مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره۴۴، شماره۱، بهار۱۳۹۲، ص ۱۰-۱

اثر سامانه‌های زهکشی شالیزار بر افت گسیل گاز گلخانه‌ای متان

علی بخت‌فیروز[۱]، محمود رائینی سرجاز[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی
۲. دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۰)

چکیده

گرمایش جهانی، پیامد انباشت گازهای گلخانه‌ای، تأثیرات زیست‌محیطی بسیاری دارد. گاز متان، پیامد تجزیهٔ بی‌هوازی کربن آلی، در شرایط غرقابی شالیزارها فراوان تولید می‌شود. هدف این پژوهش بررسی اثر زهکش میان‌فصلی شالیزار در کاهش گسیل متان است. این پژوهش با سه تیمار زهکش سنّتی، سطحی و زیرزمینی در طرح بلوک‌های کامل تصادفی در تابستان ۱۳۹۰ در ساری انجام شد. نمونه برداری گاز هر هفته، یک هفته پس از نشاکاری تا برداشت شالی، انجام گرفت. نهال‌های برنج در فاصلهٔ ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متری نشا شد. بیست‌وپنج روز پس از نشاکاری، آبیاری به مدت یک هفته قطع شد، که سبب افت سطح ایستابی در زهکش‌های زیرزمینی، سطحی و سنّتی، به‌ترتیب، تا ژرفای ۰/۷، ۰/۱ و ۰/۰۳ متری شد. گسیل متان هم‌سو با افت سطح ایستابی کاهش یافت. کاهش گسیل و دورهٔ بازگشت به مقدار پیش از زهکشی در زهکش زیرزمینی بیشتر از دو تیمار دیگر بود. کمینهٔ گسیل متان در هفتهٔ دوم پس از زهکشی میان فصلی با افت ۲۵، ۴۵ و ۳۱۵ درصدی، به‌ترتیب، در زهکش‌های سنّتی، سطحی و زیرزمینی رخ داد. بر پایهٔ یافته‌های این پژوهش، افت سطح ایستابی بر افت گسیل گاز متان از شالیزار اثر معناداری داشت.

کلیدواژگان

زهکشی میان‌فصل، سطح ایستابی، شالیزار، گاز گلخانه‌ای، متان.

* نویسنده مسئول : raeini@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

توان گرمایش جهانی کارکردی از واداشت تابشی گازهای گلخانه‌ای (اثر مورد انتظار از افزایش یک واحد گاز بر تراز تابشی زمین)، میانگین ماندگاری گاز، و مقدار کل گسیل آن گاز است (Johnson and Franzluebbers, 2007). امروزه، به‌دلیل نقش کلیدی گازهای گلخانه‌ای در تغییر اقلیم، به‌ویژه فرایند گرمایش جهانی، مسئلهٔ گازهای گلخانه‌ای برای انجمن‌های جهانی بسیار مهم است. گازهای گلخانه‌ای بر پایهٔ واداشت تابشی‌شان، که تراز انرژی نیواری زمین را تغییر می‌دهند، تعریف می‌شوند. این گازها به‌مثابهٔ یک پالهٔ یک‌سویه عمل می‌کنند و تابش کوتاه‌موج خورشیدی را می‌گذرانند و جلوی فرار بالاسوی بخشی از تابش بلندموج زمینی را می‌گیرند و با این شیوه سبب اثر گلخانه‌ای و گرمایش جهانی می‌شوند. گازهای گلخانه‌ای اصلی شامل بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان، و اکسیدهای ازت‌اند. این گازها پاره‌هایی ناپایدار از نیوار زمین‌اند که طی فرایندهای شیمیایی و زیست‌شناختی و زیست‌محیطی مقدار آن‌ها در افت‌وخیز است.

متان یکی از گازهای گلخانه‌ای بسیار مهم است که نزدیک به ۷۰ درصد گسیل آن با فعالیت‌های انسانی ارتباط دارد. انباشت متان در نیوار نسبت به زمان پیش از انقلاب صنعتی بیش از دوبرابر شده است. پس از بخار آب و دی‌اکسید کربن، متان فراوان‌ترین گاز گلخانه‌ای در دگرگون‌سپهر (تروپوسفر) است، که نزدیک به ۲۰ درصد واداشت تابشی اثر گلخانه‌ای را دربرمی‌گیرد. غلظت نیواری این گاز نزدیک به دویست برابر کمتر از غلظت دی‌اکسید کربن است، ولی به‌دلیل ماندگاری بیشتر آن در چرخه‌های بازگشتی (هشت تا یازده سال) توان واداشت تابشی آن در یک دورهٔ صدساله نزدیک به بیست‌وسه برابر بیشتر از مولکول دی‌اکسید کربن است (W.M.O, 2006; N.O.A.A, 2005). بیشترین گسیل گاز متان به‌وسیلهٔ باکتری‌های ازت‌ساز (متانوژنیک) در محیط‌های بی‌هوازی رخ می‌دهد. در فرایند واکافت مواد آلی و رهایی گاز متان، ریزاندامک‌های ازت‌ساز بی‌نیاز از اکسیژن‌اند یا نیاز آن‌ها اندک است. این ریزاندامک‌ها در گسترهٔ پهنی از دماهای محیطی و pH به‌خوبی رشد می‌کنند (Daneshnameh Roshd, 2008).

