Archive of SID

Research Article

ISSN (P): 2588-526X

Agricultural Engineering., 43(4) (2020) 511-527
DOI:10.22055/AGEN.2021.35100.1585

ISSN (E): 2588-5944

Assessment of irrigation system and nitrogen fertilizer level on nitrate distribution in soil using nitrogen-15 isotope tracking technique

A. Khorasani[1] and A. Bostani[2*]

1. Graduate Student, Department of Soil Science, Shahed University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Shahed University, Tehran, Iran

Received: 21 September 2020 Accepted: 21 February 2021

Abstract

Introductio Soil contamination is the presence, diffusion or fusion of foreign matter into the soil, altering its physical and chemical quality in a manner that is harmful to humans, plants and the environment. Soil nitrate pollution due to excessive use of nitrogen fertilizer and inappropriate irrigation causes nitrate accumulation under the active root zone and its movement to groundwater and endangers the environment. By labelling the soil with ^{15}N-labelled nitrate or urea it is possible to trace the fate of fertilizer derived nitrate down the soil profile. This can be achieved by taking sequential by using suction cups to sample the nitrate in the soil solution. The purpose of this study was to investigate the effect of irrigation system and nitrogen fertilizer level on the amount and pattern of nitrate distribution in different soil depths.

Materials and Methods The experiment was conducted in a randomized complete block design with a split plot in two plots and three replications on tomato plant in Agricultural Research Farm of Nuclear Science and Technology Research Institute. Furrow and drip irrigation systems as the main factor and fertilizer treatment (100 and 200 kg N/ha from urea fertilizer source), soil depths (including 15, 30 and 60 cm) and sampling time (Includes 28, 40, 61 and 80 days after plantin) were first, second and third sub-factors respectively. In order to trace nitrogen, $CO(^{15}NH_2)_2$ urea fertilizer with enrichment of 4.634% was used. Three soil solution extractors were installed at depths of 15, 30 and 60 cm in each isotopic plot in each replication and extraction was performed 4 times. Soil solution nitrate and $^{15}N/^{14}N$ isotope ratio were measured by spectrophotometer and mass spectrometer respectively .

Results and Discussion The highest soil nitrate-N ($N\text{-}NO_3$) concentration(94.31 mg L^{-1}) in furrow irrigation (Fertilizer level of 200 kg N ha^{-1}, soil depth of 60 cm and third time of soil solution sampling) and its lowest concentration(1.73 mg l^{-1}) in drip fertigation system (fertilizer level of 100 kg N ha^{-1}, soil depth of 60 cm and fourth time of soil solution sampling) was observed. The results showed that the concentration of nitrate-N in the drip fertigation system was higher at a depth of 15 cm (active root depth) than at depths of 30 and 60 cm. The highest concentration of nitrate nitrogen derived from the source of nitrogen-15 ($N\text{-}^{15}NO_3$ dff)(88.82 $mgl^{-1)}$ in furrow irrigation (Fertilizer level of 200 kg N ha^{-1}, soil depth of 60 cm and third time of soil solution sampling) and the lowest concentration (0.12 mgl^{-1}) in drip irrigation fertilizer (fertilizer level of 100 kg N ha^{-1}, soil depth of 30 cm and second time of soil solution sampling) was observed. Nitrate-N concentration derived from labeled fertilizer source in furrow irrigation at a depth of 60 cm (below the active root depth in furrow irrigation) was greater than the depths of 15 and 30 cm. the results also showed that The highest concentration(42.25 mgl^{-1}) of nitrate-N derived from soil source in drip fertigation system (fertilizer level of 200 kg N ha^{-1}, soil depth of 15 cm and first time of soil solution sampling) and the lowest concentration (0.29 mgl^{-1}) in drip fertigation system (100 kg N ha^{-1}, soil depth of 60 Cm and the fourth time of soil solution sampling) was observed.

Conclusion The results showed that of the total nitrate nitrogen in the 0-60 cm depth, the values (62, 29 and 9%) in the drip and (10, 34 and 56%) in the furrow irrigation system in Depths of 15,

www.SID.ir

Archive of SID

30 and 60 cm were observed respectively. Nitrogen-15 data showed that of the total soil nitrate nitrogen, the values of 20 and 80 percent in fertigation system and 77 and 23 percent in furrow irrigation system was observed from labeled fertilizer and soil source, respectively. increasing nitrate accumulation was observed in soil depth of 60 cm with increasing nitrogen application in furrow irrigation. The use of fertigation system was effective to prevent nitrogen loss from the active root zone of the plant. In general, fertigation system and fertilizer level of 100 kg N ha^{-1} was the best irrigation method and the best fertilizer level to reduce nitrate leaching losses in the conditions of this study.

Keywords: Nitrogen-15 labeled fertilizer, Suction capsule, Drip irrigation fertilizer, Nitrate leaching

www.SID.ir

Archive of SID

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۳ شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی سیستم آبیاری و سطح کود نیتروژن بر توزیع نیترات در خاکرخ با استفاده از تکنیک ردیابی ایزوتوپ نیتروژن-۱۵

علی خراسانی[۱] و امیر بستانی[۲*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۳۱

پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳

کلمات کلیدی:

کود نشاندار نیتروژن-۱۵،

کپسول مکش،

کودآبیاری قطره‌ای،

آبشویی نیترات

* عهده دار مکاتبات

Email: bostani@shahed.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر سیستم آبیاری و سطح کود نیتروژن بر مقدار و الگوی توزیع نیترات در اعماق خاک، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در زمان و در سه تکرار در مزرعه پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای تحت کشت گوجه‌فرنگی انجام شد. سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای (فاکتور اصلی)، تیمار کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره (فاکتور فرعی اول)، عمق نمونه‌برداری ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر، (فاکتور فرعی دوم) و زمان نمونه‌برداری (فاکتور فرعی سوم) بودند. جهت ردیابی نیتروژن، از کود اوره نشاندار استفاده شد. سه عصاره‌گیر در اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتیمتر در کرتچه ایزوتوپی نصب و عصاره‌گیری صورت گرفت. غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و نسبت ایزوتوپی نیتروژن-۱۵ به نیتروژن-۱۴، توسط دستگاه اسپکترومتر جرمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد مقدار نیترات در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و آبیاری جویچه‌ای در سطح کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۶۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۱/۷۳ و ۴۴/۹۰ میلی‌گرم در لیتر بود. از مجموع نیتروژن نیتراتی در لایه ۶۰-۰ سانتی‌متر، مقادیر (۶۲، ۲۹ و ۹ درصد) در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و (۱۰، ۳۴ و ۵۶ درصد) در سیستم آبیاری جویچه‌ای به‌ترتیب در اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر مشاهده شد. داده-های نیتروژن-۱۵ نشان داد که از مجموع نیتروژن نیتراتی در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (۲۰ و ۸۰ درصد) و آبیاری جویچه‌ای (۷۷ و ۲۳ درصد) به‌ترتیب از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ و منبع خاک بود. سیستم کودآبیاری قطره‌ای و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به‌عنوان بهترین روش آبیاری و بهترین سطح کودی مناسب از جهت کاهش تلفات آبشویی نیترات در شرایط این تحقیق مشخص شد.

