

اثر سامانه‌های زهکشی بر گسیل گاز متان در شالیزارها

علی بخت‌فیروز، دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی Bakhtfirouz@yahoo.com

محمود رائینی، دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری Raeini@yahoo.com

فخرالدین قاسمی صاحبی، کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی Ghassemi_f19@yahoo.com

چکیده

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، مانند دی‌اکسیدکربن، متان و اکسیدهای ازت، در اثر دستکاری‌های گسترده انسانی در بوم سامانه‌های زیستی و مصرف بی‌رویه سوخت‌های سنگواره‌ای سبب گیرافتادن انرژی تابش طول موج‌های بلند زمینی در نیوار زمین است. این فرآیند، افزایش میانگین دمای زمین و در نتیجه گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی را به همراه داشته است. گاز متان در اثر فرآیندهای صنعتی و واکنش‌های بی‌هوازی زیستی در زیست‌سپهر تولید می‌شود. اثر گلخانه‌ای این گاز نسبت به دی‌اکسید کربن، 20 تا 30 برابر می‌باشد. سرچشمه عمده گسیل این گاز (تا 70٪) به نیوار زمین، توسط انسان با انجام عملیات کشاورزی، دفع فاضلاب، سوزاندن زیست‌توده و فرآیندهای بی‌هوازی مانداب‌ها و شالیزارها می‌باشد. در محیط شالیزار که به دلیل غرقاب بودن، اکسیژنی وجود ندارد تجزیه مواد آلی منجر به تولید متان می‌شود. کاهش دوره ماندابی در خلال دوره کشت و خشکاندن خاک با احداث زهکش در شالیزار در فصل‌های غیر زراعی سبب تغییر فرآیند بی‌هوازی به هوازی و گسیل دی‌اکسیدکربن می‌شود. پیامد چنین مدیریت کشتی کاهش تولید متان می‌باشد. هر ساله گستره کلانی از کشتزارهای استان مازندران به کشت برنج اختصاص می‌یابد. بنابراین هدف این پژوهش یافتن راه‌کارهایی عملی برای کاهش گسیل گاز متان است. در این پژوهش اثر اجرای طرح‌های تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی زمین‌های شالیزاری بر کاهش گسیل گاز متان بررسی می‌شود. در پژوهش‌های همانند این طرح، ایجاد زهکش زیرزمینی در خاک‌های شالیزارهای ماندابی تا 40٪ سبب کاهش گسیل گاز متان شده است.

واژه‌های کلیدی: زیست‌محیط، گرمایش جهانی، زهکشی، شالیزار، گازهای گلخانه‌ای، متان، برنج، کشاورزی پایدار.

مقدمه

بسیاری از دانشمندان معتقدند که سیاره زمین دارای نشانه‌هایی از گرم شدن تدریجی است، زیرا بیشتر انرژی رسیده از خورشید و دریافت شده از هوای احاطه شده به دور زمین در جو نگه داشته می‌شود و غیر قابل خروج از اتمسفر کره زمین است. با وجود آن که علل واقعی تغییر پذیری اقلیم به طور کامل شناخته نشده است، فرضیه‌هایی به عنوان عوامل موثر در تغییرات اقلیم مطرح شده اند تقریباً می‌توان گفت که تمام این فرضیه‌ها یکی از مهمترین بحث‌های خود را در رابطه با مقدار یا پراکندگی گرما و سرمای جو زمین قرار دادند از آنجا که گردش عمومی جو با نحوه توزیع و پراکندگی انرژی مشخص می‌شود و چون آب و هوای کره زمین رابطه مستقیم با گردش عمومی جو دارد، بنابراین تغییر وضعی که در شدت یا الگوی گرمایش زمین روی می‌دهد، موجب تغییرات اقلیمی می‌شود و با ایجاد این تغییرات در مقیاس جهانی، جریان‌ات عمومی آب اقیانوسها در عمق و سطح که در مدل جهانی مشخص هستند و کنترل کننده و مشخص کننده آب و هوای کلی جهان می‌باشد نیز تغییر می‌کند.

آنچه این روزها از آن به عنوان گرمایش جهانی نام برده می شود در حقیقت افزایش میانگین درجه حرارت زمین در نزدیکی سطح آن است. گرمایش جهانی اثرات ناخوشایند فراوانی بر زندگی انسان ها و جانوران دارد. با گرم شدن زمین، یخ های قطبی آب می شوند، سطح آب دریاها بالا می آید و فصل ها شدت بیشتری می گیرند. یعنی زمستان ها سردتر از همیشه خواهد بود و تابستان ها گرم و خشک. این ماجرا بر کشاورزی که یکی از کلیدی ترین صنایع موجود روی زمین است تاثیر ناخوشایند می گذارد. با گرم شدن تدریجی زمین، به زودی نوع محصولات کشاورزی زمین ها هم تغییر خواهد کرد. در طول این سال ها دمای هوا چه بر سطح آب و چه بر سطح خشکی افزایش یافته، اما افزایش دما بر سطح خشکی به مراتب بیش از سطح آب می باشد.

