مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۹ شماره ۲ صفحه های ۹۷ تا ۱۱۲ (۱۳۸۷)

بررسی کارایی مصرف کود، آب و عملکرد کاهو، در سیستم‌های مختلف آبیاری با استفاده از فناوری ردیابی ایزوتوپی[۱]

USE OF ISOTOPIC TRACER TECHNIQUE TO EVALUATE FERTILIZER AND WATER USE EFFICIENCY AND YIELD OF LETTUCE IN DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS

میراحمد موسوی شلمانی، علی خراسانی، نجات پیرولی بیرانوند و بهنام ناصریان خیابانی[۲]

چکیده

با توجه به محدودیت‌های سیستم‌های آبیاری ثقلی در تامین عناصر غذایی و آب، در این بررسی سعی گردیده تا با استفاده از ایزوتوپ سنگین نیتروژن-۱۵ و دستگاه نوترون‌متر، کارایی مصرف کود اوره و آب، در چهار سیستم سنتی و پیشرفته آبیاری مقایسه شود. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و به صورت کرت خرد شده روی گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) اجرا گردید. سیستم‌های مختلف آبیاری (فاکتور اصلی) شامل سیستم کودآبیاری قطره‌ای (T_1)، کودآبیاری بارانی (T_2)، آبیاری بارانی همراه با کاربرد شکل جامد کود در خاک (T_3) و سیستم جویچه‌ای (T_4) و اندام‌های مختلف گیاه کاهو (فاکتور فرعی) شامل برگ‌های بیرونی، درونی، ساقه و ریشه بودند. نتایج نشان داد که میزان تولید اندام هوایی در تیمارهای T_1 تا T_4 از تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ برخوردار بوده و مقدارهای آن ها به ترتیب برابر ۸۶/۳، ۷۷/۲، ۷۲/۲ و ۶۰/۳ تن در هکتار به دست آمد. تیمار کود آبیاری قطره‌ای بیشترین تولید برگ‌های بیرونی، ساقه و ریشه را داشت و تیمارهای بارانی نسبت به تولید برگ‌های درونی واکنش بهتری ارائه نمودند. همچنین گیاهان تحت سیستم کودآبیاری قطره‌ای از ساقه درشت‌تر و برگ کمتری برخوردار بود در حالی که در سیستم بارانی به صورت وارونه مشاهده شد. در تیمار T_3 به طور میانگین ۶۴/۴٪ از نیتروژن انتقال یافته به گیاه کاهو از منبع کود نشاندار تامین گردیده است. این نتیجه، در مقایسه با جذب نیتروژن در سایر تیمارهای آبیاری تحت فشار (T_1=۵۱/۱٪ و T_2=۴۶/۴٪) و به ویژه تیمار سنتی (۴۲/۴٪)، بسیار بالا بود. زیاد بودن درصد نیتروژن و نیتروژن جذب شده از منبع کود (Ndff) در تیمار T_3 باعث گردیده تا این تیمار بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (به میزان ۶۵/۸٪) را به خود اختصاص دهد. این امر در مورد تیمارهای T_1، T_2 و T_4 به ترتیب برابر ۵۳/۰، ۴۱/۴ و ۱۹/۹٪ اندازه‌گیری شد. تیمار T_2 با میزان ۲۹۱۸ متر مکعب در هکتار و ۲۶/۴۶ کیلوگرم در متر مکعب به ترتیب کمترین میزان آب کاربردی و بیشترین کارایی مصرف آب را دارا بود، در حالی که تیمار جویچه‌ای با بیشترین مقدار آب کاربردی (۱۰۹۴۸ متر مکعب در هکتار)، کمترین کارایی مصرف آب (۵/۵۱ کیلوگرم در متر مکعب) را به خود اختصاص داد. به بیان دیگر، تیمار کودآبیاری بارانی با مصرف به تقریب یک چهارم آب تیمار جویچه‌ای، افزایش محصولی به میزان ۲۸٪ داشته است. در خصوص الگوی تغذیه‌ای، به نظر می‌رسد که تقسیط کودی در ۸ قسط تزایدی در خاک‌های معمولی (با سطح متعارف عناصر) روش مناسبی جهت تغذیه گیاه کاهو نباشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود تا نحوه تقسیط کود

۱- تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۲۳

۲- پژوهشگران پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی (پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای) کرج، کرج، جمهوری اسلامی ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

در تیمارها، به گونه‌ای صورت گیرد که فرآیند کوددهی در فواصل زمانی ۳۰ تا ۵۱ روز پس از کاشت گیاه صورت گرفته، به صورتی که بخش عمده آن ۴۰ روز پس از کاشت اعمال شود. در چنین شرایطی، افزایش کارایی مصرف کود در تیمار کود آبیاری بارانی به بیش از ۶۰٪ دور از انتظار نخواهد بود.

واژه های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری قطره ای، ردیابی ایزوتوپی، کاهو، نیتروژن.

مقدمه

افزایش بهره‌وری کود و آب به همراه افزایش تولید در واحد سطح در سال‌های اخیر در مجامع علمی مرتبط با علوم تغذیه گیاهی مورد توجه جدی قرار گرفته است (۱). محدودیت منابع آب از نظر کمی و کیفی، برنامه‌ریزی خاص تحت عنوان استفاده بهینه از واحد آب مصرفی را ایجاب می‌نماید، که این امر می‌تواند در قالب کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری تحت فشار (نظیر قطره‌ای و بارانی) تحقق یابد. در ایران بخش عمده آب استحصال شده در بخش کشاورزی هدر می‌رود، به طوری که کارایی مصرف آب در مزرعه۳۰ تا ۳۵٪ عنوان شده است و قسمت اعظم آب در ضمن انتقال و کاربرد آن در مزرعه تلف می‌شود (۱۲). حقیقی (۳) عنوان نمود در شرایطی که به‌دلیل کمبود آب، کارایی آبیاری بالا مورد نظر باشد، سیستم‌های تحت فشار بر سیستم ثقلی ارجح خواهند بود. کیخا و همکاران (۱۳). در بررسی اثر سیستم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد محصولات سبزی و صیفی در منطقه سیستان، کارایی مصرف آب در سیستم‌های قطره‌ای و جوی و پشته‌ای را در گیاه بامیه به ترتیب ۲/۱۵ و ۰/۸۴ کیلوگرم در متر مکعب گزارش نمودند. همچنین در همین پژوهش کارایی مصرف آب برای گیاه بادنجان ۲/۵ و ۰/۶۷ کیلوگرم در متر مکعب گزارش گردیده است. به بیان دیگر با استفاده از سیستم قطره‌ای، ۵۲ تا ۶۳٪ در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل آمده است (۱۳).

یکی دیگر از معایب عمده سیستم‌های ثقلی، عدم مصرف بهینه کودهای نیتروژنی می‌باشد. علت این امر نفوذ عمقی آب آبیاری و به دنبال آن انتقال عناصر کودی به خارج از محدوده سیستم ریشه گیاه است. اسمیکا (۲۸) میزان هدرروی نیتروژن نیتراتی را در سیستم شیاری و در خاک‌های شنی، سالانه به طور متوسط ۹ تا ۱۴ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد. جونز و همکاران (۲۱) با کاربرد نیتروژن نشاندار ثابت کردند که در مراتع و مزارع شبدر و در مناطقی که بارندگی سالانه بیش از۷۵۰ میلی‌متر است، میزان نیتروژن خروجی از طریق آبشویی به ترتیب ۳۷ و ۵۴٪ نیتروژن مصرفی بوده است (۲۱). از سوی دیگر، عدم امکان تقسیط آب و افزایش تعداد دفعات آبیاری، منجر به کاهش رطوبت خاک در لایه‌های بالایی (در زمان بین دو آبیاری) شده و این امر از عمده منابع اتلاف نیتروژن از طریق تصعید گاز آمونیاک به هوا می‌باشد. در خاک‌های آهکی و یا قلیایی، درصورتی که کودهای حاوی ترکیبات آمونیوم به صورت سطحی مصرف شوند، به میزان ۷ تا ۳۵٪ از نیتروژن به کار رفته به صورت گاز آمونیاک متصاعد می‌شود (۳۰). عوامل بالا باعث می‌شود تا میانگین جهانی کارایی مصرف نیتروژن در سیستم‌های سنتی کشت غلات به ۳۳٪ کاهش یابد. این مقدار در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به ترتیب برابر با ۴۲ و ۲۹٪ گزارش شده است (۱۴).