مقدمه

حفظ محیط‌زیست به یک چالش مهم جهانی در سال‌های اخیر تبدیل شده است. نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی برای تغذیه گیاه به‌شمار می‌رود. آلودگی نیتراتی خاک بر اثر استفاده بیش از اندازه کود نیتروژنی و آبیاری نامناسب، موجب تجمع نیترات در زیر منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

فعال ریشه و حرکت آن به آب‌های زیرزمینی شده و محیط‌زیست را به خطر می‌اندازد (۲۲). پس از کاربرد کودهای نیتروژنی در خاک، نیتروژن از سه طریق آب‌شویی، نیترات‌زدایی و تصاعد گاز آمونیاک از دسترس گیاه خارج می‌شود(۱۸). نوع کود نیتروژن، آب کاربردی به‌وسیله آبیاری، بارندگی، نوع سیستم آبیاری و ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش مهمی در آبشویی نیترات به آب‌های زیرزمینی دارند (۲۱). یکی از راهکارهای موثر در افزایش بهره‌وری کود نیتروژن و آب، استفاده از سیستم کودآبیاری قطره‌ای است. آبیاری قطره‌ای به‌عنوان روش آبیاری سودمند، جهت بهبود کارایی مصرف آب و نیتروژن و به‌حداقل رساندن آبشویی نیترات شناخته شده است(۲). موسوی شلمانیو همکاران[1] (۲۰۰۸) با استفاده از نیتروژن-۱۵ تحت کشت گوجه‌فرنگی گزارش کردند که کارایی مصرف نیتروژن در آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای به‌ترتیب ۵۴ و ۱۷ درصد بود (۱۷). محجوبو همکاران[2] (۲۰۱۷)، با بررسی توزیع ریشه و عناصر غذایی تحت سیستم‌های مختلف آبیاری گزارش کردند که بیشتر نیترات در دسترس تحت آبیاری قطره‌ای و بارانی در لایه بالایی خاک و در آبیاری سطحی در لایه پائین خاک مشاهده شد (۱۵). زمان و همکاران[3] (۲۰۰۱)، در بررسی توزیع نیتروژن نیتراتی در خاکرخ تحت روش‌های آبیاری سطحی، جویچه‌ای، بارانی و قطره‌ای در خاکی با بافت لوم شنی و تحت کشت پنبه بیان کردند که غلظت بالای نیتروژن نیتراتی در آبیاری بارانی و قطره‌ای در عمق ۳۰ سانتی‌متر و در آبیاری جویچه‌ای و سطحی در عمق ۹۰ سانتی‌متر مشاهده شد (۲۶). استیودرت و آتاناسووا[4] (۲۰۰۰) گزارش کردند که استفاده تقسیطی و توام آب با کود (کودآبیاری) در مقایسه با روش سنتی آبیاری و کوددهی، سبب افزایش میزان جذب نیتروژن در گیاه، کاهش آبشویی و افزایش کارایی نیتروژن شده است (۲۴). سکستون و همکاران[4] (۱۹۹۶) در بررسی بهینه‌سازی نیتروژن و آبیاری براساس آبشویی نیترات تحت کشت ذرت، گزارش کردند که آبشویی نیترات در خاکی با بافت لوم‌شنی با کاربرد بیش از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت و با کاهش ۵ درصد نیتروژن کمتر از نیاز گیاه و حداکثر محصول، آبشویی نیترات ۴۵ درصد کاهش یافت (۲۳). کاربرد ایزوتوپ پایدار نیتروژن-۱۵ در مطالعهٔ روابط خاک، آب و تغذیهٔ گیاه، به‌عنوان یک ردیاب، ابزاری دقیق، سریع و در برخی از موارد، تنها روش در حل معضلات کشاورزی به شمار می‌رود (۱۷). از این‌رو، استفاده از کودهای نشاندار نیتروژن-۱۵، تکنیک بسیار مفیدی برای فهم بهتر چرخه تغذیه نیتروژن است. در این روش به‌جای استفاده از کود نیتروژن معمولی از نوع نشان‌دار استفاده می‌شود. در مطالعه‌ای با کاربرد ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و مقایسه با آبیاری شیاری با سطح کود نیتروژن یکسان، نشان داده شد که تلفات نیتروژن در آبیاری شیاری ۲۲ درصد بیشتر از روش کودآبیاری قطره‌ای بود (۱۸). موسوی شلمانی و همکاران[5] (۲۰۱۳)، با استفاده از فناوری ردیابی ایزوتوپی نیتروژن-۱۵ در سیستم‌های کودآبیاری قطره‌ای، کودآبیاری بارانی، آبیاری بارانی و جویچه‌ای در گیاه چغندرقند به این نتیجه رسیدند که با توجه به بالا بودن داده نیتروژن-۱۵ و نیتروژن مشتق شده از منبع کود نشاندار در سبزینه و غده چغندرقند در تیمار آبیاری جویچه‌ای، گیاه غالباً تمایل به جذب کود نشاندار نیتروژن-۱۵ دارد و دلیل آن، آبشویی بیشتر نیتروژن به‌علت ماهیت نفوذ عمقی آب در این نوع آبیاری است (۱۶). ژائو و همکاران[6] (۲۰۱۷)، در بررسی اثر آبیاری و کود نیتروژن بر جذب نیتروژن کلم چینی با استفاده از

1- Mousavi Shalmani *et al.*
2- Mahgoub *et al.*
3- Zaman *et al.*
4- Sexten *et al.*
5- Mousavi Shamani *et al.*
6- Gao *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ گزارش کردند که ۲۳-۵ درصد از کود توسط گیاه جذب شده است، ۷۱-۵۶ درصد در خاک باقیمانده و احتمالاً ۳۷-۱۳ درصد از دسترس خارج شده است (۵). با توجه به‌اینکه دو عامل، روش آبیاری و سطح کود نیتروژنی نقش مهمی در میزان آبشویی نیترات دارند لذا در این مطالعه سعی بر این بود تا با استفاده از فناوری ردیابی ایزوتوپی و انجام آزمایش مزرعه‌ای، تاثیر این عوامل در مقدار آبشویی نیترات مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های آبیاری و کودرسانی قطره‌ای و جویچه‌ای در آبشویی نیترات مورد مقایسه قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

