظرفهای پلاستیکی ریخته شده و دبی خروجی آن به وسیلهٔ پیچهای کنترل تنظیم می‌شد. در هر تیمار طرز تغذیهٔ کودی گیاهان ایزوتوپی مانند گیاهان غیرایزوتوپی هر تیمار انجام می‌گرفت با این تفاوت که ازت دریافتی این گیاهان حاوی ۱/۸ اتم درصد اضافه ازت - ۱۵ بود. آب موردنیاز کرت‌ها در مراحل مختلف رشد گیاه براساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر رده‌بندی (کلاس) A تعیین و برای کنترل میزان رطوبت در اطراف ریشه گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری، از دستگاه نوترون سنجی استفاده شد [۲]. محصول در ۵ هفته متوالی برداشت شد به طوری که در هفتهٔ آخر همهٔ میوه‌ها (اعم از رسیده و نارس) و بوته‌ها برداشت شدند. نمونه‌های غیرایزوتوپی فقط به منظور تعیین مقدار محصول توزین شدند و از گیاهان ایزوتوپی نمونه‌گیری فرعی به عمل آمد. مقایسهٔ وزن نمونه‌های فرعی خشک وتر، شاخصی برای تعیین درصد وزنی رطوبت اندامهای مختلف گیاه بود. پس از برداشت محصول، نمونه‌های گیاهی به اندامهای میوه و سبزینه تفکیک شدند و نمونه‌گیری فرعی برروی هر یک از این اندامها صورت گرفت. نمونه‌های فرعی ایزوتوپی در گرمخانه (آون) ۷۰ درجهٔ سلسیوس خشک شده و پس از آسیاب کردن از الک یک میلی‌متر عبور داده شدند، سپس مقدار درصد ازت کل به روش «کجلدال»[۷] تعیین گردیدند [۱۱]. در مرحله بعد، نسبت ایزوتوپی $^{14}N/^{15}N$ به وسیلهٔ دستگاه «Emission Spectrometer مدل NOI-4» تعیین و با استفاده از معادلات (۲) و (۳)، بازده مصرف کود ازت‌دار به روشهای تفاضلی و ایزوتوپی محاسبه شد.

۷- Kjeldahl-rittenberg oxidation

۴- یافته‌ها

جدول ۳ نشان‌دهندهٔ محصول مادّه خشک و مقدار جذب ازت در اندامهای مختلف گیاه و جدول ۴ برآورد بازده مصرف کود با روشهای تفاضلی و ایزوتوپی است.

نمودارهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب مقایسهٔ روشهای تفاضلی و ایزوتوپی را در برآورد بازده مصرف کود ازت‌دار در میوه و سبزینه و کلّ گیاه گوجه‌فرنگی نشان می‌دهند.