در برآورد کارایی مصرف کود، از دو روش تفاضلی و ایزوتوپی استفاده می‌شود. در روش تفاضلی، با کسر کردن جذب نیتروژن در تیمار مورد نظر و شاهد، درصد انتقال نیتروژن کود به اندام گیاه اندازه‌گیری می‌شود (۱۸، ۳۱). این روش در شرایطی که خاک از نظر نیتروژن در سطح پایین قرار داشته باشد اغلب برآورد بیش از میزان واقعی انجام می‌دهد. موسوی شلمانی و همکاران (۱۵) با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت کود اوره در سیستم کودآبیاری قطره‌ای، کارایی مصرف کود نیتروژنی را در گیاه گوجه‌فرنگی طبق

Archive of SID

www.SID.ir

روش تفاضلی ۶۲/۵٪ برآورد کردند. این در شرایطی بود که کاربرد ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ کارایی ۵۴٪ را نشان می‌داد. از معایب دیگر روش تفاضلی (در برآورد کارایی مصرف کود) می‌توان به عدم دقت یافته‌ها در خاک‌هایی با سطح متعادل نیتروژن اشاره کرد. در شرایطی که خاک به عنوان منبع مناسب جهت تامین نیتروژن به شمار رود، روش تفاضلی برآورد کمتر از میزان واقعی را انجام می‌دهد. شیندلر و نایتون (۲۷) با کاربرد ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت نواری در گیاه ذرت، کارایی مصرف نیتروژن را در سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۳ به ترتیب ۳۹ و ۲۲٪ عنوان کردند. این در حالی است که روش ایزوتوپی مقادیر ۴۵ و ۴۰٪ را نشان می‌داد. بنابراین لزوم استفاده از ردیاب ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ در برآورد کارایی مصرف کود امری بدیهی می‌باشد که در مقاله ها و نشریه‌های مختلف آژانس بین المللی انرژی اتمی بدان اشاره شده است (۱۹، ۲۰). فریتسچی و همکاران (۱۷) در بررسی وضعیت نیتروژن جهت کوددهی گیاه پنبه، با استفاده از کاربرد کود نشاندار (۳ اتم درصد N^{15}) [فراوانی اتم درصد نیتروژن-۱۵ در یک ترکیب شیمیایی خاص (برای مثال اوره) برابر است با نسبت تعداد مول های ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ به تعداد کل مول های نیتروژن موجود در آن ماده شیمیایی (مجموع نیتروژن-۱۴ و نیتروژن-۱۵)]. استرداد نیتروژن را در سیستم قطره‌ای بین ۱۹ تا ۳۸٪ گزارش کردند و بیان داشتند که استرداد نیتروژن به طور مستقیم تحت تأثیر مدیریت نیتروژن قرار می‌گیرد و مدیریت آبیاری در این راستا از نقش کمتری برخوردار است.

کاهو گیاهی است یکساله از تیره میناسانان[۱] و روز بلند که در تابستان به گل می‌نشیند. این گیاه سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای سلامتی انسان است. اگر چه مقدار تولید محصول کاهو به نوع زمین، رقم و مراقبت‌های زراعی بستگی دارد، اما مقدار آن به طور میانگین بین ۳۰ تا ۳۵ تن در هکتار در سطح کشور گزارش شده است (۲). این میزان در کشور آمریکا ۳۱/۶ تن در هکتار است (۲۴). درخشنده لو (۵) با بررسی صفات کمی و کیفی رقم های مختلف کاهو گزارش کرده است که رقم 'آبدویل' با عملکرد ۴۴/۸ تن در هکتار بیشترین تولید را به خود اختصاص داده است.

یکی از معایب کاربرد بی رویه کودهای نیتروژنی، تجمع نیترات در برگ‌های گیاه کاهو است. مصرف سبزی های دارای نیترات بالا سبب تشکیل ماده سمی به نام نیتروزآمین در معده بزرگسالان می‌شود که سرطان‌زا است و در نوزادان تولید بیماری کم خونی (متهموگلوبینمیا) می‌کند. در دام‌ها نیز باعث لاغری، سقط جنین، کاهش تولید شیر و در نهایت مرگ می‌شود (۲). حداکثر مقدار مجاز مصرف نیترات در روز برای انسان ۳۵۰ میلی‌گرم است. رجب‌زاده و همکاران (۷) تجمع نیترات در سبزی های کاهو، تربچه و شاهی در میدان‌های تره بار تهران را گزارش کردند. در گیاه کاهو بیشترین تجمع نیترات در برگ‌های بیرونی مشاهده شد و ساقه از تجمع کمتری برخوردار بود. فرهادی (۱۰). در بررسی میزان نیترات در برگ گیاه کاهو (میدان‌های تره‌بار اصفهان) میزان ۱۷۷ میلی‌گرم نیترات در کیلوگرم محصول را گزارش کرده است. لی و همکاران (۲۳) در آزمایش گلخانه‌ای در مقایسه میزان نیترات در ۵ رقم کاهو، مقادیر ۴۸۷ تا ۲۹۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم را گزارش کردند. ایشان عنوان کردند که ۷۳ تا ۸۵٪ از نیتروژن موجود در کاهو به صورت پروتئین می‌باشد و استفاده از کود نیتروژنی سبب می‌شود تا نسبت نیتروژن غیر پروتئینی به نیتروژن کل افزایش یابد. طباطبایی (۲۹). غلظت نیترات در کاهو را تحت تغذیه محلول کودی مورد ارزیابی قرار داد. در این بررسی کمترین و بیشترین غلظت نیترات به ترتیب ۶۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه گزارش شده است. در این بررسی چهار روز پس از توقف

۱- Asteraceae

Archive of SID

www.SID.ir

کودی، ۲۵٪ کاهش در غلظت نیترات ملاحظه شده است (۲۹). وی در پژوهش دیگری عنوان کرد که اگر یک هفته قبل از برداشت، نیترات از محلول کودی حذف شود، غلظت نیترات در برگ‌ها ۵۰٪ کاهش می‌یابد (۸).

در راستای پاسخگویی به موارد بالا و انتخاب سیستم مدیریت مناسب کود و آب، نتایج گرچه مؤید ارجحیت سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر سیستم‌های سنتی می‌باشد، اما کیفیت و کمیت فرایند مقایسه در محصولات گوناگون، بسیار مختلف گزارش شده است. به عنوان مثال علیزاده (۹) عنوان کرد که روش قطره‌ای از بین روش‌های آبیاری تحت فشار از بازده بیشتری (حدود ۹۰٪) برخوردار می‌باشد. بنابراین از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب یکی از بهترین روش‌ها به شمار می‌رود. دهقانی و همکاران (۶) عنوان کردند که آبیاری بارانی جهت سبز شدن یکنواخت مزرعه خیلی بهتر از روش‌های غرقابی و نشتی می‌باشد. فرهادی و اکبری (۱۱) روش آبیاری قطره‌ای را از نظر کاهش مصرف آب و کارایی بالا در گیاه گرمک بهتر از روش سطحی تشخیص دادند. در سیستم‌های کودآبیاری به طور معمول کاربرد کود در چند مرحله صورت می‌گیرد که پیامد این امر، افزایش کارایی مصرف کود نیتروژنی خواهد بود (۲۲). همچنین استفاده از کود به صورت مایع و نزدیک محل استقرار گیاه باعث افزایش محصول تا ۸۰٪ شده و کارایی مصرف آب نیز تا دو برابر افزایش می یابد (۲۶). در سیستم کودآبیاری نیازی به تسطیح زمین نیست و با تزریق مواد شیمیایی خاص، می‌توان درجهت بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اقدام نمود. کارایی مصرف کودهای نیتروژنی تحت این سیستم می‌تواند تا ۸۵٪ افزایش یابد (۱۶، ۲۵). بنابراین جهت بررسی و انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری و کوددهی در سبزی های برگی (کاهو) سعی شده تا با استفاده از ایزوتوپ پایدار نیتروژن ۱۵ [به عنوان مناسب‌ترین وسیله جهت ردیابی نیتروژن در چرخه‌های زیستی (۱۹، ۲۰)] و همچنین دستگاه نوترون متر، چهار سیستم مختلف آبیاری مطالعه شوند.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی (مزرعه زعفرانیه کرج) در خاک لوم رسی در چهار تیمار و سه تکرار و در کرت هایی به مساحت ۱۴۴ متر مربع روی گیاه کاهو اجرا گردید. پاره‌ای از ویژگی‌های خاک منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی (RCB) به صورت کرت خرد شده اجرا شد. سیستم‌های مختلف آبیاری (فاکتور اصلی) شامل سیستم کودآبیاری قطره‌ای (T_1)، کودآبیاری بارانی (T_2)، آبیاری بارانی همراه با کاربرد شکل جامد کود در خاک (T_3) و سیستم جویچه‌ای (T_4) و اندام‌های مختلف گیاه کاهو (فاکتور فرعی) شامل برگ‌های بیرونی، درونی، ساقه و ریشه بودند. تعیین سطح کودی در کلیه تیمارها بر اساس آزمون خاک و طبق مقادیر یاد شده در جدول ۲ صورت پذیرفت.