اثر گازهای گلخانه ای بر گرمایش جهانی

جو یا هوایی که در اطراف ماست، شبیه یک گلخانه است. برخی از گازهای موجود در جو درست مثل شیشه های گلخانه عمل می کنند. نور خورشید پس از عبور از لایه های این گازها وارد جو زمین می شود. زمانی که نور خورشید به سطح زمین می رسد مقداری از انرژی گرمایی آن توسط خاک، آب و سایر موجودات جذب می شود. مقداری هم در جو زمین می ماند و باقیمانده آن به فضا بر می گردد. اگر مقدار این گازها در جو از حد طبیعی آن بالاتر باشد، به جهت جذب تشعشعات مادون قرمز منعکس شده از سطح زمین توسط این گازها، گرما در اتمسفر زمین محبوس می شود و انرژی کمتری به فضا بر می گردد، در نتیجه جو زمین گرم تر می شود و به دنبال آن دمای کره زمین بالا می رود. وجود این گازها به خودی خود و به میزان طبیعی برای ادامه حیات لازم می باشد در صورت عدم وجود این گازها گرمای منعکس شده به فضا بر می گردد و هوا آن قدر سرد می شود که ادامه حیات را مختل می کند. اگر این گازها در جو نبودند، انرژی گرمایی خورشید که مجدداً به فضا برمی - گشت باعث می شد دمای هوای اطراف زمین 33 درجه سانتیگراد سردتر از دمای کنونی باشد. این ویژگی اقلیم عموماً اثر گلخانه ای نامیده می شود و گازهای جذب کننده تشعشعات مادون قرمز را گازهای گلخانه ای می گویند [13].

کارخانجات صنعتی آلاینده؛ دود ناشی از سوختن ناقص خودروها؛ آتش سوزی جنگل ها؛ زمینهای بایر و غیر قابل کشت؛ صحرا و طوفانهای شن که معلول چرای بی رویه دامهاست همه از عواملی هستند که دست انسان در ایجاد آن به وضوح دیده می شود. دستکاری های انسان سبب افزایش گازهای گلخانه ای در جو می شوند.

دی اکسید کربن، متان و N_2O که در گرمایش جهانی نقش دارند به ترتیب 60، 15 و 5 درصد کل گازهای گلخانه ای را تشکیل می دهند. غلظت این گازها به ترتیب در هر سال به مقدار 0/4، 3 و 0/22 درصد افزایش می یابد [9]. افزایش گازهای گلخانه ای سبب افزایش دمای کره زمین در قرن آینده می شود. این افزایش دما الگوهای بارندگی را تغییر داده و سبب بالا آمدن سطح آب دریاها می شود.

مهمترین گاز گلخانه ای دی اکسیدکربن می باشد ولی متان و مونوکسید نیتروژن نیز نقش قابل توجهی در گرمایش جهانی دارند. اگرچه مقدار خالص انتشار این گازها در مقایسه با دی اکسید کربن کم است ولی اثر آن ها در جذب اشعه مادون قرمز و در نتیجه در گرمایش جهانی بسیار بیشتر است. در یک دوره 100 ساله پتانسیل گرمایی یک کیلوگرم متان 23 برابر و پتانسیل گرمایی یک کیلوگرم مونوکسید نیتروژن تقریباً 300 برابر بیشتر از پتانسیل گرمایی یک کیلوگرم دی اکسیدکربن است [9]. چون طول عمر N_2O بسیار بیشتر از طول عمر دی اکسید کربن می باشد. بنابراین تغییرات نسبتاً کوچکی در انتشار N_2O از خاک کشاورزی می تواند تاثیر نسبتاً بزرگی در سهم گاز گلخانه ای سیستم کشت داشته باشد [6]. تجزیه و تحلیل گازهای فشرده شده در هسته های یخی عمیق جمع آوری شده از مناطق قطبی نشان می دهد که در بیش از 150 سال گذشته، میزان N_2O اتمسفر به مقدار 18 درصد افزایش یافته است. این افزایش عمدتاً محصول افزایش مصرف کود از ته در سراسر جهان می باشد [12]. N_2O تولید شده در خاک از طریق فرایند پخشیدگی از منافذ خاک به سرعت وارد اتمسفر می شود. انتشار N_2O به اتمسفر از لحاظ کشاورزی اهمیت زیادی دارد زیرا هر نوع خروج نیتروژن از خاک نشان دهنده مقدار نیتروژنی است که نمی تواند بوسیله گیاه مورد استفاده قرار گیرد. در بیشتر مواقع تلفات سالانه N_2O معادل 1 تا 5 درصد کود اضافه شده به خاک می باشد ضمن اینکه مقادیر بیشتر از این نیز اندازه گیری شده است [10].