جدول ۳- محصول مادّه خشک و محصول ازت

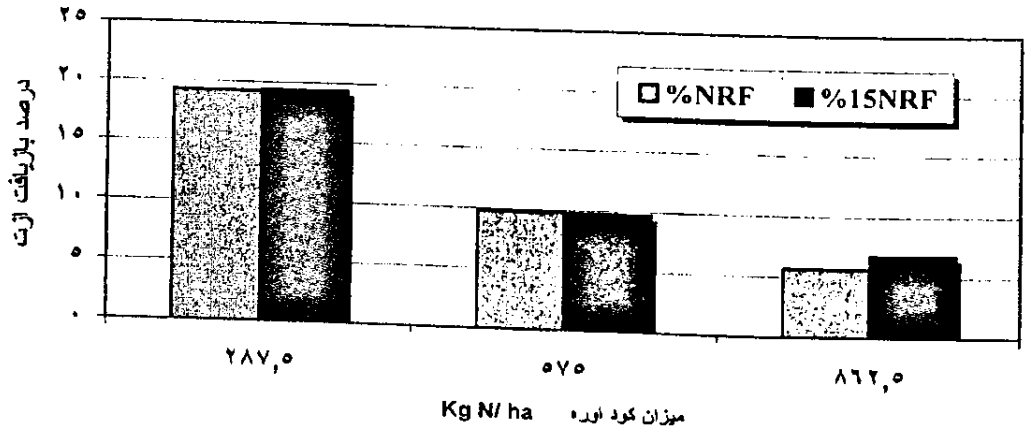
کودمصرف‌شده(NF) (KgN/ha)		محصول مادّهٔ خشک (D.M.Y)		ton/ha	مقدارجذب ازت	(N.Y)	KgN/ha
تیمار		میوه	سبزینه	کلّ گیاه	میوه	سبزینه	کلّ گیاه
N_0	۰	۳ ۰۲±۱ ۳ns	۴ ۳۷±۱ ۴ns	۷ ۳۹±۲ ۲ns	۹۸ ۸±۴۲ns	۹۸ ۱±۲۵ns	۱۹۷ ۰±۵۶B*
N_1	۲۸۷ ۵	۴ ۰۵±۰ ۸ns	۴ ۴۸±۰ ۸ns	۸ ۰۹±۱ ۰ns	۱۵۴ ۳±۲۸ns	۱۱۰ ۲±۲۵ns	۲۶۴ ۵±۲۰۸*
N_2	۵۷۵	۴ ۰۹±۰ ۸ns	۴ ۸۵±۱ ۳ns	۸ ۹۴±۱ ۵ns	۱۵۵ ۳±۳۴ns	۱۱۶ ۵±۳۷ns	۲۷۱ ۸±۴۵B*
N_3	۸۶۲ ۵	۴ ۱۳±۱ ۰ns	۴ ۲۸±۱ ۶ns	۸ ۴۱±۱ ۰ns	۱۴۸ ۰±۳۷ns	۱۱۰ ۶±۲۸ns	۲۵۸ ۶±۲۵A*B

*تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (از طریق آزمون دانکن)

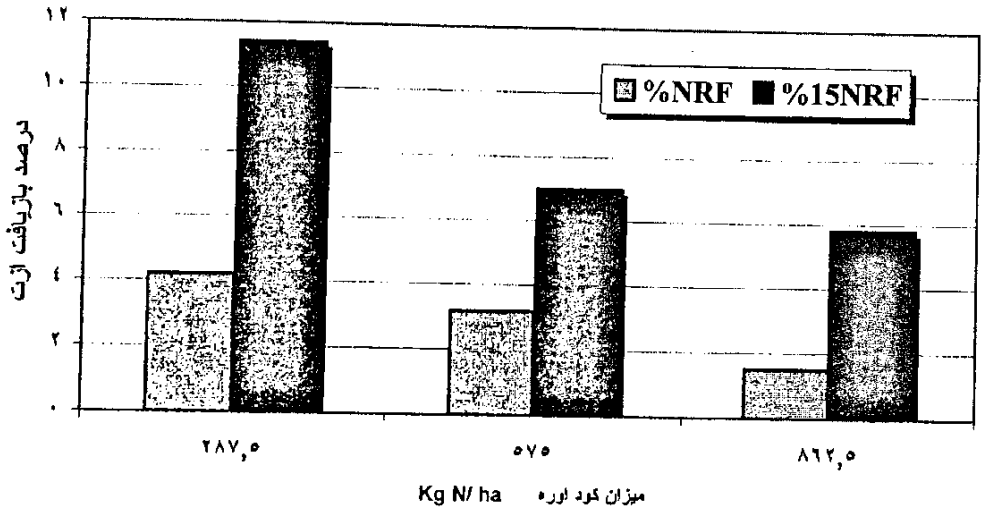
جدول ۴- بازده مصرف کود با روشهای تفاضلی و ایزوتوپی

کودمصرف‌شده(NF)		درصد بازیافت		ازت	(%NRF)	درصد بازیافت	ازت ۱۵	(%15NRF)
تیمار	(KgN/ha)	میوه		سبزینه	کلّ	میوه	سبزینه	کلّ
N_0	۰	-		-	-	-	-	-
N_1	۲۸۷ ۵	۱۹ ۳±۲۰ns		۴ ۲±۱۰ns	۲۳ ۵±۲۶ns	۱۹ ۴±۷ ۴۸*	۱۱ ۴±۲ ۳۸*	۳۰ ۸±۵ ۹۸*
N_2	۵۷۵	۹ ۸±۱۰ns		۳ ۲±۳ns	۱۳ ±۱۱ns	۹ ۷±۴ ۲۸*	۷ ۰±۱ ۳B*	۱۶ ۷±۴ ۷B*
N_3	۸۶۲ ۵	۵ ۷±۷ns		۱ ۵±۴ns	۷ ۲±۶ns	۶ ۸±۲ ۰B*	۵ ۸±۱ ۶B*	۱۲ ۶±۳ ۱B*