کلیه گیاهان در فاصله زمانی ۲۹ مرداد تا ۱ شهریور کاشته شدند. سیستم مرکزی آبیاری در تیمارهای تحت فشار شامل منبع ذخیره آب، الکتروپمپ، کنتور، پمپ کودآبیاری، فیلتر توری، فشارسنج و شیرهای یک طرفه بودند.

در تیمار کودآبیاری قطره‌ای از لوله‌های پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر و قطره‌چکان‌های با آبدهی ۴ لیتر در ساعت استفاده شد. فاصله لوله‌های آبیاری و بوته‌ها به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲۵ متر در نظر گرفته شد و هر قطره‌چکان دو بوته را آبیاری می‌کرد. جهت ایجاد بیشترین تراکم در واحد سطح، از الگوی کاشت مثلثی استفاده و به ازای هر ۵ خط آبیاری، یک خط حذف و به عنوان جاده در نظر گرفته شد. جهت تغذیه گیاهان، کلیه عناصر مورد نیاز از

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ویژگی های خاک منطقه مورد مطالعه (پیش از شروع آزمایش مزرعه ای).

Table 1. Soil characteristics (before starting the field experiment).

بافت خاک Soil texture	SP	EC	pH	کربن آلی Organic C %	کربنات کلسیم معادل CCE %	پتاسیم (قابل استفاده) K (available) Mg kg^{-1}	فسفر (قابل استفاده) P (available) mg kg^{-1}	نیتروژن کل Total N %	عمق Depth cm
لوم رسی Clay loam	46	0.8	8.2	0.94	17.3	200	9.0	0.09	0-30
لوم رسی Clay loam	47	1.1	8.2	0.57	18.0	160	6.8	0.06	30-60
لوم رسی Clay loam	47	1.2	8.2	0.25	18.0	180	6.2	0.03	60-90

جدول ۲- سطوح کودی عناصر پر مصرف و کم مصرف در تیمارهای مختلف.

Table 2. Fertilizer levels (micro - and macroelements) in different treatments.

کیلوگرم عنصر در هکتار kg ha^{-1}									تیمار Treatment
Fe	Zn	Mo	B	Mn	Cu	K	P	N	
3	5	0.5	2	20	5	130	47	143	T_1
3	5	0.5	2	20	5	140	70	177	T_2
3	5	0.5	2	20	5	140	70	177	T_3
3	5	0.5	2	20	5	150	93	210	T_4

طریق یک پمپ کود آبیاری بزرگ در ۸ قسط تزایدی و به فاصله ۳ روز در سیستم تزریق شد. به منظور اجتناب از گرفتگی قطره‌چکان‌ها (بر اثر برهمکنش کودهای مختلف در محیط محلول با یکدیگر) آزمون جار[۱] درباره عناصر کودی صورت گرفت (٤). عدم ایجاد رسوب در ٢٤ ساعت، معرف این مطلب بود که اختلاط کودهای اوره، فسفریک اسید و سولفات پتاسیم (به عنوان منشأ عناصر سه‌گانه N، P و K) در غلظت مزبور، موجب گرفتگی قطره‌چکان ها نخواهد شد. در وسط هر کرت، قطعه‌ای به مساحت ۲/۳۲ متر مربع از سیستم اصلی جدا و به کرتچه ایزوتوپی اختصاص داده شد. بدین ترتیب تمامی مواد شیمیایی (نظیر کود، قارچ کش، عناصر میکرو و غیره) از طریق سیستم تزریق خودکار (جداگانه)، در کرتچه ایزوتوپی توزیع شد. تعداد قطره‌چکان و بوته در کرتچه ایزوتوپی به ترتیب ١٦ و ٣٢ عدد بود. در سال ۱۳۸۳، اوره نشاندار ۱/۸۹ اتم درصد اضافه ^{15}N از طریق سیستم ونتوری پمپ (و قطره‌چکان‌های تنظیم شونده) در سطح کرتچه ایزوتوپی توزیع شد. در سال ۱۳۸۴ سیستم تزریق کود ایزوتوپی تغییر داده شد و از پمپ کوچک کودآبیاری جهت تزریق عناصر کودی استفاده شد. تجربیات گذشته مؤید این مطلب بود که روش مشابه سازی فوق (تا حد قابل قبول) توانایی انطباق با سیستم مرکزی را خواهد داشت.

۱- JAR test

Archive of SID

www.SID.ir

قطعات آبیاری بارانی، شامل دو تیمار مختلف (سیستم کودآبیاری بارانی T_2 و آبیاری بارانی T_3) بود و تنها فرق این دو، تفاوت در روش کاربرد کود بود. در این تیمارها، از آب پاش ژاله (تولید شرکت کارنیک، دبی ۰/۷۴ متر مکعب در ساعت، شعاع پاشش ۱۱/۵ متر، فشار ۲/۵ بار و آبدهی ۱۹۲ لیتر در ساعت) روی لوله‌های فرعی آلومینیومی ثابت استفاده شد. قبل از کاشت گیاه، با استفاده از قرار دادن ۲۵ عدد قوطی در شبکه‌ای با فواصل ۳ در ۳ متر، آزمون یکنواختی آبپاش‌ها صورت گرفت. الگوی کاشت در این تیمارها به صورت ردیفی با فواصل خطوط و گیاه ۰/۲۵ متر صورت گرفت و به ازای هر ۸ خط کاشت، ۲ خط جهت جاده حذف شد. مساحت کرتچه ایزوتوپی در تیمارهای بارانی ۱/۴۳ متر مربع بود که در وسط کرت قرار می‌گرفت. در تیمار T_2، عناصر کودی از طریق آب پاش و در ۸ قسط تزایدی و به فاصله ۳ روز در میان روی گیاهان پاشیده شد. در هنگام کودپاشی تیمار T_2، قطعات ایزوتوپی توسط شبکه شش ضلعی پلاستیکی پوشانده می‌شد و متعاقب آن، اوره نشاندار ۱/۹۲ اتم درصد اضافه ^{15}N با معادل سازی توسط سه عدد مه‌پاش روی گیاهان پاشیده می‌شد. در تیمار آبیاری بارانی، کود مورد نظر (در ۳ قسط و به فاصله ۱۰ روز) به صورت دستی به خاک داده شد. اتم درصد اضافه نیتروژن ۱۵ در این تیمار برابر با ۱/۸۵ بود.

در تیمار جویچه‌ای، هر کرت شامل ۲۰ پشته با فواصل ٦٠ سانتی‌متر بود که گیاهان در دو طرف پشته کاشته شده بودند. کلیه عناصر کودی (به استثنای نیتروژن) از طریق پمپ کودآبیاری به کانال اصلی آبیاری وارد می‌شد. در خصوص عنصر نیتروژن، کود مورد نظر به صورت محلول در ۳ قسط (و به فاصله ۱۰ روز) و به صورت دستی به ردیف‌های کاشت اضافه شد. جهت انجام کوددهی ایزوتوپی، قطعه‌ای به مساحت ۲/۷ متر مربع در وسط کرت انتخاب شد. تنها ویژگی این منطقه این بود که بجای اوره معمولی، از شکل نشاندار شده آن (۱/۸۹ اتم درصد اضافه ^{15}N) به همان روش کاربرد جویچه استفاده شده بود.