آب‌بندان‌ها و شالیزارها و هر گونه آب‌انباشت دیگر، همچون سدهای بزرگ، انباشتگاه زباله‌های خانگی و صنعتی، نشت گاز از لوله‌های گازرسانی، راه‌آب‌ها و فاضلاب‌های شهری، و پرورش نشخوارکنندگان از عوامل عمدهٔ انسانی تولید گاز متان‌اند، که بین سه تا چهار (Norouzi and Khosrowei, 2010) برابر مقدار گسیل گاز متان از منابع طبیعی، همچون تالاب‌ها و دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی و زیست‌محیطی، هستند.

کشت غرقابی برنج در افزایش گسیل گاز متان در بخش کشاورزی بسیار نقش دارد. برآوردها نشان می‌دهد نزدیک به ۲۰ درصد گاز متان گسیلیده در یک سال پیامدِ فعالیت‌های بخش کشت‌وَرزی به‌ویژه برنج‌کاری است. از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۴ سطح زیر کشت برنج در جهان ۴۰ درصد افزایش یافته است.

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ سطح زیر کشت برنج ۵ تا ۳۵ درصد و تا سال ۲۱۰۰ تا ۵۰ درصد افزایش یابد. بنابراین، میزان متان گسیلیده از این بخش نیز روندی افزایشی، متناسب با رشد سطح زیر کشت، خواهد داشت (Pourkhabbaz and Pourkhabbaz, 2010).

Archive of SID

www.SID.ir

سطح زیر کشت شالی در ایران، که دوسوم آن در دو استان شمالی گیلان و مازندران صورت می‌گیرد، نزدیک به ۶۴۰ هزار هکتار است (Jalali kotenaei, 2009). بنابراین، بخش کشاورزی ایران می‌تواند سهم چشمگیری در گسیل گاز متان داشته باشد. مهار و کاهش تولید این گاز در بخش کشاورزی گامی هم‌سو با هدف‌های پیمان کیوتو در پی دارد. مهندسی شالیزار با اعمال مدیریت در بخش‌های مختلف، همچون مدیریت آب و مدیریت مواد آلی و مدیریت کِشت، می‌تواند اثری چشمگیر در کاهش گسیل گاز متان داشته باشد.

مدیریت آب در شالیزار می‌تواند شامل اجرای زهکش میان‌فصل، تغییر روش آبیاری از غرقاب همیشگی به غرقاب متناوب، و احداث زهکش‌های زیرزمینی در خاک‌های ماندابی و لجنی باشد. برای اجرای برخی از این سازوکارها راهی جز تغییر سامانهٔ شالیزاری سنّتی و مکانیزاسیون‌کردن کشاورزی وجود ندارد. شالیزارهای سنّتی کاستی‌های فراوانی دارد؛ از جمله کوچکی و پراکندگی کرت‌ها، مدیریت ناکارآمد آبیاری، بی‌استفاده‌ماندن بخش‌هایی از زمین‌های کشت‌پذیر، به‌دلیل ایجاد مرزهای اضافی، هزینهٔ بالای تولید، مصرف بی‌رویهٔ کودها و سم‌ها، نبود امکانات مکانیزاسیون کشاورزی، درگیری‌های اجتماعی ناشی از مدیریت مشترک، و سختی کار. مهندسی شالیزار در بخش زیربنایی و فنی با اجرای طرح‌های تجهیز و نوسازی و یکپارچه‌سازی زمین‌های شالیزاری گام‌هایی کارآمد برای رفع این کاستی‌ها برداشته است. این طرح‌ها شامل احداث تأسیساتی همچون جاده‌های میان‌کشتزاری، کانال‌های آبرسانی و آبیاری و زهکشی، هموارسازی شالیزارها، ایجاد کرت‌های مستطیل‌شکل، ایجاد مرزهای منظم، و ایجاد زهکش زیرزمینی است.

این سازوکارها، افزون بر سودرسانی به کشاورزان، در به‌سازی محیط زیست و کاهش گسیل گاز گلخانه‌ای متان نیز سودمند است.

شیوهٔ آبیاری شالیزارهای سنّتی غرقاب دائمی است و از یک هفته پس از نشاکاری سطح آب به ۵ تا ۷ سانتی‌متر رسانده می‌شود و این غرقاب تا دو هفته پیش از برداشت ادامه دارد. این دورهٔ داشت شالیزاری نزدیک به سه ماه به درازا می‌کشد. در این مدت خاک در شرایط بی‌هوازی است و فرایند تجزیهٔ بی‌هوازی متان‌سازی بر مواد آلی خاک چیره می‌شود. در صورت خشکاندن میان‌فصل این کرت‌ها، به‌دلیل نبود کانال زهکشی، آب از هر کرت به کرت دیگر تخلیه و گاز متان تولیدی در شرایط بی‌هوازی از راه آئرانشیم ساقهٔ برنج به نیوار گسیلیده می‌شود(Jalali Kotenaei, 2009).