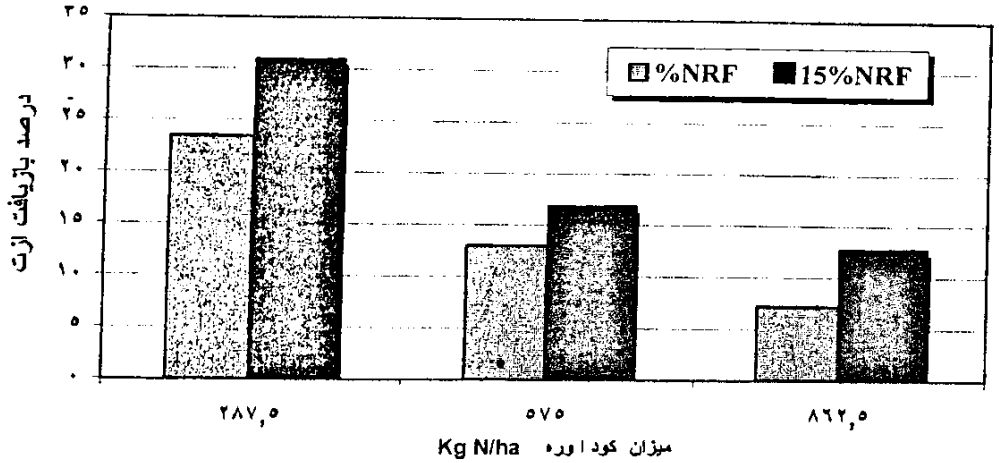
*تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (از طریق آزمون دانکن)



نمودار ۱- مقایسه روشهای تفاضلی و ایزوتوپی در برآورد بازده مصرف کود ازت‌دار در میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی



نمودار ۲- مقایسه روشهای تفاضلی و ایزوتوپی در برآورد بازده مصرف کود ازت‌دار در سرشنه گیاه گوجه‌فرنگی



نمودار ۳- مقایسه روشهای تفاضلی و ایزوتوپی در برآورد بازده مصرف کود ازت‌دار در کل گیاه گوجه‌فرنگی

۵- نتیجه‌گیری

هنگامی که یک کود شیمیایی به خاک افزوده می‌شود، گیاهان عناصر موردنیاز خود را از هر دو منبع کود و خاک تأمین می‌کنند [۱۱]. هرگاه واحدهای کودی به خاک افزوده شوند در یک حدّ، بیشینهٔ جذب عناصر غذایی از کود صورت می‌گیرد و در سطح بالاتر از آن حتّی ممکن است جذب این عناصر کاهش یابد. لازم به ذکر است که مقدار جذب هر عنصر غذایی در گیاه به صورت درصدی از بیشینهٔ جذب بیان می‌شود. بدین جهت، به آن جذب نسبی عناصر غذایی در گیاه گویند. جذب نسبی از هر دو منبع خاک و کود صورت می‌گیرد و موضوع اساسی تعیین نسبت جذب در گیاه از این دو منبع می‌باشد. بطورکلّی گیاه ازت را از منابع خاکی و کودی به نسبت مستقیم با میزان ازت قابل دسترس از هر منبع جذب می‌کند [۱۰ و ۱۶]. چنانچه مقدار ازت قابل دسترس گیاه به وسیلهٔ کود تأمین شود، سهم خاک در