برنامه‌ریزی آبیاری کلیه تیمارها، براساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر کلاس A و میزان بارندگی مؤثر در منطقه صورت گرفت. میزان آب کاربردی برای تمامی تیمارها با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. جهت کنترل رطوبت خاک در ناحیه ریشه گیاه و اصلاح زمان‌بندی آبیاری از نوترون‌متر استفاده شد. بدین منظور برای تمام تیمارها در دو تکرار لوله‌های آلومینیومی تا عمق یک متری خاک نصب شد. اندازه‌گیری رطوبت هفته‌ای دو بار (قبل و بعد از آبیاری) در اعماق ۱۵، ۳۰، ٤٥، ٦٠ و ۷۵ سانتیمتری خاک انجام شد. قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها، واسنجی دستگاه نوترون‌متر (به عنوان تابعی از رطوبت حجمی خاک) در مزرعه صورت گرفت. جهت انجام واسنجی، چهار کرت (به ابعاد ۲ در ۲ متر) ایجاد و در هر کدام دو عدد لوله آلومینیومی به قطر ٤٠ میلی‌متر تا عمق یک متری خاک نصب شد. بعد از آبیاری کرت‌ها و خواندن شمارش استاندارد دستگاه، شمارش‌های نوترونی ۲ تا ٥ روز بعد از آبیاری تا عمق ۷۵ سانتی‌متر (به فاصله هر ۱۵ سانتی‌متر) انجام شد و همزمان، با حفر گودال نمونه‌برداری از خاک (در همان اعماق) تعیین رطوبت و وزن ویژه ظاهری خاک صورت گرفت. در شکل ۱ منحنی واسنجی شمارش‌های نوترونی و رطوبت حجمی خاک ارائه شده است.

پس از برداشت محصول، نمونه‌های گیاهی به اندام‌های برگ بیرونی، برگ درونی، ساقه و ریشه تفکیک شده و نمونه‌گیری فرعی ایزوتوپی از هر اندام صورت پذیرفت. درصد نیتروژن کل به روش کجلدال تعیین شد و پس از آماده سازی نمونه‌ها، نسبت ایزوتوپی $^{15}N/^{14}N$ توسط دستگاه امیشن اسپکترومتر NOI7 تعیین گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

میانگین داده‌های تولید محصول و تحلیل نسبت ایزوتوپی $^{15}N/^{14}N$ در اندام‌های مختلف گیاه کاهو (در دو سال زراعی) در جدول ۳ ارائه شده است. تولید اندام هوایی (مجموع برگ‌های بیرونی، درونی و ساقه) در تیمارهای T_1 تا T_4 به ترتیب برابر ۸۶/۳، ۷۷/۲، ۷۲/۲ و ۶۰/۳ تن در هکتار بود.

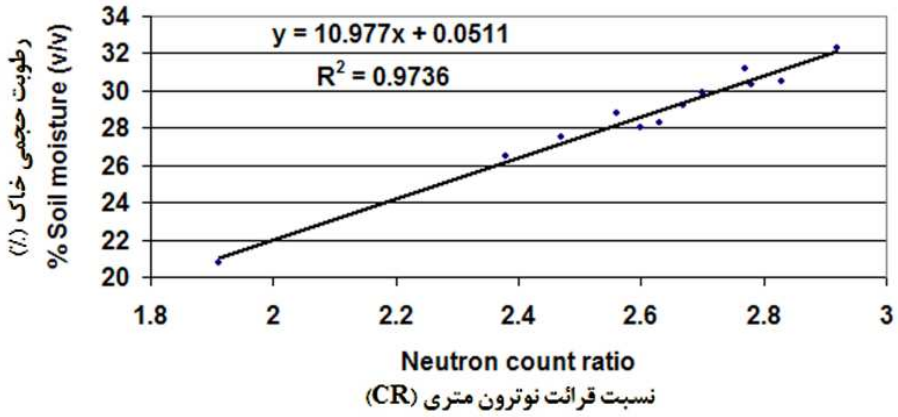

Fig. 1. Field calibration curve of neutron gauge in 20 - 75 cm of soil depth.

شکل ۱- منحنی واسنجی مزرعه‌ای دستگاه نوترون‌متر در عمق های ۲۰ تا ۷۵ سانتی‌متری خاک.

برخلاف پایین بودن سطح کود در سیستم کودآبیاری قطره‌ای، این تیمار بیشترین قابلیت تولید محصول را دارد. همچنین در صورت تفکیک اندام‌های مختلف از یکدیگر، بیشترین تمایل به تولید برگ‌های بیرونی، ساقه و ریشه نیز در تیمار T_1 ملاحظه شده و سایر تیمارها در این خصوص تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداده‌اند. یافته فوق در تأیید نتایج پژوهش های تامسون (به نقل از ۱۲) در ده سال اخیر می‌باشد، که در مقاله های متعدد عنوان نموده که بیشترین محصول و اقتصادی‌ترین نتیجه را می‌توان از طریق آبیاری قطره‌ای بدون آلودگی محیط زیست به دست آورد. از سوی دیگر بیشترین واکنش در خصوص تولید برگ‌های درونی به ترتیب در تیمارهای T_2، T_3، T_1 و T_4 مشاهده شده است. در رابطه با میزان تولید محصول کاهو، تحت سیستم‌های مختلف مدیریت آب و کود، جنبه‌های مختلفی قابل طرح و بررسی است. تیمار کودآبیاری قطره‌ای بیشترین تأثیر را از نظر تولید برگ‌های بیرونی، ساقه و ریشه از خود نشان داده و تیمارهای بارانی از نظر تولید برگ‌های درونی تأثیر بهتری داشته‌اند. در مقایسه تیمارهای T_1 و T_2، میزان تولید اندام‌های هوایی به ترتیب برابر ۸۶/۳ و ۷۷/۲ تن در هکتار بوده است (شکل ۲). بنابراین بدون احتساب هزینه‌های مربوط به راه اندازی این دو سیستم، تیمار قطره‌ای از قابلیت تولید محصول بیشتری نسبت به سیستم بارانی برخوردار بوده است (که این امر به نفع زارعین می‌باشد). از سوی دیگر هنگام فروش کاهو، کلیه برگ‌های بیرونی آن جدا و به دور ریخته می‌شود. بدین ترتیب پس از حذف برگ‌های بیرونی (که از سطح بازار پسندی مطلوبی برخوردار نمی‌باشد) میزان تولید محصول در هر دو تیمار به سطح تعادل ۵۰ تن در هکتار می‌رسد. با توجه به نقش احتمالی برگ‌های بیرونی در راستای حفاظت از سلامت ظاهری بیشتری برخوردار خواهند بود. نکته دیگر، تفاوت سطح تولید ساقه (مغز) کاهو در تیمارهای مختلف می‌باشد. علی‌رغم رسیدن به سطح توازن محصول بازار پسند در هر دو تیمار T_1 و T_2، کاهوهای تحت مدیریت سیستم کودآبیاری قطره‌ای از ساقه درشت‌تر و برگ کمتری برخوردار بوده که این امر در مورد سیستم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه محصول‌تر، محصول خشک، نیتروژن کل، محصول نیتروژن، نیتروژن مشتق شده از کود (Ndff)، محصول نیتروژن کود (FNY) و کارایی مصرف کود اوره (NUE) در اندام‌های مختلف گیاه کاهو تحت سیستم‌های مختلف مدیریت آب و کود.