در طرح‌های یکپارچه‌سازی، به‌دلیل مدیریت مستقل آبیاری و زهکشی و اعمال زهکشی میان‌فصل با قطع آبیاری در بیست‌وپنج روز پس از نشاکاری و خشکاندن خاک تا پیدایش ترک‌های مویی، فرایندهای هوازی جایگزین فرایندهای بی‌هوازی می‌شود و گسیل گاز متان پایین می‌آید. در این روش، افزون بر کاهش گسیل گاز متان، افزایشی در پنجه‌زنی برنج و بهبود کیفیت برنج گزارش شده است (Jalali kotenaei, 2009) و در مصرف آب نیز صرفه‌جویی می‌شود. در پژوهشی در کشور ژاپن دیده شد که با افزودن یک هفته به مدت زهکشی میان‌فصل، بیش از حالت مرسوم آن (یک هفته)، گسیل گاز متان کاهشی ۳۴ درصدی داشت، درحالی‌که فقط ۲ درصد افت محصول دیده شد (Nagata, 2010).

بهره‌برداری دیگر از طرح‌های یکپارچه‌سازی شالیزاری اعمال آبیاری غرقابی متناوب به جای غرقاب پیاپی است. بدین صورت که بیست‌وپنج تا

Archive of SID

www.SID.ir

بیست‌وهشت روز پس از نشا آبیاری قطع می‌شود تا ارتفاع آب در کرت به صفر برسد و در آستانهٔ ترک‌خوردگی قرار گیرد. بسته به شرایط نفوذ خاک، دو تا پنج روز پس از قطع آب، سطح آب در شالیزار به ۳ تا ۴ سانتی‌متر رسانده می‌شود. این شرایط تا پیش از مرحلهٔ گل‌دهی تکرار می‌شود. یافته‌های شبیه‌سازی آثار گزینه‌های مدیریتی مختلف بر میانگین گسیل گاز متان از شالیزارهای چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان داد که سناریوی غرقاب همیشگی بیشترین گسیل گاز متان را به همراه دارد، درحالی‌که با سناریوی زهکشی میان‌فصل این گسیل به کمتر از نیمی از حالت غرقاب همیشگی افت می‌کند. همچنین در حالت غرقاب کم‌ژرفا گسیل متان کمتر از نیمی از حالت زهکشی میان‌فصل برآورد می‌شود (Li et al, 2004).

در خاک‌های سنگین و ماندابی، به‌دلیل شعاع اثرگذاری اندکِ زهکش‌های سطحی، به زهکش‌های زیرزمینی نیاز است. در طرح‌های یکپارچه‌سازی شالیزارها، زهکش‌های سطحی در پهنای کرت‌ها احداث می‌شود تا در هنگام نیاز، همچون زمان برداشت، آب‌های سطحی را تخلیه کنند. از آنجا که درازای کرت‌های شالی در این طرح‌ها ۱۰۰ متر طراحی شده، در خاک‌های رسی سنگین اغلب تخلیهٔ آب به‌خوبی انجام نمی‌شود و نیمه سوی زهکش کرت به‌خوبی زهکشی نمی‌شود و خاک در حالت ماندابی باقی می‌ماند. بنابراین، گمان بر آن است که مدیریت یکپارچه‌سازی شالیزار و برپایی زهکش‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند در کاهش گسیل گاز متان نقش چشمگیری داشته باشد. ازاین‌رو، هدف این پژوهش بررسی اثر سامانه‌های زهکشی بر گسیل گاز متان از شالیزارها در هنگام زهکشی میان‌فصل است.

مواد و روش

منطقهٔ مورد مطالعه

زمین شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، در کیلومتر ۹ جادهٔ ساری به دریا، در طول جغرافیایی $53^{o}\ 04^{'}$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{o}\ 39^{'}$ شمالی واقع شده است. در این شالیزارها در سال ۱۳۸۲ عملیات تجهیز و نوسازی و یکپارچه‌سازی زمین‌های شالیزاری اجرا و هر کرت دارای ورودی و خروجی مستقل شد. این شالیزارها با چهار حلقه چاه سطحی به ژرفای نزدیک به ۲۵ متر، با دبی متوسط ۲/۵ لیتر بر ثانیه، آبیاری می‌شوند.