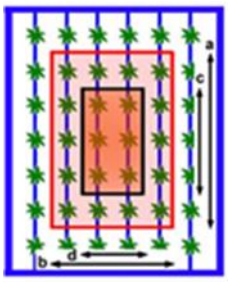
آزمایش مزرعه‌ایی در سال ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای واقع در شهرستان کرج با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و صفر دقیقه و ۳۰ ثانیهٔ طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیهٔ شمالی با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا، که در فاصلهٔ ۴۸ کیلومتری غرب تهران واقع شده است، در کرت‌های به ابعاد ۱۷/۵ مترمربع روی گیاه گوجه‌فرنگی[1] انجام شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک به روش هیدرومتری، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر، پی اچ در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، وزن مخصوص ظاهری به روش استوانه، فسفر قابل استفاده گیاه در خاک با عصاره‌گیر اولسن، پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس قابل قالب استفاده با عصاره‌گیر دی تی پی آ اندازه‌گیری شدند (۱). آزمایش در طرح بلوک‌های کامل تصادفی، به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در زمان و در سه تکرار اجرا شد. سیستم‌های آبیاری شامل جویچه‌ای و قطره‌ای به‌عنوان فاکتور اصلی، تیمار کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت کود اوره (فاکتور فرعی اول)، عمق‌های مورد بررسی در خاک شامل ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر (فاکتور فرعی دوم) و چهار زمان نمونه‌برداری شامل ۲۸، ۴۹۰، ۶۱ و ۸۰ روز پس از کاشت (فاکتور فرعی سوم) بودند. سطح کودی نیتروژن براساس مقدار نیتروژن خاک و کارایی مصرف نیتروژن در سیستم کودآبیاری قطره‌ای، برابر ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و درست همین مقدار برای آبیاری جویچه‌ای و دو برابر سطح اول یعنی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بعنوان سطح دوم نیتروژن در نظر گرفته شد. دوازده کرت مزرعه‌ای با ابعاد (۵×۳/۵) متر در ۳ تکرار هر یک شامل ۵ ردیف کاشت با فاصله ۷۰ سانتی‌متر و ۹ گیاه در هر ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر آماده و نشاء گوجه‌فرنگی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ کشت شد. در تیمار کودآبیاری قطره‌ای از لوله‌های پلی‌اتیلن ۱۶ میلی-متری و قطره‌چکان‌های با دبی ۴ لیتر در ساعت استفاده شد (۲). مقدار کود اورهٔ ایزوتوپی حاوی نیتروژن-۱۵ (۴/۶۳۴ اتم درصد) در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (بر اساس الگوی ۲۰ هزار بوته در هکتار و ۴۶ درصد نیتروژن در کود اوره)، به‌ترتیب ۱۹۶ و ۳۹۲ گرم محاسبه شد. این مقادیر کود هر کدام در ۱۰ لیتر آب حل و بر اساس الگوی توزیع کود در گیاهان غیرایزوتوپی اعمال شد. در سیستم کودآبیاری قطره‌ای سه گیاه در خط وسط هر تکرار جهت کوددهی نیتروژن-۱۵ در نظر گرفته شد که این امر از طریق پمپ کوچک آبیاری با لوله‌های آبیاری قطره‌ای جداگانه انجام شد. در آبیاری جویچه‌ای، کرت‌ها شامل ۵ پشته (فاصله ۷۰ سانتی‌متر) بودند، که نشاء گوجه‌فرنگی در وسط پشته کاشته شد. کود اوره به‌صورت محلول در سه نوبت و به صورت دستی به ردیف‌های کاشت اضافه شد (۱۷). مقدار کود اوره حاوی نیتروژن-۱۵ محاسبه شده برای آبیاری جویچه‌ای به‌صورت محلول در سه نوبت و به صورت دستی در خط وسط هر کرت بعد از آبیاری

1- Lycopersicom lycopersicum L. Karsten ex Faewell

www.SID.ir

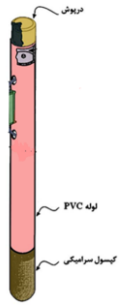
Archive of SID

اضافه شد. جهت عدم تراوش جانبی و تداخل کود نیتروژن غیرنشاندار و نیتروژن نشاندار و حصول نتایج معتبر آماری، تمامی کرتچهٔ ایزوتوپی با نیتروژن-۱۵ نشاندار شد (a×b) و نمونه‌های ناحیهٔ میانی کرتچهٔ ایزوتوپی (c×d) برداشت و مورد تجزیه قرار گرفت (شکل ۱).



شکل(۱) نمای یک کرتچه ایزوتوپی در داخل کرت مزرعه‌ای
Figure (1) View of an isotopic plot inside a farm plot

در آبیاری جویچه‌ای به دلیل حرکت کود نشاندار در مسیر جریان آب، نمونه‌برداری ایزوتوپی اندکی متمایل به جلو و در امتداد جریان آب انجام شد. برنامه‌ریزی آبیاری براساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر کلاس A و مقدار بارندگی موثر در منطقه صورت گرفت. جهت تعیین مقدار و زمان آبیاری، برای کلیه تیمارها در دو تکرار لوله‌های آلومینیومی تا عمق یک متری نصب و رطوبت ناحیه ریشه گیاه با استفاده از دستگاه نوترون‌متر اندازه‌گیری شد. مقدار آب کاربردی با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری و برای آبیاری جویچه‌ای در ۱۶ نوبت به مقدار ۹ متر مکعب و آبیاری قطره‌ای در ۱۸ نوبت به مقدار ۳/۵ متر مکعب در هر کرت در طول فصل رشد انجام شد. در این آزمایش برای عصاره‌گیری محلول خاک از کپسول مکش[1] استفاده شد (شکل ۲).



شکل (۲) دستگاه کپسول مکش
Figure (2) Suction cup device

بدین منظور در کنار گیاه مرکزی کرتچه ایزوتوپی بوسیله اوگر دستی مخصوص دستگاه، سه سوراخ به‌قطر یک سانتی‌متر و اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. سپس خاک بیرون آورده شده الک و با آب مخلوط شد تا حالت خمیری پیدا کند و از آن برای ارتباط بهتر قسمت کپسول سرامیکی با خاک در انتهای حفره استفاده شد و سه کپسول مکش در اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتیمتر نصب شد. یک روز پس از هر آبیاری به‌وسیله پمپ خلاء دستی، مکشی به‌میزان ۳۰ سانتی‌بار به لوله‌های دستگاه عصاره‌گیر محلول خاک اعمال و بعد از ۴ ساعت، محلول خاک جمع شده از لوله دستگاه توسط سرنگ همراه با لوله موئینه متصل به‌آن، خارج و در ظروف پلاستیکی ریخته شد (۱۷). عصاره‌گیری در ۴ نوبت در هر تکرار در طول فصل رشد، صورت گرفت. مقدار غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و نسبت ایزوتوپی نیتروژن-۱۵ به نیتروژن-۱۴، توسط دستگاه اسپکترومتر جرمی[2] اندازه‌گیری شد (۱۷).

محاسبات نیتروژن مشتق شده از کود نشاندار نیتروژن-۱۵ (Ndff) (۱۷)

• داده‌های مقدماتی مورد نیاز در برآورد آبشویی نیترات:

۱. غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک (میلی‌گرم در لیتر).

1- Suction Cup

۲ - جهت آنالیز نسبت ایزوتوپی 15N/14N ، نمونه‌ها به آزانس بین‌المللی انرژی اتمی (وین-اتریش) ارسال گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. فراوانی درصد نیتروژن-۱۵ در نمونه محلول خاک.

۳. فراوانی درصد نیتروژن-۱۵ در کود نشاندار.

معادلات مورد نیاز:

• اتم درصد اضافه نیتروژن-۱۵ :

$$a' = a - ao \qquad (1)$$

a = فراوانی نیتروژن-۱۵ (بر حسب اتم درصد)

á = فراوانی نیتروژن-۱۵ اضافه شده (بر حسب اتم درصد)

ao = فراوانی طبیعی نیتروژن-۱۵ (بر حسب اتم درصد)

• نیتروژن مشتق شده از کود نشاندار در محلول خاک (Ndff)

پس از اندازه‌گیری اتم درصد اضافهٔ نیتروژن-۱۵ در نمونه‌های محلول خاک و همچنین کود اوره نشان‌دار، جزء نیتروژن مشتق شده از کود نشاندار (Ndff) به‌صورت معادله ۲ تعریف می‌شود (۱۸):

$$Ndff = \frac{\text{مقدار نیتروژن} - 15 \text{ نمونه محلول خاک}}{\text{مقدار نیتروژن} - 15 \text{ در کود نشاندار}} \qquad (2)$$