Table 3. Comparison of fresh weight, dry mater yield, total nitrogen, nitrogen yield, nitrogen derived from fertilizer (Ndff), fertilizer nitrogen yield (FNY), urea fertilizer use efficiency (NUE) in different organs of lettuce, under different water and fertilizer management systems

NUE %	FNY kg N ha^{-1}	Ndff %	محصول نیتروژن Nitrogen yield kg N ha^{-1}	نیتروژن کل Total nitrogen %	محصول خشک Dry mater yield kg ha^{-1}	محصول تر Fresh yield ton ha^{-1}	اندام گیاه Plant orang	تیمار Treatment
1.1c†±23.8	1.6c±34.0	4.6c±52.0	5.8c±65.7	0.2bc±3.3	54c±1962	1.0d±36.0	برگ‌های بیرونی Outer leaves	T1
2.2d±20.4	3.1d±29.2	4.1cd±51.2	4.8d±57.1	0.2bc±3.2	70d±1759	1.5c±38.7	برگ‌های درونی Inner leaves	
0.4ijk±3.5	0.6gh±5.0	3.9cd±51.1	0.7ghi±9.8	0.2g±2.2	16j±448	0.4f±11.6	ساقه Stem	
5.3±0.5hi	7.6±0.6g	49.9±6.5cd	15.3±1.1g	1.7±0.1h	897±29h	7.8±0.3g	ریشه Root	
0.7f±11.2	1.3e±19.8	2.2cd±51.6	0.8f±38.2	0.2de±2.8	126ef±1367	2.5e±27.3	برگ‌های بیرونی Outer leaves	T2
2.5b±27.6	4.3b±48.9	2.3de±47.5	9.0b±103.1	0.1b±3.5	228a±2947	3.5a±45.3	برگ‌های درونی Inner leaves	
0.2k±1.2	0.3h±2.1	1.1ef±44.2	0.6i±4.8	0.5fg±2.3	19k±210	0.4h±4.6	ساقه Stem	
0.2jk±1.4	0.4h±2.5	3.3f±42.1	0.6i±6.0	0.1i±1.2	40ij±507	0.3h±3.9	ریشه Root	
0.5e±17.2	0.9d±30.4	2.9a±67.9	0.5e±44.8	0.1 bc±3.4	76fg±1283	1.5e±25.7	برگ‌های بیرونی Outer leaves	T3
1.6a±42.4	2.8a±75.0	0.3a±65.1	4.9a±115.3	0.1 a±4.1	135b±2752	2.1b±42.3	برگ‌های درونی Inner leaves	
0.1jk±1.8	0.2h±3.2	4.6c±60.4	0.4i±5.3	0.2 ef±2.7	9k±195	0.2h±4.2	ساقه Stem	
0.1ij±4.4	0.1g±7.8	0.5ab±64.1	0.2gh±12.2	0.1 efg±2.5	28j±476	0.2h±3.6	ریشه Root	
1.6fg±9.2	1.6e±34.0	5.4ef±43.8	2.9e±44.1	0.3bcd±3.1	189e±1417	3.5e±26.0	برگ‌های بیرونی Outer leaves	T4
1.0gh±7.8	3.1f±29.2	1.1ef±45.0	4.6e±36.3	0.2cd±3.0	70g±1198	1.5e±26.3	برگ‌های درونی Inner leaves	
0.1jk±1.6	0.6h±5.0	0.7ef±45.6	0.7hi±7.5	0.3efg±2.5	15k±306	0.4g±8.0	ساقه Stem	
0.1jk±1.3	0.6h±7.6	3.1g±35.3	0.6hi±7.6	0.1i±1.2	31i±612	0.3h±5.3	ریشه Root	
8.86	9.09	4.53	9.22	7.77	6.06	6.21		(%) CV

† Data are average of 3 replications.

†† The same letter in each column, refers to no significant difference at 5% level (Duncan's test).

† داده‌ها میانگین سه تکرار است.

†† حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ (از طریق آزمون دانکن) است.

Archive of SID

www.SID.ir

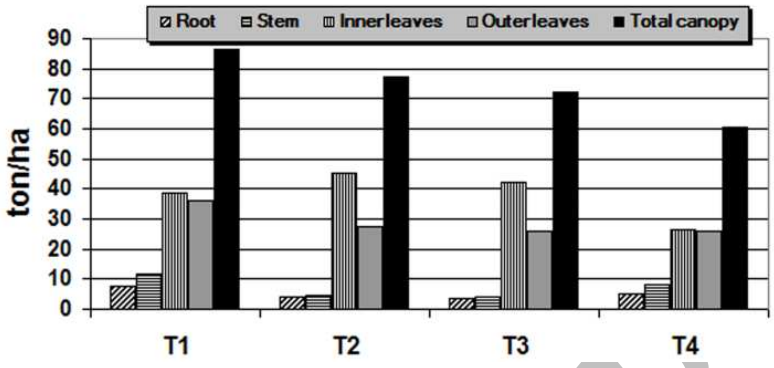

Fig. 2. Comparison of fresh lettuce yield (ton ha^{-1}) under different water and fertilizer management systems in different plant organs.

شکل ۲- مقایسه تولید کاهو (ton ha^{-1}) در سیستم‌های مختلف مدیریت آب و کود به تفکیک اندام‌های مختلف گیاهی.

بارانی به صورت معکوس نمود یافته است. بنابراین با توجه به تمایل مصرف کنندگان در خصوص خریداری کاهوهای پر برگ، سیستم کودآبیاری بارانی (نسبت به قطره‌ای) از ارجحیت ویژه برخوردار است. در مقایسه درصد رطوبت بافت گیاهی، تیمار جویچه‌ای ($T_۴$) کمترین درصد رطوبت را داشته است. بنابراین کاهوهای تحت مدیریت این سیستم، از طراوت سایر سیستم‌ها برخوردار نبود.

در خصوص مقایسه کارایی مصرف کود نیتروژنی در تیمارهای مختلف، عوامل متعددی نظیر محصول خشک، درصد نیتروژن کل و درصد نیتروژن مشتق شده از کود (Ndff) در این امر تأثیر خواهند گذاشت. برخلاف تفاوت ملاحظه شده در محصول تر و به واسطه تفاوت در میزان رطوبت بافت‌های گیاهی در سیستم‌های مختلف ($T_1 > T_2 > T_3$)، محصول خشک در سه تیمار $T_۱$، $T_۲$ و $T_۳$ برابر بوده و تیمار $T_۴$ تنها تیماری است که تفاوت معنی‌دار با سایرین را از خود نشان داد. تیمار $T_۳$ بیشترین درصد نیتروژن کل (میانگین ۳/۱۵٪) را داشته و سایر تیمارها با مقدار متوسط ۲/۵۱٪ در گروه دوم قرار گرفتند. در تیمار $T_۳$ شرایط به گونه‌ای بود که به طور میانگین ۶۴/۴٪ از نیتروژن انتقال یافته به گیاه کاهو، از منبع کود نشاندار تامین شده است. این داده در مقایسه با استحصال نیتروژن در سایر تیمارهای آبیاری تحت فشار ($T_۱$=٪۵۱/۱ و $T_۲$=٪۴۶/۴) و به ویژه تیمار سنتی (۴۲/۴٪) بسیار بالا بود. بالا بودن درصد نیتروژن و Ndff در تیمار $T_۳$ باعث شد تا این تیمار بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (به میزان ۶۵/۸٪) را به خود اختصاص دهد. در مورد تیمارهای $T_۱$، $T_۲$ و $T_۴$ به ترتیب برابر ۵۳/۰، ۴۱/۴ و ۱۹/۹٪ اندازه‌گیری شد (شکل ۳).

در تحلیل علت بالا بودن کارایی مصرف کود در تیمار $T_۳$ می‌توان به این نکته اشاره نمود که در این تیمار شکل جامد کود، به صورت تقسیط فزاینده و در سه مرحله (۱۵ شهریور، ۲۴ شهریور و ۳ مهر) و با استفاده از ضرایب ۱/۶، ۲/۶ و ۳/۶ اعمال شده است. به بیان دیگر ۵۰٪ از سطح کودی مورد نظر، در اوایل مهر ماه به سطح کرت افزوده شده است. چنین به نظر می‌رسد که سومین مرحله تقسیط، مصادف با مرحله رویش سریع گیاه بوده و در نتیجه قسمت

Archive of SID

www.SID.ir

اعظم کود در تیمار آبیاری بارانی مورد استفاده گیاه قرار گرفته است. بر خلاف اعمال الگوی کوددهی یکسان در تیمار جویچه‌ای، نتیجه فرایند فوق در این تیمار معکوس بوده، چرا که به واسطه ویژگی نفوذ عمقی آب در سیستم‌های آبیاری سنتی، قسمت اعظم کود از منطقه فعال ریشه گیاه خارج شده و در نتیجه، اتلاف عمده منبع کود نیتروژنی دور از انتظار نخواهد بود. این امر به‌خوبی در شکل ۴ بیان گردیده است.