روش پژوهش

برای بررسی اثر سامانه‌های زهکشی بر روند گسیل گاز متان، دو سامانهٔ زهکش سطحی (SD) و زیرزمینی (SSD) در مقایسه با سامانهٔ سنّتی (S) به‌منزلهٔ تیمارهای آزمایشی برگزیده شد. زهکش‌های زیرزمینی هر یک به عمق ۰/۹ متر و با فاصلهٔ ۳۰ متری از یک‌دیگر و زهکش‌های سطحی با عمق ۱/۲۰ متر با فاصلهٔ ۲۰۰ متری از یک‌دیگر احداث شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مردادماه ۱۳۹۰ اجرا شد. نشاهای برنج طارم در تاریخ ۹۰/۵/۱ به کرت‌های آزمایشی، هر یک با ابعاد ۳۰ × ۱۰۰ متر، منتقل شدند. پس از نشاکاری از اتاقک‌های ایستا و بستهٔ شیشه‌ای با چارچوب فلزی به ابعاد ۱۰۰×۴۰ ×۴۰ سانتی‌متر برای گردآوری گاز متان در کرت‌های آزمایشی استفاده شد (شکل ۱). برای جلوگیری از نشت هوا، محل اتصال شیشه‌ها به یک‌دیگر با چسب آکواریم عایق‌کاری شد (Li et al, 2004). پایه‌های فلزی اتاقک‌ها به طول ۱۰ سانتی‌متر در خاک فرو کرده شد تا هیچ‌گونه تبادلی میان هوای برون و درون اتاقک صورت نگیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱. اتاقک شیشه‌ای نصب‌شده در شالیزار

شکل ۲. پمپ، باتری و ظرف نمونه در زمان نمونه‌گیری

یک پنکهٔ ۱۲ ولتی کار گذاشته شد تا هوای درون اتاقک پیش از نمونه‌گیری یکنواخت شود (شکل ۲).

نمونه‌برداری هر هفته از ساعت ۱۰ تا ۱۲ بامداد، از هفتهٔ دوم پس از نشاکاری، آغاز شد و تا زمان برداشت برنج ادامه یافت. هفتهٔ چهارم پس از نشاکاری آبیاری تیمارها به مدت یک هفته قطع و دریچه‌های تخلیه در تیمارهای زهکش سطحی و زیرزمینی باز شد (زهکش میان‌فصل). این کار در هفتهٔ نهم، پس از نشاکاری، برای برداشت محصول نیز انجام شد (زهکش پایانی).

برای نمونه‌برداری از هوای درون اتاقک‌ها از پمپ مکنده و باتری ۱۲ ولتی خشک استفاده شد. برای انتقال نمونه‌ها از شالیزار به آزمایشگاه از کیسه‌های آلومینیومی (فویل) با دریچهٔ یک‌طرفهٔ توپ ورزشی استفاده شد.

برای اندازه‌گیری دمای آب و خاک و هوا از چهار ردیاب دماسنجی استفاده شد. ردیاب هر یک از دماسنج‌های شماره‌ای (digital) درون اتاقک گردآوری گاز، در سطح خاک، با ژرفای ۲۰ سانتی‌متر، درون اتاقک هواشناسی نصب شد و داده‌های دماسنجی به‌طور پیوسته ثبت شد. مقدار گاز متان نمونه‌های هوای جمع‌آوری‌شده از اتاقک‌های نصب‌شده در کرت‌های آزمایشی هر هفته، به کمک دستگاه گاز کروماتوگراف (مدل *SHIMADZU GC-2010*) با ستون مدل *RT-QPLOT* در همسنجی با یک استاندارد متان، سنجیده شد. داده‌های گزارش‌شده در این پژوهش بر حسب میلی‌گرم بر متر مربع در روز است.

فرآوری آماری داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخهٔ 9.1) انجام شد. از آزمون چنددامنهٔ SNK برای مقایسهٔ میانگین‌ها استفاده شد.

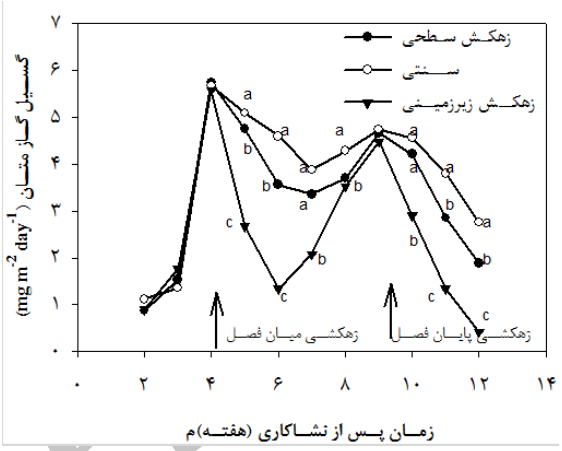
یافته‌ها و بحث

یافته‌های این آزمایش نشان داد در دورهٔ غرقابی برنج، از زمان نشاکاری تا هفتهٔ چهارم پس از آن، میان تیمارهای آزمایشی در گسیل گاز متان تفاوت معناداری وجود ندارد (شکل ۳). در آغاز نمونه‌برداری در هفتهٔ دوم پس از نشاکاری گسیل گاز در هر سه تیمار یکسان بود و با گسترش شاخ‌وبرگ گیاه تا مرحلهٔ پنجه‌زنی برنج، در هفتهٔ چهارم، روند گسیل گاز در هر سه تیمار افزایشی و همانند بود و زمان اثر بسیار معناداری بر آن داشت. به‌گونه‌ای که میانگین روند گسیل گاز متان از ۰/۹۶ در هفتهٔ دوم پس از نشاکاری به ۱/۵۵ میلی‌گرم بر متر مربع در روز، درهفتهٔ سوم، رسید. این روند افزایشی در هفتهٔ چهارم با شیب تندتری ادامه یافت؛ به‌طوری که میانگین روند