• نیتروژن نیتراتی مشتق شده از کود نشاندار نیتروژن-۱۵

$$N\text{-}^{15}NO_3\ dff = N\text{-}NO_3 \times Ndff \quad (3)$$

I نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک

در صورتیکه منابع تأمین کنندهٔ عنصر نیتروژن فقط به کود و خاک محدود گردد، می‌توان بصورت معادله ۴ نوشت:

$$N\text{-}NO_3 = N\text{-}^{15}NO_3\ dff + N\text{-}NO_3 dffs \quad (4)$$

سپس نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک عبارت است از:

$$N\text{-}NO_3\ dfs = N\text{-}NO_3 + N\text{-}^{15}NO_3\ dff \quad (5)$$

$N-^{15}NO_3$ dff = نیتروژن نیتراتی مشتق از کود نشاندار

$N-NO_3$ = نیتروژن نیتراتی محلول خاک

Ndff = نیتروژن مشتق از کود نشاندار در محلول خاک

$N\text{-}NO_3$ dfs = نیتروژن نیتراتی مشتق از منبع خاک

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مزرعه در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در محدوده لوم رسی و در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متر در محدوده لوم رسی شنی، کربن آلی کم و بدون محدودیت از نظر شوری و قلیائی است. نتایج قابلیت دسترسی عناصر نشان داد که فسفر و پتاسیم قابل استفاده خاک در وضعیت متوسط و خاک از نظر عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، روی و مس در وضعیت ضعیف قرار دارد. بر این اساس، محاسبات کودی برای بهینه قراردادن عناصر فوق انجام و قبل از اعمال تیمار، مقادیر مورد نظر اعمال شد (۶ و ۸).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر روش آبیاری، سطح کودی، عمق نمونه‌برداری و زمان نمونه‌برداری و اثرات متقابل آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است. همان-طورکه مشخص است، اثر ساده و متقابل پارامترهای مورد مطالعه به‌جز اثر متقابل روش آبیاری، سطح کود و زمان نمونه‌برداری بر نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک ($N\text{-}NO_3$ dfs) و اثر متقابل روش آبیاری، سطح کود و عمق نمونه‌برداری بر نیتروژن-۱۵ در تمام موارد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری، سطح کود، عمق و زمان نمونه‌برداری بر غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک در جدول ۳ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱) نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از انجام آزمایش

Table (1) Physical and chemical analysis results of field soil prior to the experiment

شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	ظرفیت مزرعه FC (%)	نقطه پژمردگی دائم PWP (%)	وزن مخصوص Bulk density	pH	EC (dSm^{-1})	عمق Depth (cm)
41.00	25.70	33.30	0.27	23.0	17.50	1.44	7.90	0.65	0-20
50.20	19.00	30.80	0.14	16.4	9.30	1.50	7.71	0.72	20-40

شکل قابل استفاده عناصر غذایی

Available form of nutrients

روی Zinc	منگنز Manganese	آهن Iron	فسفر Phosphorus	آمونیوم Ammonium	نیترات Nitrate	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
mg kg^{-1}						
0.7	2.5	4.7	7.71	4.2	5.2	0-20
0.8	3.2	3.5	5.85	4.9	3.9	20-40

در مقایسه اثرات متقابل روش آبیاری، سطح کود، عمق و زمان نمونه‌برداری بر مقدار نیتروژن نیتراتی همانطورکه ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین غلظت نیتروژن نیتراتی در آبیاری جویچه‌ای (سطح کود ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ۶۰ سانتی‌متر و در زمان سوم نمونه‌برداری محلول خاک) و کم‌ترین غلظت در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ۶۰ سانتی‌متر و زمان چهارم نمونه‌برداری محلول خاک) به‌ترتیب ۹۴/۳۱ و ۱/۷۳ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول۳). نتایج نشان داد که نیتروژن نیتراتی محلول خاک در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تمام زمان‌های نمونه‌برداری) در عمق ۱۵ سانتی‌متر (عمق فعال ریشه)، نسبت به اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر غلظت بیشتری را نشان داد. مقادیر نیتروژن نیتراتی محلول خاک در سطح کودی ۲۰۰ نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و زمان اول نمونه‌برداری در عمق ۱۵ سانتی‌متر ۱/۳ برابر، در عمق ۳۰ سانتی‌متر ۱/۵ برابر و در عمق ۶۰ سانتی‌متر ۲/۲ برابر افزایش داشت و در زمان دوم به‌ترتیب دراعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر، ۱/۳، ۲ و ۳/۸ برابر و این مقایسه در زمان سوم به‌ترتیب ۱/۳، ۲/۵ و ۲/۴ برابر و در زمان چهارم ۱/۵، ۲ و ۳/۶ برابر افزایش نشان داد. این مقادیر در آبیاری جویچه‌ای در چهار زمان نمونه‌برداری و سه عمق(۱۵، ۳۰ و ۶۰) سانتی‌متر به‌ترتیب (۲/۵، ۱/۴ و ۱/۸)، (۲/۶، ۱/۶ و ۱/۱)، (۲/۷، ۱/۴ و ۲/۶) و (۱/۸، ۱/۳ و ۱/۴) برابر افزایش را نشان داد. لیو همکاران[1] (۲۰۰۴ و ۲۰۰۳) گزارش کردند که غلظت بالای نیتروژن نیتراتی در تیمار کودآبیاری قطره‌ای در عمق سطحی خاک حضور داشت (۱۳ و ۱۲). مقدار نیتروژن نیتراتی در آبیاری جویچه‌ای با افزایش سطح کودی و با افزایش عمق، افزایش یافت که بیشترین غلظت این عنصر در سطح کودی ۲۰۰ و عمق ۶۰ سانتی‌متر خاک مشاهده شد. پاپادوپولس[2] (۱۹۸۸)، در بررسی کودآبیاری قطره‌ای نیتروژن در کشت سیب‌زمینی بیان کرد که کودآبیاری قطره‌ای روشی امیدوارکننده برای حفظ غلظت نیتروژن خاک در طی دوره رشد در سطح مطلوب و بدون تلفات با آبشویی بود (۲۰). سیستم کودآبیاری قطره‌ای و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای باعث کاهش آبشویی نیترات به لایه‌های پائین خاک و تجمع آن در منطقه فعال ریشه شد. ویلیس و همکاران[3] (۱۹۹۰) در مطالعه‌ای اظهار داشتند که غلظت نیترات در محلول خاک با افزایش تعداد تقسیط کاربرد کود، کاهش یافت می‌یابد (۲۵).