تأمین ازت گیاه کاهش می‌یابد. اصولاً پس از افزودن کودهای ازت‌دار، تغییر و تحوّلی در چرخهٔ ازت خاک (به ویژه در قسمتهای تلف شده و باقیمانده در خاک) رخ می‌دهد که منشأ ایجاد تفاوتهایی در روشهای تفاضلی و ایزوتوپی در برآورد بازده مصرف کود ازت‌دار می‌باشد [۷]. تحقیقات گذشته نشان داده است که تفاوت میان این دو روش به افزایش معدنی شدن در کرت‌های کود داده شده، چرخهٔ معدنی و آلی شدن و رشد سیستم ریشه‌ای در قطعه‌های کود داده شده ارتباط دارد [۱۲ و ۱۳]. در خاکهایی که میزان ازت قابل دسترس گیاه در آنها کم است، روش تفاضلی عملاً بازدهی کمتری را نشان می‌دهد [۸، ۹ و ۱۲]. افزایش کودهای ازت‌دار ممکن است سبب رشد گیاه و یا مانع رشد آن شود. در حالت اوّل همراه با رشد سیستم ریشه‌ای گیاه ممکن است از ذخایر ازت موجود در خاک نیز استفاده بیشتری بعمل آید (پرایمینگ مثبت [۱]). حالت دوم یعنی عدم رشد گیاه در اثر افزایش کودهای ازت‌دار هنگامی رخ می‌دهد که یا مقدار زیادی کود از بین رفته باشد (این حالت ممکن است به پرایمینگ صفر منجر شود) و یا به علّت وجود پارامترهای خاص، کود ازت‌دار مورد استفادهٔ گیاه قرار نگرفته باشد (در این حالت پرایمینگ منفی پدیدار می‌شود). از جدول ۴ دو نتیجه گرفته می‌شود:

۱- برآورد بازدهی مصرف کود اوره در سبزینه و کلّ گیاه گوجه‌فرنگی به روش تفاضلی مقدار کمتری نسبت به روش ایزوتوپی نشان می‌دهد.

۲- برآورد بازدهی مصرف کود در میوه گیاه گوجه‌فرنگی با هر دو روش تقریباً یکسان است و ذیلاً به تحلیل این دو موضوع پرداخته می‌شود.

جدول ۳ نشان می‌دهد تفاوت قابل توجّهی میان سه تیمار N_1، N_2 و N_3 وجود ندارد. با توجّه به این که نتایج حاصل از مقدار جذب ازت نیز تفاوت قابل توجّهی ندارند، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش کود ازت‌دار، گرچه سبب رشد جزئی گیاه شده، امّا این اثر بدان حد نبوده است که باعث افزایش جذب کود از منبع خاک گردد. پس این پرسش مطرح می‌شود که وضعیت کود افزوده شدهٔ به خاک چگونه بوده است؟ پاسخ این پرسش را می‌توان در رویدادهایی مانند از دست رفتن کود یا باقی ماندن آن در خاک، به صورت قابل استفاده و غیرقابل استفاده، جستجو کرد.

الف- کود از دست رفته

در این باره می‌توان مواردی مانند نیتروژن‌زدایی[۸]، آبشویی[۹]، متصاعد شدن گاز آمونیاک[۱۰] و «روان- آب» را مطرح کرد. علل پیدایش نیتروژن‌زدایی وجود کانونهای احیاشده و نیترات و مادّه آلی در خاک و pH بالا می‌باشد [۱۵]. با توجّه به اینکه خاک مزرعه ماکمبود مواد آلی و pH تقریباً خنثی داشته و دارای کانونهای احیاکنندهٔ کافی نبوده است، همچنین با توجّه به استفاده نکردن از کودهای نیترات‌دار، می‌توان فرض کرد که نیتروژن‌زدایی قابل توجّهی صورت نگرفته است. در این آزمایش آب موردنیاز گیاه با آمار گرفتن از بخار شدن آب در طشتک تبخیر رده A تعیین گردیده و طرّاحی میزان آبیاری و دورهٔ آن به صورتی بوده است که فقط محدودهٔ ریشهٔ گیاه (در مدّت رشد) رطوبت مناسب برای رشدگیاه را داشته باشد. بنابراین، آبشویی ازت و از دست رفتن آن به صورت «روان- آب» به حداقل میزان خود کاهش یافته است. بافت سبک خاک (لوم شنی)، درجه حرارت نسبتاً بالا، کم بودن ظرفیت تبادل یونی خاک[۱۱]، وجود آهک، وزش باد شدید از جمله عواملی هستند که در از دست رفتن ازت (به صورت گاز آمونیاک) مؤثّر بوده‌اند [۱۵]. با توجّه به اینکه کود اوره مصرف شده به سرعت در خاک هیدرولیز شده

۱- تغییر در میزان جذب عنصر غذایی از خاک در اثر کود دادن «priming» نامیده می‌شود [۶ و ۱۷].

- چنانچه در اثر افزایش کود، جذب عنصر از خاک افزایش یابد این حالت را پرایمینگ مثبت گویند.