Archive of SID

www.SID.ir

گسیل گاز به ۵/۶۳ میلی‌گرم بر متر مربع در روز رسید. این یافته‌ها نشان‌دهندهٔ افزایش نزدیک به ۴۸۰ درصد در گسیل گاز متان از آغاز اندازه‌گیری است (شکل ۳).



شکل ۳. روند گسیل گاز متان در دورهٔ داشت برنج از سامانه های زهکشی. زهکش میان‌فصل در هفتهٔ چهارم و زهکش پایانی در هفتهٔ نهم پس از نشاکاری انجام شد. پیکان‌ها نمایشگر آغاز زهکشی است. تیمارهایی که در هر هفته حرف متفاوتی دارند از نظر آماری در سطح ۵ درصد متفاوت‌اند.

برای انتقال گاز متان از محل تولید در خاکِ غرقاب‌شده به هوای آزاد سه راهکار پیشنهاد می‌شود؛ نشت گاز از محل تولید به سطح آب، گسیل گاز از راه حباب‌های شکل‌گرفته در ژرفای آب به سطح، و انتقال گاز از منطقهٔ گسترش ریشه‌ها از راه لوله‌های آئرانشیم ساقهٔ برنج (Smith et al, 2003). دو شیوهٔ نخست فرایندهایی بسیار کُندند، درحالی‌که شیوهٔ سوم از راه اندام تکامل‌یافته‌ای رخ می‌دهد که برای رساندن اکسیژن هوا به ریشهٔ برنج در گیاه شکل می‌گیرد و از همین راه است که بخش کلانی (تا ۹۰٪) از گاز متان تولیدی در فرایندهای بی‌هوازی تولید گاز در شالیزار به هوای آزاد پخش (تراگسیلیده) می‌شود. بنابراین، روند افزایشی گسیل گاز در چهار هفتهٔ نخست آزمایش می‌تواند به دلیل گسترش سامانهٔ ریشه و افزایش شمار پنجه‌ها باشد.

با اجرای زهکشی میان‌فصل در هفتهٔ چهارم پس از نشاکاری تفاوت بسیار معناداری ($P = ۰/۰۰۱$) در روند گسیل گاز متان بین تیمارها دیده شد (شکل ۳). در هفتهٔ چهارم پس از نشاکاری برنج، با قطع آبیاری در هر سه تیمار و بازکردن دریچه‌های زهکش زیرزمینی و سطحی و همچنین اعمال شیوهٔ سنّتی هدایت آب کرت به کرت در تیمار سنّتی، اقدام به خشکاندن شالیزار شد. هفت روز پس از قطع آبیاری، سطح ایستابی به‌وسیلهٔ چاهک‌های دیدبانی در میانهٔ کرت‌ها خوانده شد (جدول ۱). در تیمار سنّتی سطح ایستابی به ۰/۰۳ متر رسید. در این شیوه به‌دلیل نبود سامانهٔ زهکشی مناسب و تخلیهٔ آب به صورت کرت به کرت، همواری سطح کرت‌های شالیزاری نسبت به یک‌دیگر، و نبود نشت عمقی به‌دلیل وجود لایهٔ سخت زیر ناحیهٔ ریشه رطوبت خاک دیرتر به حدّ ظرفیت زراعی رسید؛ به‌گونه‌ای که در پایان روز هفتم قطع آبْ فقط سطح خاک هواگیری کرده بود و عمق آن همچنان غرقاب بود. به همین دلیل اثر شیوهٔ سنّتی زهکشی بر گسیل گاز متان ناچیز بود و روند آن به $۵/۵۲ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ رسید که فقط ۲ درصد افت نسبت به پیش از قطع آبیاری مشاهده شد. ولی شاید به‌دلیل کاهش شمار ریزاندامک‌های متان‌ساز، به‌سبب شرایط هوازی پس از قطع آب، گسیل گاز متان در هفتهٔ هفتم (هفتهٔ دوم پس از قطع آب) به کمینهٔ خود رسید و در کرت سنّتی تا ۲۵ درصد افت کرد (جدول ۱ و شکل ۴). این داده‌ها می‌تواند نمایشگر ناکارآمدی شیوهٔ سنّتی در خشکاندن آب شالیزار و افت گاز گلخانه‌ای متان باشد.