1- Li *et al*
2- Papadopoulos.
3- Willis et al.

www.SID.ir

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده در سیستم آبیاری، سطح کود، عمق و زمان نمونه‌برداری

Table (2) Results of analysis of variance of the measured parameters in the irrigation system, fertilizer level, sampling depth and time

N-NO_3 dfs	N-$^{15}NO_3$ dff	^{15}N	N-NO_3	درجه آزادی df	Source of Variation	منابع تغییر
				میانگین مربعات average of squares		
3.26^{*}	1.61^{ns}	0.06^{ns}	2.72^{ns}	2	تکرار (Repetition)	
1382.87^{**}	14787.30^{**}	96.62^{**}	7242.49^{**}	1	آبیاری (Irrigation)	
0.16^{ns}	3.65^{*}	0.16^{ns}	1.35^{ns}	2	خطا×آبیاری (Error×Irrigation)	
88.05^{**}	3586.30^{**}	11.2^{**}	4875.39^{**}	1	سطح کودی (Fertilizer level)	
107.21^{**}	1001.45^{**}	1.45^{**}	446.72^{**}	1	آبیاری×کود (Irrigation×Fertilizer)	
1.82^{ns}	1.53^{ns}	0.007^{ns}	1.06^{ns}	4	خطا×آبیاری×کود (Error×Irrigation×Fertilizer)	
1095.85^{**}	4436.98^{**}	32.35^{**}	2491.80^{**}	2	عمق (Depth)	
2329.28^{**}	3398.48^{**}	10.69^{**}	11015.09^{**}	2	آبیاری×عمق (Irrigation×Depth)	
57.15^{**}	400.48^{**}	1.32^{**}	217.73^{**}	2	کود×عمق (Fertilizer×Depth)	
11.67^{**}	293.16^{**}	0.14^{ns}	389.15^{**}	2	آبیاری×کود×عمق (Irrigation×Fertilizer×Depth)	
1.04^{ns}	0.56^{ns}	0.05^{ns}	1.57^{ns}	16	خطا×آبیاری×کود×عمق (Error×Irrigation×Fertilizer×Depth)	
436.46^{**}	264.86^{**}	5.17^{**}	244.60^{**}	3	زمان نمونه‌برداری (Sampling Time)	
447.49^{**}	92.44^{**}	6.68^{**}	797.60^{**}	3	آبیاری×زمان (Irrigation×Time)	
92.01^{**}	299.35^{**}	1.51^{**}	105.88^{**}	3	کود× زمان (Fertilizer×Time)	
59.55^{**}	56.29^{**}	1.97^{**}	218.55^{**}	6	عمق×زمان (Depth×Time)	
1.31^{ns}	168.39^{**}	0.20^{*}	166.83^{**}	3	آبیاری×کود×زمان (Irrigation×Fertilizer×Time)	
11.31^{**}	149.87^{**}	1.39^{**}	120.45^{**}	6	کود×عمق×زمان (Fertilizer×Depth×Time)	
84.80^{**}	234.51^{**}	1.88^{**}	103.79^{**}	12	آبیاری×کود×عمق×زمان (Irrigation×Fertilizer×Depth×Time)	
1.01	0.81	0.06	1.59	94	خطا (Error)	
10.44	6.5	10.09	5.35	-	ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation (%)	

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و بدون اثر معنی‌داری می‌باشد.

* , ** , and ns : Significant at the 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۳) مقایسه میانگین غلظت نیتروژن نیتراتی تحت تاثیر روش آبیاری، سطح کودی و زمان نمونه‌برداری در عمق‌های مختلف خاک

Table (3) Comparison of average nitrate-N concentration under the influence of irrigation method, fertilizer level and sampling times at different soil depths

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)			آبیاری	سطح کودی	زمان نمونه‌برداری
60	30	15			
نیتروژن نیتراتی (میلی‌گرم در لیتر) Nitrate-N (mg L^{-1})			Irrigation	Fertilizer level	Sampling Time
6.09 ut	18.09 no	33.22 i	قطره‌ای	100	T1
3.62 vw	10.28 r	26.30 k	Drip	kg N ha^{-1}	T2
2.65 w	7.84 st	18.05 no			T3
1.73 w	6.59 tu	14.85 op			T4
30.86 j	22.10 l	6.33 tu	جویچه‌ای		T1
42.73 f	19.36 mn	7.62 st	Furrow		T2
35.53 gh	26.38 k	5.01 uv			T3
44.90 e	26.86 k	9.47 rs			T4
13.40 q	27.67 k	42.87 ef	قطره‌ای	200	T1
13.70 q	21.21 lm	37.14 g	Drip	kg N ha-1	T2
6.33 tu	19.65 mn	22.85 l			T3
6.3 ut	13.22 q	22.12 l			T4
54.70 e	31.21 j	16.00 op	جویچه‌ای		T1
48.47 d	30.69 j	19.52 mn	Furrow		T2
94.31 a	37.51 g	13.32 q			T3
63.00 b	38.51 hi	16.51 op			T4

– حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (آزمون دانکن) است.

- مراحل نمونه‌برداری محلول خاک T4,T3,T2,T1 به‌ترتیب ۲۸، ۴۰، ۶۱، ۸۰ روز پس از کاشت.

- Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level (Duncan test).

Sampling time of soil solution T1, T2, T3, T4 28, 40, 61, 80 days after planting respectively.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری، سطح کود، عمق و زمان نمونه‌برداری محلول خاک بر غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ در جدول ۴ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ در آبیاری جویچه‌ای (سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ۶۰ سانتی‌متر و زمان سوم نمونه‌برداری محلول خاک) و کمترین مقدار غلظت در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ۳۰ سانتی‌متر و زمان دوم نمونه‌برداری محلول خاک) به‌ترتیب ۸۸/۸۲ و ۰/۱۲ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (جدول۴).

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طورکه در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مقادیر نیتروژن نیتراتی مشتق از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ (در تمام زمان‌های نمونه‌برداری)، در عمق ۶۰ سانتی‌متر (پائین‌تر از عمق فعال ریشه در آبیاری جویچه‌ای) نسبت به اعماق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر، غلظت بیشتری را نشان داد. نیتروژن نیتراتی مشتق از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ در سیستم کودآبیاری قطره‌ای، با افزایش سطح کودی و با افزایش عمق، افزایش اندکی یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت در (سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۳۰ سانتی‌متر) به‌مقدار ۱۵/۷۷ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. این مسئله می‌تواند بدلیل سودمندی بالای استفاده از کود و آب در سیستم کودآبیاری قطره‌ای باشد.

جدول(٤) مقایسه میانگین غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵، تحت تاثیر روش آبیاری، سطح کودی و زمان نمونه‌برداری در عمق‌های مختلف خاک

Table (4) Comparison of the average nitrate-N derived from the source of nitrogen-15 labeled fertilizer concentration, under the influence of irrigation method, fertilizer level and sampling time at different soil depths

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)					
60	30	15			
نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نیتروژن۱۵ Nitrate Nitrogen Drive from Fertilizer Nitrogen15			آبیاری Irrigation	سطح کودی Fertilizer level	زمان نمونه‌برداری Sampling Time
2.52 ^{stu}	0.34 ^{w}	0.28 ^{w}	قطره‌ای Drip	100 kg N ha^{-1}	T1
2.21 ^{tuv}	0.12 ^{w}	1.13 ^{uvw}			T2
1.65 ^{uvw}	2.48 ^{stu}	0.76 ^{vw}			T3
1.43 ^{uvw}	3.72 ^{rst}	0.19 ^{w}			T4
19.87 ^{j}	15.39 ^{k}	4.23 ^{r}	جویچه‌ای Furrow		T1
37.21 ^{e}	14.60 ^{k}	6.16 ^{pq}			T2
21.74 ^{i}	19.22 ^{j}	3.88 ^{rs}			T3
39.65 ^{d}	12.88 ^{l}	1.87 ^{uvw}			T4
11.14 ^{mn}	0.48 ^{w}	0.61 ^{vw}	قطره‌ای Drip	200 kg N ha^{-1}	T1
8.25 ^{o}	4.00 ^{rs}	1.02 ^{uvw}			T2
4.75 ^{qr}	15.77 ^{k}	4.53 ^{r}			T3
4.51 ^{r}	11.63 ^{lm}	6.57 ^{p}			T4
42.42 ^{c}	26.07 ^{g}	9.68 ^{no}	جویچه‌ای Furrow		T1
38.37 ^{de}	24.52 ^{h}	12.70 ^{lm}			T2
88.82 ^{a}	32.42 ^{f}	11.99 ^{lm}			T3
57.59 ^{b}	25.58 ^{gh}	9.65 ^{no}			T4

- حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (آزمون دانکن) است.