- چنانچه در اثر افزایش کود، جذب عنصر از خاک تغییر نکند این حالت را بدون پرایمینگ گویند.

- اگر با افزایش کود، جذب عنصر از خاک کاهش یابد این حالت را پرایمینگ منفی گویند.

۸- denitrification

۹- leaching

۱۰- ammonia volatiziation

۱۱- cation exchange capacity

و شرایط مزرعه هم برای آن مناسب بوده، می‌توان فرض کرد که قسمتی از ازت بکار برده شده به این صورت از دست رفته است.

ب- ازت باقیمانده در خاک (جزء قابل استفاده)

چون ذخیره ازت در سیستم ریشه‌ای گیاه حدود ۵ درصد از ازت موجود در قسمتهای هوایی گیاه است [۵ و ۷]. می‌توان گفت که ذخیرهٔ کود ازت‌دار در سیستم ریشه‌ای گیاه ناچیز بوده و مقادیر زیادی آمونیوم و نیترات آزاد در خاک وجود داشته است.

ج- ازت باقیمانده در خاک (جزء غیرقابل استفاده)

در خاک سطح زمین مزرعه آزمایشی نسبت C/N برابر ۷/۵=۰/۰۴/۰/۳ است که باعث محدودیت فعالیّت ریزسازواره‌ها می‌گردد. با افزایش محصول گیاهی و رشد سیستم ریشه، مقدار کربن آلی تجزیه‌پذیر افزایش می‌یابد و در نتیجه قابلیت تحرّک ازت کاسته می‌شود [۷]. بنابراین، می‌توان فرض کرد که فقط مقداری از کود ازت‌دار در خاک متحرّک و فعّال بوده است (البتّه چرخهٔ معدنی - آلی‌شدن ازت، تا اندازه‌ای از عدم تحرّک آن می‌کاهد) [۱۲]. علاوه براین، تثبیت ازت به صورت آمونیوم بر روی خاکهای رسی، یکی دیگر از فرایندهای کاهش بازدهی مصرف کود به شمار می‌رود. امّا چنانچه عمل تثبیت شدید باشد، در کرتهای کم ازت که بازدهی مصرف ازت بسیار پایین است، با افزودن میزان کود ازت‌دار بازده مصرفی کود به طور جهشی افزایش می‌یابد (زیرا پس از پر شدن کانونهای تثبیت، ازت باقیمانده به آسانی جذب گیاه می‌شود) [۷]. در این پژوهش چگونگی رفتار کود ازت‌دار را می‌توان چنین بیان کرد:

- جزئی از کود ازت‌دار به صورت گاز آمونیاک متصاعد می‌شود.
- مقداری از این کود در مواد آلی خاک بدام افتاده و قابلیت تحرّک خود را از دست می‌دهد.
- جزئی از آن به صورت آمونیوم و نیترات آزاد در خاک می‌ماند.
- باقیمانده به مصرف گیاه می‌رسد.

کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک، همچنین عدم توازن میان عناصر P، N و K در خاک سبب می‌شود که یونهای آمونیوم و نیترات آزاد در خاک به طور کامل جذب گیاه نشوند. با توجّه به اینکه گیاه ازت را از منابع خاکی و کودی متناسب با مقدار ازت قابل دسترس از هر منبع جذب می‌کند، سهم کود در تأمین ازت سزینه و کلّ گیاه افزایش و سهم خاک کاهش می‌یابد و نتیجه امر به صورت پرایمینگ منفی ظاهر می‌شود. به همین جهت است که روش تفاضلی بازده مصرف کود کمتری را برآورد کرده است.

امّا در مورد میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی، برآورد بازده مصرف کود در هر دو روش یکسان بوده است. علت این امر را می‌توان چنین توجیه کرد که گیاه گوجه‌فرنگی در مرحلهٔ میوه‌دهی نیاز بیشتری به کود ازت‌دار دارد، و با توجّه به دوره چهار روزهٔ کوددهی، در دو روز اوّل به سبب حضور یونهای آمونیوم جذب شونده حاصل از کود، قسمت عمده جذب از این منبع صورت گرفته است؛ امّا در روزهای سوم و چهارم با توجّه به کاسته شدن تعداد این یونها، جذب عمده از منبع خاک صورت می‌گیرد. تعامل این دو منبع به صورتی است که در مرحله میوه‌دهی نمی‌توان ارجحیّتی در جذب ازت از هر یک از آنها قائل شد.