در تیمار زهکش سطحی عمق آب به ۰/۳ متر زیر سطح خاک رسید. در این سامانهٔ زهکشی، به‌دلیل سنگینی بافت خاک شالیزار، تخلیهٔ آب از راه آب های

Archive of SID

www.SID.ir

زهکش سطحی به‌صورت شعاعی تا نیمهٔ کرت بیشتر گسترش نیافت؛ به‌طوری‌که در میانهٔ کرت سطح ایستابی به ۰/۳ متر زیر سطح زمین رسید، ولی در کناره‌های کرت وضعیت خاک هنوز لجنی و ماندابی بود. روند گسیل گاز نسبت به تیمار سنّتی به‌طور معناداری افت کرد و به ۴/۹۳ $mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ رسید، که نمایشگر ۲۶ درصد کاهش در گسیل گاز نسبت به پیش از قطع آبیاری است (جدول ۱ و شکل ۴). در هفتهٔ هفتم، همانند سامانهٔ سنّتی، گسیل گاز متان به کمینهٔ خود رسید و تا ۴۵ درصد افت کرد (شکل ۴). این شیوهٔ خشکاندن خاک شالیزار در کاهش گسیل گاز متان بسیار کارآمدتر از شیوهٔ سنّتی بود.

جدول ۱. اثر سامانه‌های زهکشی بر عملکرد برنج رقم طارم و گسیل گاز متان از شالیزار*

سامانهٔ زهکشی	عملکرد برنج ($kg\ hc^{-1}$)	گسیل گاز متان ($mg\ m^{-2}\ day^{-1}$)	ژرفای سطح ایستابی** (cm)	افت گسیل گاز متان نسبت به سنّتی (٪)
سنّتی	۲۴۱۰^{c}	۲۵/۱۲^{a}	۳	۰
زهکش سطحی	۳۱۶۰^{b}	۲۲/۲۴^{b}	۳۰	۱۲/۹
زهکش زیرزمینی	۴۷۷۰^{a}	۱۵/۹۶^{c}	۷۰	۵۷
میانگین	۳۴۴۶/۷	۲۱/۱۰		

* میانگین‌هایی که در هر ستون حرف مشترکی دارند تفاوت معنادار ندارند (سطح ۵٪). **عمق سطح ایستابی یک هفته پس از زهکش میان‌فصلی.

در تیمار زهکش زیرزمینی پس از یک هفته قطع آب سطح ایستابی به ۰/۷ متر زیر سطح زمین رسید. کارگذاشتن لوله‌های زهکشی در طول کرت در عمق ۰/۹ متری زیر سطح زمین و اتصال آن‌ها به آبراهه‌های زهکش سطحی سبب نفوذ آب در همهٔ سطح کرت به ژرفای خاک می‌شود؛ به‌طوری‌که در میانهٔ کرت سطح ایستابی تا ۰/۷ متری زیر سطح زمین افت می‌کند. به‌دلیل هواگیری خاک تا عمق ۷۰ سانتی‌متری، در حجم کلانی از خاک فرایند تجزیهٔ بی‌هوازی مواد آلی خاک متوقف شد و گسیل گاز متان نسبت به دیگر تیمارها بسیار بیشتر کاسته شد. روند گسیل گاز متان در هفتهٔ نخست پس از قطع آب به ۲/۶۷ $mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ رسید (شکل ۳)، که نشان‌دهندهٔ ۱۰۸ درصد افت گسیل گاز نسبت به پیش از قطع آبیاری است (جدول ۱ و شکل ۴). در هفتهٔ هفتم پس از نشاکاری، همانند دو تیمار دیگر، روند گسیل گاز به کمینهٔ خود رسید و در مقایسه با پیش از زهکشی میان‌فصلی تا ۳۱۵ درصد افت کرد (جدول ۱ و شکل ۴).

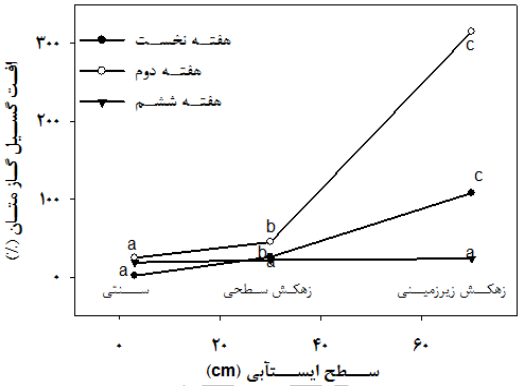
افت گسیل گاز در این تیمارها با افت سطح ایستابی در کرت‌های آزمایشی همخوانی دارد (شکل ۴) و نمایشگر روندی کاهشی در گسیل گاز است. یافته‌های پژوهش با گزارش Pathak et al (2005) که در شالیزارهای هند انجام شد، همخوانی دارد. بر پایهٔ گزارش این پژوهشگران روند گسیل گاز متان پس از قطع آبیاری به ۲/۲ میلی‌گرم بر متر مکعب در روز رسید که با یافته‌های این پژوهش برای زهکش زیرزمینی همخوانی دارد.