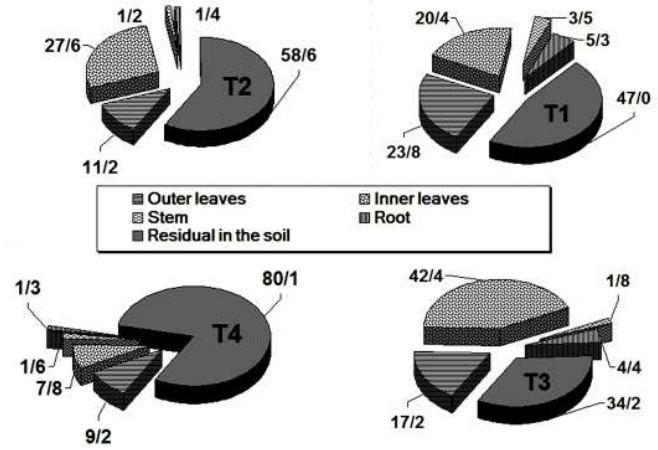

Fig. 3. Comparison of fertilizer use efficiency under different treatments in different lettuce organs. Residual nitrogen in the soil consists of different losable form of nitrogen, like ammonia volatilization, leaching, etc.

شکل ۳- مقایسه درصد کارایی مصرف کود در تیمارهای مختلف به تفکیک اندام‌های مختلف کاهو. در این شکل نیتروژن باقیمانده در خاک، شامل شکل‌های مختلف اتلاف، نظیر تصعید گاز آمونیاک و آبشویی نیز می‌گردد.

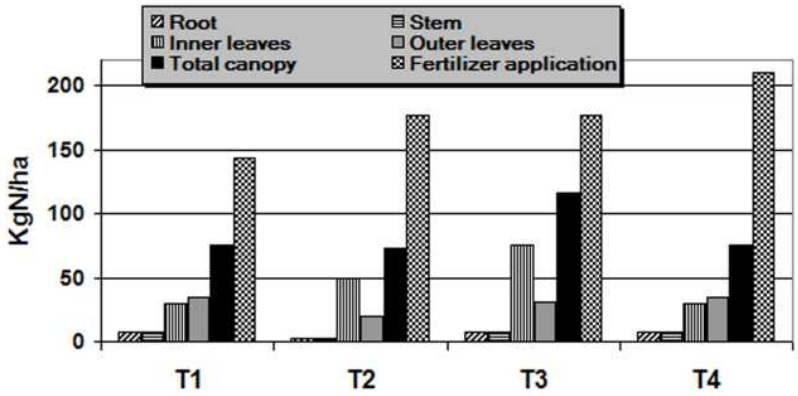

Fig. 4. Comparison of fertilizer nitrogen yield and its application under different treatments in different lettuce organs.

شکل ۴- مقایسه محصول نیتروژن کود با سطح کودی مصرف شده در تیمارهای مختلف به تفکیک اندام‌های مختلف گیاه کاهو.

در تیمار جویچه‌ای از ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (کود مورد مصرف)، فقط ۷۵/۸ کیلو گرم نیتروژن در هکتار مورد استفاده گیاه قرار گرفته و ۱۳۴/۲ کیلو گرم نیتروژن در هکتار تلف شده است. این امر با احتساب

Archive of SID

www.SID.ir

کود نیتروژنی جذب شده در سیستم ریشه‌ای گیاه بوده است. این در حالی است که در تیمار T_3 از ۱۷۷ کیلو گرم نیتروژن در هکتار کود مصرف شده، ۱۱۶/۴ کیلو گرم نیتروژن در هکتار جذب اندام‌های مختلف گیاه شده و فقط ۶۰/۶ کیلو گرم نیتروژن در هکتار تلف شده است.

میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف با استفاده از کنتور حجمی ثبت شد (شکل ۵). بدین ترتیب مجموع آب مصرفی در دوره‌های ۱۵ روزه، در تیمارهای مختلف مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. همان طوری که ملاحظه می‌شود نیاز آبیاری کاهو در تیمارهای آبیاری تحت فشار، در سه چهارم انتهایی دوره رشد گیاه به تقریب ثابت بود. این در حالی است که در مورد تیمار T_4 بیشترین آب مصرفی در نیمه اول مهر واقع شده و پس از آن با کاهش دمای محیط، از میزان آن کاسته شد.

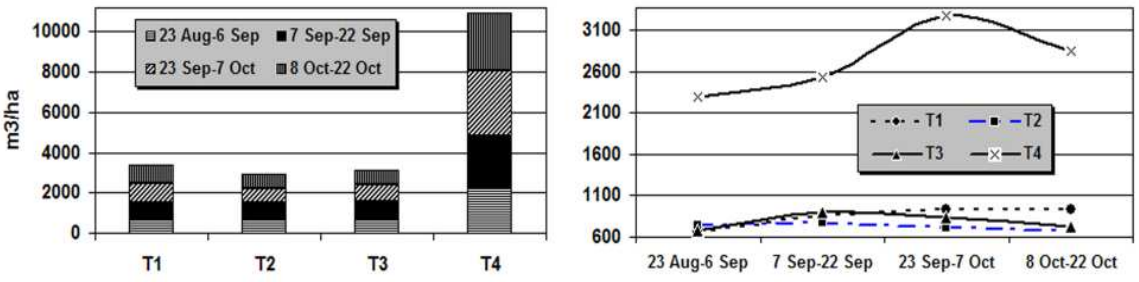

Fig. 5. Volumetric records of water consumption in different treatments in 15 days intervals.

شکل ۵- میزان آب مصرفی بر اساس کنتور حجمی در تیمارهای مختلف به تفکیک مجموع آبیاری صورت گرفته در دوره‌های ۱۵ روزه.

به منظور ارزیابی بهره‌وری آب از شاخص عملکرد به ازای واحد حجم آب[۱] (CPD) استفاده شد. بدین ترتیب نتایج میزان محصول تر، آب کاربردی و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود تیمار کودآبیاری بارانی با میزان ۲۹۱۸ متر مکعب در هکتار و ۲۶/۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب کمترین میزان آب کاربردی و بیشترین کارایی مصرف آب را دارا بود. در حالی که تیمار جویچه‌ای با بیشترین مصرف آب کاربردی به میزان ۱۰۹۴۸ متر مکعب در هکتار، کمترین کارایی مصرف آب به مقدار ۵/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب را به خود اختصاص داد. به گفته دیگر در تیمار کودآبیاری بارانی با مصرف به تقریب یک چهارم آب مصرفی (در مقایسه با تیمار جویچه‌ای) افزایش محصول به میزان ۲۸٪ بود.

درباره مقایسه اندام‌های مختلف گیاه کاهو، میزان تولید برگ درونی بیشتر از سایر اندام‌ها بود (۳۸/۲ ton ha^{-1}) و تولید برگ بیرونی، ساقه و ریشه به ترتیب برابر ۲۸/۷، ۷/۱ و ۵/۱ بود. ترتیب بالا در مورد محصول ماده خشک (DMY) نیز صادق بود، با این تفاوت که به علت کمتر بودن درصد رطوبت ریشه، جایگزینی معنی‌دار (سطح احتمال ۵٪) در خصوص ساقه و ریشه صورت گرفت.