- مراحل نمونه‌برداری محلول خاک T4,T3,T2,T1 به‌ترتیب ۲۸، ۴۰، ۶۱، ۸۰ روز پس از کاشت

- Similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level (Duncan test).

- Sampling time of soil solution T1, T2, T3, T4 28, 40, 61, 80 days after planting respectively

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر نیتروژن نیتراتی مشتق از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ در سطح کودی ۲۰۰ نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و زمان اول نمونه‌برداری، در عمق ۱۵ سانتی‌متر ۲ برابر، در عمق ۳۰ سانتی‌متر ۱/۴ برابر و در عمق ۶۰ سانتی‌متر ۴/۴ برابر افزایش داشت و در زمان دوم به‌ترتیب در اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر، (۰/۹، ۳۱/۷ و۳/۷) برابر و در زمان سوم به‌ترتیب (۶، ۶/۳ و ۳) برابر و در زمان چهارم (۳۴، ۳ و ۳) برابر افزایش را نشان داد. این روند در آبیاری جویچه‌ای در چهار زمان نمونه-برداری نیز به‌ترتیب (۲، ۱/۷ و ۲/۱)، (۲، ۱/۷ و ۳)، (۳، ۱/۷ و ۴) و (۵، ۲ و ۱/۵) افزایش را نشان داد. بررسی کاربرد ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و مقایسه با آبیاری شیاری با سطح کود نیتروژن یکسان نشان داد که تلفات نیتروژن در آبیاری شیاری ۲۲ درصد بیش‌تر از روش کودآبیاری قطره‌ای بود (۱۷). ایچیر و همکاران[1] (۲۰۰۳) در بررسی بازیافت بقایای گندم با استفاده از نیتروژن-۱۵ و اثرات بقایای کود نیتروژن در سیستم تناوبی گندم-گندم با کاربرد ۸۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۹/۷۶۴ اتم درصد اضافی) دریافتند که بازیافت کود نیتروژن توسط گندم ۳۳/۱ درصد و مقدار آن در عمق ۸۰-۰ سانتیمتری خاک ۶۴/۸ درصد بود. ایشان دلیل احتمالی برای این بازیافت پائین را توسط گیاه، آلی‌شدن نیتروژن کود عنوان کرد (۱۰).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری، سطح کود، عمق و زمان نمونه‌برداری محلول خاک بر غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. بیش‌ترین غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کودی۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ۱۵ سانتی‌متر خاک و در زمان اول نمونه‌برداری) و کم‌ترین غلظت در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عمق ۶۰ سانتی‌متر و زمان چهارم نمونه‌برداری) به‌ترتیب ۴۲/۲۵ و ۰/۲۹ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول۵). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در سیستم کودآبیاری قطره‌ای، در هر دو سطح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در عمق ۱۵ سانتی‌متر (عمق فعال ریشه در کودآبیاری قطره‌ای) نسبت به عمق ۶۰ سانتی‌متر و در تمام زمان‌های نمونه‌برداری، غلظت بیشتری را نشان داد. هانسون و همکاران[2] (۱۹۹۵) بیان داشتند که سیستم کودآبیاری قطره‌ای با کنترل قراردادن عناصر غذایی نزدیک ریشه گیاه و محدود کردن تلفات کود و کاهش آبشویی کود به آب‌های زیرزمینی سودمندی بالای کود را در پی دارد (۷). نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در آبیاری جویچه‌ای، با افزایش سطح کودی و با افزایش عمق، افزایش اندکی یافت به گونه‌ای که بیش‌ترین غلظت در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۶۰ سانتی‌متر به‌میزان ۱۳/۷۸ میلی‌گرم در لیتر بود که این مسئله می‌تواند بدلیل سودمندی پائین استفاده از کود و آب در آبیاری جویچه‌ای باشد. مقادیر نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در سطح کودی ۲۰۰ نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و زمان اول نمونه‌برداری در عمق ۱۵ سانتی‌متر ۲۸ درصد و در عمق ۳۰ سانتی‌متر ۵۳ درصد و در عمق ۶۰ سانتی‌متر ۵۸ درصد افزایش داشت و در زمان دوم به‌ترتیب (۴۳، ۶۶ و ۷) درصد و در زمان سوم به‌ترتیب (۶، ۳۸ و ۲۶) درصد و در زمان چهارم (۱۲، ۷۸ و ۵۱۷) درصد افزایش را نشان داد. این مقدار افزایش برای آبیاری جویچه‌ای در چهار زمان نمونه‌برداری و سه عمق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر به-ترتیب (۲۰۱، ۳۵ و ۲۲۰)، (۳۳۷، ۳۰ و ۲۵۹) ، (۸۹۰، ۴۰ و ۱۷۱) و (۴، ۶۹ و ۱۴) درصد بدست آمد. کنستانتینوس و همکاران[3] (۲۰۱۰) با استفاده از کود نشاندار نیتروژن-۱۵

1- Ichir *et al.*

2- Hanson *et al.*
3- Constantinos *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

در سیستم کودآبیاری قطره‌ای بیان داشتند که نیتروژن مشتق شده از خاک در گیاه بتدریج با افزایش کود نیتروژن کاهش یافت، به‌استثناء تیمار کم اوره (۶ گرم اوره برای هر گیاه) که کاهشی را در جذب نیتروژن خاک در مقایسه با شاهد نشان نداد (۴).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری، سطح کودی و اعماق خاک بر غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک، نیتروژن نیتراتی مشتق از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ و غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در شکل ۳ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک در (آبیاری جویچه‌ای، سطح کود ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۶۰ سانتی‌متر) و کم‌ترین غلظت در (سیستم کودآبیاری قطره‌ای، سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۶۰ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۶۵/۱۲ و ۳/۴۹ میلی-گرم در لیتر بدست آمد (شکل۳a). از مجموع نیتروژن نیتراتی موجود در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متر در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) ۶۲ درصد در عمق ۱۵ سانتی‌متر، ۲۹ درصد در عمق ۳۰ سانتی‌متر و ۹ درصد در عمق ۶۰ سانتی‌متر بود. همچنین از مجموع نیتروژن نیتراتی موجود در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متر در آبیاری جویچه‌ای (سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) ۱۰ درصد در عمق ۱۵ سانتی‌متر، ۳۴ درصد عمق ۳۰ سانتی‌متر و ۵۶ درصد در عمق ۶۰ سانتی‌متر بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ در آبیاری جویچه‌ای (سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۶۰ سانتی‌متر) و کم‌ترین غلظت در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عمق ۱۵ سانتی‌متر)، به-ترتیب ۵۶/۸۰ و ۰/۵۹ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل۳b). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک، در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و در اعماق ۱۵ و ۶۰ سانتی‌متر، به‌ترتیب ۲۸/۲۸ و ۱/۸۱ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل۳c). همانطورکه در شکل (۳a) مشاهده می‌شود در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک با افزایش عمق کاهش یافت. این درحالی است که غلظت نیتروژن نیتراتی در آبیاری جویچه‌ای با افزایش عمق افزایش داشت. پاپادوپولس[1] (۱۹۹۳) بیان داشت که مدیریت صحیح کودآبیاری قطره‌ای، باعث افزایش کارایی مصرف آب و کود شده و تأثیرات نامطلوب محیطی را به حداقل می‌رساند (۱۹). مقادیر نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ در آبیاری جویچه‌ای (سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، با افزایش عمق افزایش یافت (شکل ۳b). همچنین مقادیر نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک در روش کودآبیاری قطره‌ای (سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با افزایش عمق، روند کاهشی را نشان داد (شکل ۳c). از مجموع نیتروژن نیتراتی موجود در محلول خاک در سیستم کودآبیاری قطره‌ای ۲۰ درصد از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ و ۸۰ درصد مربوط به منبع خاک بود و در آبیاری جویچه‌ای ۷۷ درصد از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ و ۲۳ درصد از منبع خاک بود.