تشکر و قدردانی

وظیفهٔ خود می‌دانیم بدین‌وسیله از مساعدت‌های ریاست محترم وقت مرکز جناب آقای دکتر حسین آفریده و سرپرست محترم بخش کشاورزی هسته‌ای جناب آقای دکتر فرامرز مجد سپاسگزاری کنیم. همچنین از راهنمائی‌های استاد گرامی جناب آقای مهندس نصرت‌اله ثاقب که در مراحل مختلف انجام این کار پژوهشی ما را یاری کرده‌اند تشکر و قدردانی نماییم. از سایر اعضای گروه خاک و آب به ویژه آقای سعداله تیموری بواسطهٔ همکاری صمیمانه در اجرای طرح و خانم لیلا محرمی نژاد به سبب زحمات بی‌شائبه‌ای که دربارهٔ تایپ این نوشتار متحمّل شده‌اند صمیمانه تشکر می‌نماییم.

References

۱- نصرت‌اله ثاقب، "استفاده از روش ایزوتوپی ازت-۱۵ در بررسی تأثیر ازت اولیه برروی شدت همزیستی باکتری و گیاه سویا"، نشریه شماره ۴ کتابخانه بخش کشاورزی هسته‌ای، (۱۳۷۱).

۲- محمد صادق حبّی، نصرت‌اله ثاقب، "موازنه مصرف آب و ازت از طریق کاربری آبیاری قطره‌ای با استفاده از تکنیک هسته‌ای در گیاه گوجه‌فرنگی"، خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، آموزشکده کشاورزی کرج، (۱۳۷۵).

۳- رحیم کسرائی، "چکیده‌ای درباره علوم تغذیهٔ گیاهی"، (ترجمه)، (۱۳۶۵).

۴- حسام مجللی، "خاکهای شور و سدیمی، اصول - دینامیک - مدلسازی"، (ترجمه)، ۲۲۵-۲۲۴، (۱۳۷۳).

5. J.G. Atherton and J. Rudich, "The tomato crop. A scientific basis for improvement," Chapman and Hall. p. 351-353 (1986).
6. M. Fried and H. Broeshart, "Priming effect of nitrogen fertilizers on soil nitrogen," Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38. p. 858 (1974).
7. K. Harmsen and J.T. Moraghan, "A comparison of the isotope recovery and difference methods for determining nitrogen fertilizer efficiency," Plant and Soil, 105, p. 55-67 (1988).
8. R.D. Hauck, "Quantitative estimates of nitrogen cycle processes concepts and reviews in nitrogen-15 in soil plant studies," Vienna, IAEA, p. 65-80 (1971).
9. R.D. Hauk and J.M. Bremner, "Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research," Adv. Agron. 28. p. 219-266 (1976).
10. IAEA, "Fertilizer management practices for maize results of experiments with isotops," Technical Report Series, No. 121 Vienna-Austria (1970 b).
11. IAEA, Training course series No. 2, "Use of nuclear techniques in studies of soil plant relationships," (1990).
12. S.L. Janson, "Use of 15N in studies of soil nitrogen in soil biochemistry," Vol. 2, Eds. A.D. Mclaren and J. Skujins, New York, Marcel Dekker, p. 129-166 (1971).
13. S.L. Janson and J. Persson, "Mineralization and immobilization of soil nitrogen in agricultural soils," Ed.F.J. Stevenson Agronomy, 22, p. 229-252 (1982).
14. I. Papadopoulos, "Use of labelled fertilizers in fertigation research, Nuclear techniques in soil plant studies for sustainable agriculture and environmental preservation," Proceeding of a Symposium IAEA-SM-334, p. 399-410 (1994).
15. H. Tandon, "Nitrogen research and crop production, Fertilizer development and consultation organization," India, p. 5-27 (1996).
16. P.B. Vose, "Intruduction to nuclear techniques in agronomy and plant biology," Pergamon Press, USA, (1980).
17. R.L. Westerman and L.T. Kurts, "Priming effect of 15N labelled fertilizers on soil nitrogen in field experiments," Soil Sci. Am. Proc. 37, p. 727-752 (1973).

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۷۸/۲/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۰/۸/۲۱