در مقایسه درصد نیتروژن کل، برگ‌های درونی بیشترین داده را به خود اختصاص داده (۳/۴۶٪) و برگ های خارجی، مغز و ریشه به ترتیب با میانگین ۳/۱۷٪ ، ۲/۴۱٪ و ۱/۶۵٪ در مکان‌های دوم تا چهارم قرار

۱- CPD = مقدار محصول تر تولید شده تقسیم بر مقدار آب مصرف شده (آب تحویلی به شبکه). با توجه به اینکه در کلیهٔ تیمارها (از جمله تیمار جویچه‌ای)، آب آبیاری از طریق لوله‌های پلی اتیلن به مزرعه انتقال یافته است، بنابراین آب تحویلی به شبکه برابر با آب تحویلی به مزرعه می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

گرفت. در میزان نیتروژن کل (اندام‌های مختلف گیاه کاهو) در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. در اندازه‌گیری میزان تجمع نیترات در برگ گیاه کاهو (برداشت صبح)، مقادیر درصد نیترات بر مبنای وزن خشک گیاه، در تیمارهای مختلف به صورت زیر مشاهده شد (۴).

۰/۰۱۸ (T1) > ۰/۰۱۵ (T3) > ۰/۰۱۴ (T2) > ۰/۰۰۳ (T4)

جدول۴- اثر روش‌های مختلف کوددهی و آبیاری در کارایی مصرف آب در گیاه کاهو.

Table 4. Effects of different fertilization and irrigation methods on water use efficiency in lettuce.

کارایی مصرف آب Water use efficiency kg m^{-3}	آب کاربردی Applied water m^3 ha^{-1}	محصول تر Freash weight kg ha^{-1}	تیمار Treatment
25.56	3377	86300	T_1
26.46	2918	77200	T_2
23.20	3112	72200	T_3
5.51	10948	60300	T_4

بر خلاف تفاوت معنی‌دار در سیستم‌های مختلف آبیاری، در بالاترین سطح (یعنی تیمار T_1) نیز تفاوت زیادی بین تجمع نیترات در برگ کاهو و غلظت بحرانی آن (۰/۲۵٪ بر مبنای وزن خشک) وجود داشت. بنابراین تفاوت درصد نیتروژن کل در اندام‌های مختلف این گیاه را می‌توان به سطوح متفاوت پروتئین نسبت داد و این امر به تجمع نیترات در آن ها مربوط نمی‌شد. از جمله منابع تامین کننده عناصر غذایی در گیاه (در فرایند رویش)، می‌توان به خاک و کود اشاره نمود. در جدول ۵ منابع بالا درباره عنصر نیتروژن و به تفکیک اندام‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۵- تفکیک محصول نیتروژن از منابع خاک و کود، در اندام‌های مختلف گیاه کاهو.

Table 5. Nitrogen yield fractionation of soil and fertilizer in different lettuce organs.

محصول نیتروژن kg N ha^{-1} Nitrogen yield			اندام گیاه Plant organ	
کل Total T.N.Y	خاک Soil S.N.Y	کود Fertilizer F.N.Y		
48.24 b†	22.33 b	25.91 b	Outer leaves	برگ های بیرونی
77.93 a	35.57 a	42.36 a	Inner leaves	برگ های درونی
6.86 d	3.42 d	3.44 d	Stem	ساقه
10.28 c	5.12 c	5.16 c	Root	ریشه

† Columns with the same letter are not significantly difference at 5% level of Duncan's test.

† ستون هایی که دارای حروف مشابه هستند در آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

میزان نیتروژن کل انتقال یافته به برگ‌های بیرونی گیاه کاهو ۴۸/۲۴ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار بوده است، که از این مقدار ۲۵/۹۱ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود و ۲۲/۳۳ کیلوگرم نیتروژن از منبع خاک مشتق شده

Archive of SID

www.SID.ir

است. تفکیک بالا در رابطه با برگ بیرونی از حالت تمایز آشکارتری برخوردار بود و بدین ترتیب استحصال نیتروژن از منبع کود و خاک به مقادیر ۴۲/۳۶ و ۳۵/۵۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت. در این راستا روند تغییرات محصول نیتروژن کود (FNY) مشابه با موارد ارائه شده در مورد محصول نیتروژن (NY) بود و این امر در اندام‌های مختلف گیاه به طریق یکسان منعکس شد.

روند تغییرات در اندام‌های مختلف، از الگوی محصول نیتروژن تبعیت نموده و بیشترین کارایی را به برگ‌های درونی (با میانگین ۲۴/۶٪) و کمترین را به ساقه (با میانگین ۲/۰۴٪) اختصاص داد. برگ‌های بیرونی و ریشه به ترتیب ۱۵/۳ و ۳/۱٪ از استحصال کود مصرفی را داشتند.

بحث

با توجه به سطوح متغییر یافته‌ها در ویژگی‌های مورد بررسی، تحلیل نهایی درباره کل فرایند، منوط به بررسی اجزای تفکیک پذیر سیستم، بر اساس ویژگی های مشترک آن ها خواهد بود. در مقایسه سیستم‌های آبیاری بارانی (T_2 و T_3) میزان تولید محصول و کارایی مصرف آب در تیمار T_2 بیشتر بود. از سوی دیگر کارایی مصرف کود نیتروژنی در تیمار T_2 به میزان ۲۴/۴٪ بیشتر از تیمار T_2 می‌باشد. این امر در شرایطی است که محلول پاشی روی گیاه (در تیمار T_2) هیچگونه لکه‌ای ایجاد ننمود. در بررسی نتایج تجزیه ایزوتوپی تیمار T_2 به نظر می‌رسد که تقسیط کودی در ۸ قسط تزایدی ممکن است در بعضی شرایط (نظیر خاک‌های سبک و فقیر از نظر عناصر غذایی) مفید واقع شود، اما در خاک‌های معمولی (با سطح متعارف عناصر) روش مناسبی جهت تغذیه گیاه کاهو نخواهد بود. زیرا در چنین شرایطی و در مراحل اولیه رویش، عناصر موجود در خاک، جهت رشد اولیه گیاه کافی می‌باشد و افزودن کود نتیجه‌ای جز اتلاف منبع کود به همراه آب آبیاری نخواهد داشت. گواه این امر در تیمار T_3 به وضوح دیده می‌شود که با توجه به کاربرد نیمی از سطح کودی در سوم مهر ماه، Ndff به میزان ۶۴/۴٪ افزایش یافت. بنابراین توصیه می‌شود نحوه تقسیط کود در تیمارها به‌گونه‌ای صورت گیرد تا کوددهی در فواصل زمانی ۳۰ تا ۵۱ روز پس از کاشت گیاه صورت گرفته به صورتی که بخش عمده آن ۴۰ روز پس از کاشت گیاه (مصادف با مرحله رشد رویشی سریع گیاه) اعمال شود. در چنین شرایطی افزایش کارایی مصرف کود در تیمار کودآبیاری بارانی به بیش از ۶۰٪ دور از انتظار نخواهد بود. باید توجه نمود که فرایند تمرکز کوددهی در مرحله رشد رویشی گیاه، در مورد تیمار T_1 نیز صادق است. بنابراین در صورت استفاده از سیستم کودآبیاری قطره‌ای، توصیه می شود تا کاربرد الگوی یاد شده مورد نظر قرار گیرد. در مقایسه تیمارهای کودآبیاری قطره‌ای و بارانی (T_1 و T_2) کاربرد الگوی قطره‌ای از موفقیت نسبی بیشتری برخوردار بوده است. به نظر می‌رسد تصحیح الگوی کوددهی و تمرکز آن در مرحله رشد رویشی سریع گیاه باعث شود تا تعادل و توازن معقول‌تری بین برگ‌های بیرونی، درونی و ساقه گیاه ایجاد شود. مسلما این سیستم هیچگاه قادر نخواهد بود از نظر شادابی گیاهان، به‌واسطه خُرداقلیم به دست آمده از فرایند آبیاری بارانی، رقابت کند. شرایط بالا گرچه از نقش مثبت برخوردار می‌باشد، اما در پاره‌ای از موارد مشکلات مدیریتی خاصی را نیز به وجود می‌آورد. برای مثال در سیستم‌های آبیاری بارانی، ظهور و توسعه آفات مکنده نظیر شته پس از کاهش دمای هوا، با طغیان انبوه این آفت همراه خواهد بود. با توجه به محدودیت زمانی برداشت گیاه به واسطه احتمال به گل رفتن آن و با توجه به تلاقی زمان برداشت با دوره شیوع آفت، توصیه می‌شود به مجرد کاهش دمای محیط، اقدامات پیشگیرانه درباره جلوگیری از شیوع آفت، از طریق کاربرد سموم سیستمیک صورت گیرد. بر خلاف حضور یافته‌های معنی‌دار در باره پایین بودن میزان تولید محصول و کارایی مصرف آب و کود در تیمار جویچه‌ای، گزینش این

Archive of SID

www.SID.ir

سیستم در شرایط محدودیت منابع مالی، غیر قابل اجتناب می‌باشد. در چنین شرایطی توصیه بر این است تا عناصر کودی در یک بشکه آب حل و در ابتدای کانال اصلی با آب آبیاری مخلوط شود. همچنین جهت کاهش اتلاف عناصر کودی توصیه می‌شود تا محدوده اختلاط (تا قبل از شیارها) توسط پلاستیک پوشانیده شود و ضمنا عمل اختلاط زمانی آغاز شود که آب آبیاری نیمی از طول جویچه را طی نموده باشد.