1- Papadopoulos

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵) مقایسه میانگین غلظت نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک، تحت تاثیر روش آبیاری، سطح کودی و زمان نمونه‌برداری در عمق‌های مختلف خاک

Table (5) Comparison of the average nitrate-N derived from soil source concentration under the influence of irrigation method, fertilizer level and sampling time at different soil depths

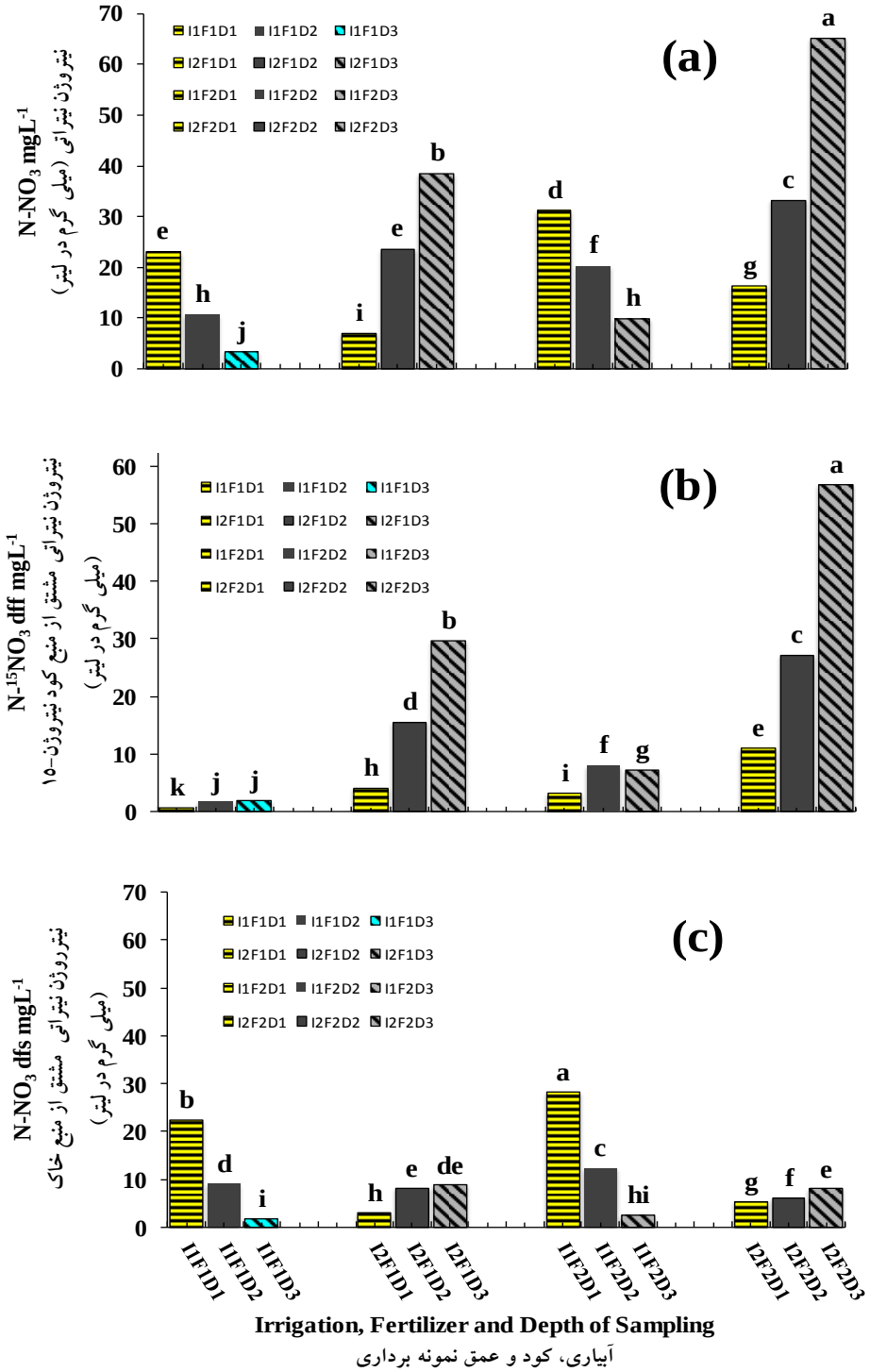
عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)					
60	30	15			
نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک Nitrate Nitrogen Drived from soil			آبیاری Irrigation	سطح کودی Fertilizer level	زمان نمونه‌برداری Sampling Time
3.56 q..s	17.68 fg	32.93 c	قطره‌ای	100	T1
2.41 rt	10.15 j	25.20 e	Drip	kg N ha^{-1}	T2
0.99 tu	5.36 m..q	17.31 fg			T3
0.29 u	2.87 rt	14.66 h			T4
10.21 j	6.71 l..o	2.09 r..u	جویچه‌ای		T1
6.43 l..p	4.76 pq	1.56 ut	Furrow		T2
13.78 hi	7.14 k..m	1.11 tu			T3
4.73 pq	13.19 hi	7.12 k..m			T4
2.25 r..t	27.23 d	42.25 a	قطره‌ای	200	T1
4.77 pq	16.94 fg	36.12 b	Drip	kg N ha-1	T2
1.25 tu	3.87 qr	18.38 f			T3
1.79 s..u	1.60 tu	16.42 g			T4
12.52 i	4.98 o..q	6.31 n..p	جویچه‌ای		T1
8.66 jk	6.17 n..p	6.82 k..o	Furrow		T2
5.49 m..q	5.06 n..q	1.10 tu			T3
4.42 m..q	8.27 kl	6.95 k..n			T4

- حروف مشابه نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (آزمون دانکن) است.
- مراحل نمونه‌برداری محلول خاک T4,T3,T2,T1 به‌ترتیب ۲۸، ۴۰، ۶۱، ۸۰ روز پس از کاشت

- Similar letters in indicate no significant difference at the 5% probability level (Duncan test).
-Sampling time of soil solution T1, T2, T3, T4 28, 40, 61, 80 days after planting respectively

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۳) اثرات متقابل روش آبیاری، سطح کود و عمق خاک بر غلظت نیتروژن نیتراتی (a)، نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ (b) و نیتروژن نیتراتی مشتق شده از منبع خاک (c) (I_1 و I2 کودآبیاری قطره‌ای و آبیاری جویچه‌ای) (F_1 و F_2 سطح کود ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) (D3, D2, D1 عمق‌های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر)