از هفتهٔ سوم پس از قطع آب روند گسیل گاز دوباره همانند پیش از زهکش میان‌فصلی روند افزایشی یافت. پنج هفته پس از غرقابی دوباره، در هفتهٔ نُهم پس از نشاکاری، روند گسیل گاز متان در

Archive of SID

www.SID.ir

هر سه تیمار دوباره به بیشینهٔ خود رسید (شکل ۳)؛ البته به بیشینهٔ پیش از قطع آب نرسید.

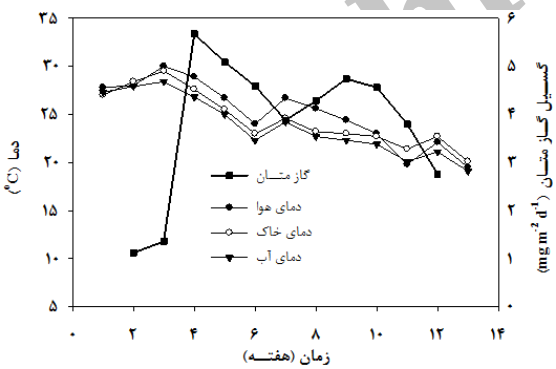


شکل ۴. اثر افت سطح ایستابی بر گسیل گاز متان. یک هفته (دایرهٔ توپُر) و دو هفته (دایرهٔ توخالی) و شش هفته (مثلث توپُر) پس از قطع آب (به‌مدت هفت روز) در تیمارهای آبیاری سنّتی و زهکش سطحی و زهکش زیرزمینی (پیکان‌ها نمایشگر ژرفای سطح ایستابی و سامانهٔ زهکشی‌اند). حرف‌های متفاوت روی هر خط نشان‌دهندهٔ تفاوت آماری ۵ درصد است.

قطع آب در زهکشی پایان فصل نیز به‌طور معناداری ($P = ۰/۰۰۱$) سبب افت گسیل گاز متان در هر سه تیمار شد. ولی در همهٔ نمونه‌گیری‌ها افت گسیل گاز در زهکش زیرزمینی بیشتر از دو تیمار دیگر بود (شکل ۳). در پایان این دوره در مقایسه با پیش از زهکشی پایان فصل گسیل گاز متان در تیمارهای سنّتی و زهکش سطحی و زهکش زیرزمینی، به‌ترتیب، ۷۵، ۱۷۶ و ۹۶۵ درصد کم شد.

تفاوت بسیار معناداری ($P = ۰/۰۰۰۱$) بین تیمارها در کل گسیل گاز متان در دورهٔ داشت برنج دیده شد. بیشترین تولید گاز متان از یکای سطح در تیمار سنّتی با ۲۵/۱۲ کیلوگرم در هکتار دیده شد (جدول ۱). کل گسیل در تیمار زهکش سطحی در دورهٔ کشت ۲۲/۴۲ کیلوگرم در هکتار بود، که نسبت به تیمار سنّتی ۱۲/۹ درصد افت نشان می‌دهد. درحالی‌که کمترین گسیل گاز متان در تیمار زهکش زیرزمینی ۱۵/۹۶ کیلوگرم در هکتار بود، که نسبت به شیوهٔ سنّتی ۵۷ درصد کمتر گاز تولید شده است (جدول ۱). پژوهش تیاگی و همکاران (۲۰۱۰) در هندوستان نشان داد که زهکشی در زمان پنجه‌زنی (هفتهٔ سوم پس از نشاکاری) و زهکشی میان‌فصل (هفتهٔ یازدهم پس از نشاکاری) و زهکشی‌های چندگانه (هفته‌های سوم و یازدهم)، به‌ترتیب، سبب ۹، ۳۶/۷ و ۴۱ درصد افتِ گسیل گاز نسبت به غرقاب پیاپی می‌شود. یافته‌های این پژوهش نیز برای زهکش زیرزمینی با یافته‌های پژوهش‌های قبلی همخوانی دارد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد دمای محیط شالیزار و دمای خاک و آب می‌تواند در تولید گاز متان نقش داشته باشد (شکل ۵). در این پژوهش با افزایش دما در چند هفتهٔ نخست پس از نشاکاری تولید متان نیز افزایش یافت؛ اگرچه این افزایش را می‌توان به گسترش شاخ‌وبرگ گیاه نیز ربط داد. با بارندگی در هفتهٔ سومِ نمونه‌گیری و با افت دمای آب و خاک شالیزار تولید متان نیز کاهش یافت (شکل ۵).



شکل ۵. تغییرات دما (هوا و آب و خاک) و شار گسیل گاز متان در تیمار زهکش سنّتی در دورهٔ کشت.