از توصیه‌های کلی برای افزایش راندمان مصرف کود و آب در کلیه تیمارها می‌توان به توقف کاربرد کود دو هفته قبل از اتمام دوره رشد گیاه، خیس کردن پروفیل خاک با آب آبیاری قبل از تزریق عناصر کودی و کاربرد مقادیر دقیق آب آبیاری جهت کاهش میزان آبشویی و رواناب اشاره نمود.

منابع REFERENCES

۱. احسانی، م. و ه. خالدی. ۱۳۸۲. شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تامین امنیت آبی و غذایی کشور، مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۶۷۴-۶۵۷.

۲. پیوست، غ. ۱۳۷۷. سبزیکاری، شرکت چاپ و نشر ابریشم رشت، ۳۶۲ ص.

۳. حقیقی، ب. ۱۳۸۲. تعیین کارایی مصرف آب برای محصول یونجه در استان چهارمحال و بختیاری، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ۹۳۸-۹۳۶.

۴. خراسانی، ع. و م. ا. موسوی شلمانی. ۱۳۸۲. بررسی و مقایسه اثر سیستم‌های کودآبیاری قطره‌ای و بارانی با آبیاری سنتی بر تجمع نیترات در گیاه کاهو. مجموعه خلاصه مقالات سومین کنگره علوم باغبانی ایران. ۲۵۵.

۵. درخشنده‌لو، م. ۱۳۷۷. بررسی صفات کمی و کیفی رقم های کاهو، کتابخانه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۶. دهقانی، م.، م. ستار و ع. مأمن‌پوش. ۱۳۸۴. تأثیر دور آبیاری بارانی بر عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری یونجه، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۵۲-۲۵۰.

۷. رجب زاده، ف.، م. ملکوتی و ا. پذیرا. ۱۳۸۴. بررسی تجمع نیترات در سبزیجات خوراکی، سیب‌زمینی و پیاز در میادین تره بار تهران، مجموعه خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم باغبانی ایران، ۲۸۳-۲۸۲.

۸. طباطبایی، س. ۱۳۸۴. تجمع نیترات (NO_3) و روش‌های کاهش غلظت آن در سبزیجات، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ۳۳-۳۱.

۹. علیزاده، ا. ۱۳۸۱. طراحی سیستم‌های آبیاری، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۶۵۵ ص.

۱۰. فرهادی، ع. ۱۳۸۲. بررسی تجمع نیترات در سبزیجات گلخانه‌ای و هوای آزاد، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ۴۴۸-۴۴۶.

۱۱. فرهادی، ع. و م. اکبری. ۱۳۸۲. بررسی کارایی مالچ‌های پلاستیکی و سیستم‌های آبیاری برای کاهش مصرف آب و تنش در گیاه گرمک، مجموعه خلاصه مقالات سومین کنگره علوم باغبانی ایران، ۷۲.

۱۲. کریمی، ا.، م. همایی، م. معز اردلان، ع. لیاقت، ف. گهروئی و ف. رئیسی. ۱۳۸۴. ارزیابی یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، جلد ۲: ۳۰۳-۳۰۱.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳. کیخا، غ.، ح. اکبری مقدم، ح. علی‌احمدی، ح. رستمی، ش. کوهکن، س. مدرس نجف‌آبادی و ف. کیخائی. ۱۳۸۲. بررسی اثر سیستم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد محصولات سبزی و صیفی (بامیه، بادنجان) در منطقه سیستان، مجموعه خلاصه مقالات سومین کنگره علوم باغبانی ایران، ۲۷۵-۲۷۴.

۱۴. لطف اللهی، م.، م. ملکوتی و ح. صفاری. ۱۳۸۴. مقایسه دو منبع کود اوره و اوره با پوشش گوگردی (SCU) از نظر افزایش کارایی نیتروژن در خاک‌های بافت سبک کرج، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، جلد ۱: ۶-۴.

۱۵. موسوی شلمانی، م. ا.، ن. ثاقب، س. تیموری، م. حبی، ن. پیرولی بیرانوند و ح. عباسعلیان. ۱۳۸۲. مقایسه روش‌های سنتی و ایزوتوپی در برآورد کارایی مصرف کود اوره، تحت سطوح مختلف نیتروژن در سیستم آبیاری تحت فشار، مجموعه خلاصه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ۵۳۵-۵۳۲.

16. Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. Adv.Agron. 65:1-77.
17. Fritschi, F.B., B.A. Roberts, D.W. Rains, R.L. Travis and R.B. Hutmacher. 2003. Recovery of residual fertilizer-N and cotton residue-N by Acala and Pima cotton. Soil Sci. Soc. Amer. J. 69:718-728.
18. Harmsen, K., and J.T. Moraghan. 1988. A comparison of the isotope recovery and difference methods for determining nitrogen fertilizer efficiency. Plant and Soil 105:55-67.
19. IAEA. 1990. Use of nuclear techniques in studies of soil- plant relationships, Training Course Series 2, 223 p.
20. IAEA. 2001. Use of isotope and radiation methods in soil and water management and crop nutrition. Training Course Series 14, 247 p.
21. Jones, A.B., C.C. Delariche, and W.A. Williams. 1997. Uptake and losses of ^{15}N applied to annual grass and clover in lysimetry. Agron. J. 69:1019-1023.
22. Kerns, D.L., M.E. Matheron, J.C. Palumbo, C.A. Sanchez, D.W. Still and M.A. Wilcox. 1999. Guidelines for head lettuce production in Arizona. IPM series number 12, Publication number 1099, College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona.
23. Li, H. H., Z.Y. Wang, C.X. Di, and H.X. Zhu. 2005. Effect of nitrogen and potassium on yield and quality of different lettuce varieties. Proceed. 15th Int. Plant Nut. Colloq. (China): 986-987.
24. Oscar, A.L. and N.M. Donald. 1988. Handbook for Vegetable Growers. John Wiley and Sons Publication, 430 p.
25. Papadopoulos, I. 1994. Use of labeled fertilizers in fertigation research. Proceed. Nuc. Tech. Soil-Plant Stud. Sustain. Agr. Environ. Jointly organized by IAEA and FAO, 399-410.
26. Riley, H. 1998. Fertilizer placement and crop rooting. Internet-laboratory Visit, Danish Institute of Agricultural Science, Department of Fruit and Vegetables, Aarslev, Denmark.
27. Schindler, F.V., and R.E. Knighton. 1999. Fate of fertilizer nitrogen applied to corn as estimated by isotopic and difference methods. Soil Sci. Soc. Amer. J. 63:1734-1740.
28. Smika, D.E. 1977. Nitrate-N percolation through irrigated sandy soil as affected by water management. Agron J. 69:623-626.
29. Tabatabaei, S.J. 2005. Nitrate concertration of soilless lettuce plants following nutrients withdrawal from the nutrient solution: a way of reducing nitrate. Proceed. 15th Int. Plant Nut. Colloq. (China):392-393.
30. Tandon, H. 1996. Nitrogen research and crop production. Fertilizer Development and Consultation Organization, India, 5-27.

Archive of SID

www.SID.ir

31. Westerman, R.L. and L.T. Kurtz. 1974. Isotopic and non-isotopic estimation of fertilizer nitrogen uptake by sudan-grass in field experiments. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:107-109.

Archive of SID

www.SID.ir