Figure 3 interactions effects of irrigation method, fertilizer level and soil depths on nitrate-N concentration (a), nitrate-N derived from fertilizer nitrogen-15 (b) and nitrate-N derived from soil (c) , (I1-Fertigation system and I2-Furrow Irrigation) (F1 and F2 are equal to 100 and 200 kg of nitrogen per hectare) and (D1, D2, D3 are soil depths of 15, 30 and 60 cm)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از ایزوتوپ پایدار نیتروژن-۱۵ و کپسول مکش برای ردیابی و تعیین مسیر حرکت نیترات (جذب شده از کود) در خاکرخ و خروج آن از سیستم ریشه گیاه استفاده شد. نتایج نشان داد که از مجموع نیتروژن نیتراتی موجود در لایه ۶۰-۰ سانتی‌متر در سیستم کودآبیاری قطره-ای (۶۲، ۲۹ و۹ درصد) و آبیاری جویچه‌ای(۱۰، ۳۴ و ۵۶ درصد) به‌ترتیب در اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر مشاهده شد. داده‌های نیتروژن-۱۵ نشان داد که از مجموع نیتروژن نیتراتی در سیستم کودآبیاری قطره‌ای (۲۰ و ۸۰ درصد) و آبیاری جویچه‌ای، (۷۷ و ۲۳ درصد) به‌ترتیب از منبع کود نشاندار نیتروژن-۱۵ و از منبع خاک بود. غلظت بالای نیترات در عمق ۶۰ سانتی‌متر خاک با افزایش مقدار کاربرد نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای مشاهده شد. کاربرد آبیاری جویچه‌ای تحت کشت گوجه‌فرنگی با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، سبب تلفات بالای نیتروژن به‌وسیله آبشویی شد. در مجموع سیستم کودآبیاری قطره‌ای و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به‌عنوان بهترین روش آبیاری و بهترین سطح کودی مناسب از جهت کاهش تلفات آبشویی نیترات در شرایط این تحقیق بود.

References

1. Aliehyaie, M., and Behbahani Zadeh, A. 1993. Description of Soil Analysis Methods. Soil and Water Research Institute, 1: 893. 129. (In Persian).

2. Bar-Yosef, B., 1999. Advances in fertigation. Adv. Agron. 65, 1-75.

3. Busscher, W.J. 1996. Soil, Water and Air Quality Research Florence: Coastal plain soil, water and plant research laboratory.

4. Constantinos, E., Ioannis, M., and Georgios, P. 2010. Efficient urea-N and KNO3-N uptake by vegetable plants using fertigation. Agronomy for Sustainable Development. 30: 763–768.

5. Gao, N., Liu, Y., Wu, H., Zhang, P., Yu, N., Zhang, Y., Zau, H., Fan, Q., and Zhang, Y. 2017. Interactive effects of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, nitrogen uptake, and recovery of two successive Chinese cabbage crops as assessed using ^{15}N isotope. Scientia Horticulturae. 215: 117-125.

6. Gregory, P., Tennant, D., and Belford, R. 1992. Root and shoot growth, and water and light use efficiency of barley and wheat crops grown on a shallow duplex soil in a Mediterranean-type environment. Crop and Pasture Science. 43. 3: 555-573.

7. Hanson, B., Bowers, W., Davidoff, B., Kasapligil, D., Carvajal, A., and Bendixen. W. 1995. Field performance of micro-irrigation systems. In: Micro-irrigation for a changing world: Conserving resources/preserving the environment. Proc. 5th Int. Micro-irrigation Congress. Orlando 769-774.

8. Hazelton, P., and Murphy, B. 2007. Interpreting soil test results; what do all the numbers mean? CSIRO Publishing. Australia. 149.

9. IAEA. 2001. Use of isotope and radiation methods in soil and water management and crop nutrition. Training Course Series No. 14. 247.

10. Ichir, L., Ismaili, M., and Hofman, G. 2003. Recovery of ^{15}N labeled wheat residue and residual effects of N fertilization in a wheat–wheat cropping system under Mediterranean conditions. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 66: 2. 201-207.

11. Karami Sorkheh, S., and Maleki, A. 2015. Soil pollution and ways to prevent it. Second National Conference on Engineering and Management of Agriculture, Environment and Sustainable Natural Resources. 11. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

12. Li, J., Zhang, J., and Rao, M. 2004. Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. Agricultural Water Management. 67: 89-104.

13. Li, J., Zhang, J., and Ren, L. 2003. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. Irrigation. Science. 22: (1). 19-30.

14. Lincoln, Z., Johannes, M., Scholberg, M., Dukes, D., and Muñoz-Carpena, R. (2007). Monitoring of Nitrate Leaching in Sandy Soils Comparison of Three Methods. Journal of Enviromental Quality. 36. 4: 953-962.

15. Mahgoub, N., Ahmed, A., Mohamed El Seyed, I., El Sikhary, M., and Ozoris. M. A. 2017. Roots and Nutrient Distribution under Drip Irrigation and Yield of Faba Bean and Onion. Open Journal of Soil Science. 52-67.

16. Mousavi Shalmani, M.A., Khorasani, A., Pirvali, B.N., Nouri, M.M., Eskandari, A., and Mohammadi, S.M. 2013. Application of Isotopic Technology to Nitrogen Fertilizer Management in Sugar Beet under Different Irrigation Systems, Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology). 27:1.61-69. (In Persian).

17. Mousavi Shalmani, M.A. 2008. Nitrogen-15 Isotope Application in Soil Fertility and Plant Nutrition. Zalal Kowsar. Institute for Nuclear Science and Technology. 412. (In Persian).

18. Mousavi Shalmani, M.A., Sagheb, N., Hobbi, M.S., Teimoori, S., Khorasani, A., and Piervali, N. 2003. Use of ^{15}N Methodology to Assess Urea Use Efficiency under Different Nitrogen Levels in Fertigation System and Comparison with Furrow Irrigation on Tomato. Journal of Nuclear Science and Technology. 26. 44-48. (In Persian).

19. Papadopoulos, I. 1993. Agricultural and environmental aspects of fertigation- chemigation in protected agriculture under Mediterranean and arid climates. Proceedings on Environmentally sound water management of protected agriculture under Mediterranean and arid climates. Bari. Italy.

20. Papadopoulos, I. 1988. Nitrogen fertigation of trickle-irrigated potato. Fértility. Res. 16: 157-167.

21. Parmodh, S., Manoj, K., Shukla, T.S., and Pradip, A. 2012. Nitrate-nitrogen leaching from onion bed under furrow and drip irrigation systems. Hindawi Publishing Corporation Applied and Environmental Soil Science Article. 17.10.

22. Reyhani, T.A. 2009. Nitrate, agriculture and environment. Tabriz University. 422. (Translated In Persian).

23. Sexten, B.T., Moncrief, J.F., Rosen, C.J., Gupta, S.C., and Cheng, H.H. 1996. Optimizing nitrogen and irrigation inputs for corn based on nitrate leaching and yield on a coarse textured soil. Journal of Environmental Quality. 25:983-992.

24. Studdert, G.A., and Atanasova, E. 2000. Response of spinach to nitrogen sourse and fertilizer rates. Pochvoznanie. Agrokhimiya I Ekologiya. 35. 4: 30-33.

25. Willis, L.E., Davies, F.S., and Graetz, D.A. 1990. Fertilization, nitrogen leaching and growth of young 'Hamlin' orange trees on two rootstocks. Proc. Fla. State Hort. 103. 30-37.

26. Zaman, W.U., Arshad, M., and Saleem, A. 2001. Distribution of Nitrate-Nitrogen in the Soil Profile under Different Irrigation Methods. International Journal of Agriculture and Biology. 2: 208-209.

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

www.SID.ir