یافته‌های عملکرد برنج در تیمارهای آزمایشی نشان داد کاربرد زهکشی میان‌فصل سبب افزایش عملکرد تیمارهایی شد که در دورهٔ میان‌فصل عمق بیشتری از خاک آن‌ها هواگیری شد. اثر زهکشی

Archive of SID

www.SID.ir

میان‌فصل بر عملکرد برنج از نظر آماری بسیار معنادار (P = ۰/۰۰۱) بود. میانگین عملکرد تیمار کرت سنّتی ۲۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بود، که تفاوتی معنادار نسبت به دو تیمار زهکش سطحی و زیرزمینی داشت. میانگین عملکرد در تیمارهای زهکش سطحی و زیرزمینی، به‌ترتیب، ۳۱۶۰ و ۴۷۷۰ کیلوگرم در هکتار بود، که تفاوتی معنادار نسبت به هم داشتند. یافته‌های عملکرد این تیمارها با یافته‌های گسیل گاز متان همخوانی وارونه‌ای داشت و با کاهش گسیل گاز متان عملکرد تیمارهای آزمایشی افزایش یافت (جدول ۱). مثلاً، در سامانهٔ زهکشی زیرزمینی کل افت گسیل گاز متان نسبت به تیمار سنّتی ۵۷ درصد بود، درحالی‌که عملکرد این تیمار ۹۷ درصد بیشتر از تیمار سنّتی بود.

نتیجه‌گیری

از آنجا که بیشتر شالیزارها در کشور به‌صورت آبی و با شیوهٔ سنّتیِ غرقاب پیاپی مدیریت می‌شود و متان نیز فرآوردهٔ محیط بی‌هوازی است، شالیزارهای برنج یکی از چشمه‌های مهم تولید گاز گلخانه‌ای متان در بخش کشاورزی‌اند. برای کاهش تولید این گاز گلخانه‌ای در شالیزارها، ساماندهی آب شالیزار می‌تواند نقشی مهم در کاهش گسیل گاز متان داشته باشد. از آنجا که کشتزارهای سنّتی برنج به‌صورت نامنظم و از نظر مدیریت کشت به زمین‌های بالادستی خود وابسته‌اند، مهندسی شالیزار با اجرای طرح‌های زیربنایی و فنی، همانند پروژه‌های یکپارچه‌سازی شالیزارها و ایجاد شبکه‌های منظم آبیاری و زهکشی در شالیزارهای سنّتی، می‌تواند نقشی مهم در بهبود این شالیزارها داشته باشد. مدیریت درست بخش‌های مختلف زراعی، همچون آبیاری و کوددهی و افزایش مواد، هم‌سو با گسترش کشاورزی پایدار، گام‌هایی کارآمد نیز در مهار گسیل گازهای گلخانه‌ای برمی‌دارد. بنابر یافته‌های این پژوهش ایجاد کارگروه‌های یکپارچه‌سازی در سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها می‌تواند با هدفمندکردن و اجرای درست این طرح‌ها در افزایش کارایی مصرف آب و کاهش گاز گلخانه‌ای متان نقشی بسزا داشته باشد. یافته‌های پژوهش بیانگر بهبود عملکرد و کاهش گاز متان است.

سپاس‌گزاری

از کمک‌های میدانی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Daneshnameh Roshd, (2008), http:// daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavaraindex.php.

Jalali Kotanani, N. (2009), Fundamentals and principles of research, design and application of paddy field Project, Jalili Kutanani, Tehran, (In Persian).

Johnson, J. M. F. and Franzluebbers A. (2007), Agricultural operations to mitigate greenhouse gas emissions, *Environmental pollution*, 150, 107-124.

Li, C. A. Mosier, R. Wassmann, Z. Cai, X. Zheng, Y. Huang, H. Tsuruta, J. Boonjawat, and R. Lantin (2004), Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: Sensitivity and upscaling, *Global Biogeochem, Cycles*, 18, GB1043, doi:10.1029/2003 GB002045.

Archive of SID

www.SID.ir

Nagata, A. (2010), Mitigation of methane emissions from rice paddy fields in Japan, Workshop in Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries,
http://www.globalmethane.org/expo/docs/postexpo/ag_nagata.pdf.

National Oceanic and Atmospheric Administration, (2005), Annual greenhouse gas index (AGGI). http://www.noaanwes.noaa.gov/stories2005/s2512.htm

Nowrouzi, R. and Khosrowei M. (2010), Sources and sinks of methane gas emissions and its impact on global warming. Proceeding of the 4th, International Congress of Islamic Geographers, 1-15, Zahedan, Iran, (In Persian).

Pathak, H, Li C. and Wassmann, R. (2005), Greenhouse gas emissions from Indian rice fields: calibration and upscaling using the DNDC model, *Biogeosciences Discussions*, 2, 77–102.

Pourkhabbaz, A. R. and Pourkhabbaz H. R. (2010), The major biosphere disturbances (acidic rains, ozone layer, global warming) during current century, Behnasher, Mashhad, Iran, (In Persian).

Smith, K. A. Ball, T. Conen, F. Dobbie, K. E. Massheder, J. and Rey, A. (2003), Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes, *European Journal of Soil Science*, 54, 779–791.

World Meteorological Organization, (2006), The state of greenhouse gases in the atmosphere using global observations, http://www.wmo/ weather/ climate/ water

Archive of SID

www.SID.ir