خاک و استفاده از آن اساساً نقش عمده‌ای در تولید گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن جهانی دارد. تمام گازهای گلخانه‌ای طی فرآیندهای میکروبی در خاک تولید یا مصرف می‌شوند. دمای خاک و محتوای رطوبتی آن با تاثیر بر فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها و ریشه مستقیماً در تولید و مصرف گازهای گلخانه‌ای نقش دارند. خلل و فرج پر از آب (یا پر از هوا) ظرفیت خاک را برای تولید این گازها تعیین می‌کنند. خشک کردن خاک با احداث زهکش در مزارع شالیزاری در فصول غیر زراعی موجب توقف فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها در نتیجه کاهش تولید CO_2 می‌شود. اما پایین بردن سطح ایستایی در خاک‌های آلی تولید این گاز را افزایش و تولید CH_4 را کاهش می‌دهد. افزایش حفره‌های پر از آب خاک، فضای بی‌هوازی خاک را افزایش می‌دهد که این امر سبب می‌شود انتشار N_2O به صورت نمایی افزایش یابد [14].

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از اکوسیستم‌های کشاورزی به شدت در زمان و مکان متغیر است زیرا تحت تاثیر عوامل اکولوژیک (مانند اقلیم، پوشش گیاهی و عوامل انسانی)، عوامل مربوط به محیط زیست خاک (مانند دما، رطوبت، PH، پتانسیل احیا و غلظت عناصر موجود) و واکنش‌های بیوشیمیایی یا ژئوشیمیایی می‌باشد [8]. دمای خاک و نگهداشت رطوبت بواسطه تاثیر بر میکروارگانیسم‌ها و فعالیت ریشه، مستقیماً بر تولید و مصرف گازهای گلخانه‌ای تاثیر می‌گذارند. پخشیدگی گاز که به تخلخل پر شده از هوا بستگی دارد و بطور معکوس با نگهداشت رطوبت تغییر می‌کند، جابجایی گازها به اتمسفر و از آن را کنترل می‌کند، همچنین بر تهویه خاک تاثیر می‌گذارد و در نتیجه بطور غیر مستقیم توانایی خاک را برای تولید یا مصرف دی اکسید کربن، مونوکسید نیتروژن و متان کنترل می‌نماید [11].

سهم بخش کشاورزی در انتشار جهانی مونوکسید نیتروژن تقریباً برابر 35 درصد برآورد شده است. حدود 80 درصد متان در فرآیندهای بیولوژیکی تولید می‌شود و منبع اصلی آن شالیزارهای برنج، مرداب‌ها، رسوبات، تخمیر روده‌ای و ضایعات حیوانی می‌باشند [17].

اثر اراضی شالیزاری بر انتشار گازهای گلخانه ای

برنج گیاهی است از راسته غلاف داران، تیره غلات و از جنس *oryza* که دارای 20 تا 25 گونه می‌باشد. در تکوین ارقام زراعی برنج در آسیا، گونه *o.sativa* و در آفریقا گونه *o.glaberrima* نقش مهمتر و اساسی‌تری دارند. اکثر برنجهای مورد کشت ممالک مختلف دنیا از گونه *o.sativa* می‌باشد. برنج از عرض 53 درجه شمالی تا عرض 35 درجه جنوبی و تا ارتفاع 2600 متری از سطح دریا تحت شرایط متنوع خاکی و شرایط متفاوت عمق آب و دماهای مختلف کشت می‌شود [2]. سطح زیر کشت برنج در سال 1997 به 150 میلیون هکتار و تولید شلتوک آن در حدود 570 میلیون تن بوده که با احتساب ضریب 62٪ تبدیل به برنج، در حدود 342 میلیون تن برنج تولید شده است. آسیا 90٪ سطح زیرکشت و تولید جهان، آمریکا حدود 6٪ سطح زیرکشت و تولید جهان، آفریقا حدود 3٪ سطح زیرکشت و حدود 2/2٪ تولید جهان، اروپا 1٪ سطح زیرکشت 1/8٪ تولید جهان و ایران حدود 0/4٪ سطح زیرکشت و تولید جهان را دارا می‌باشند [2]. سهم جنوب و شرق آسیا در انتشار متان 82٪ از کل انتشار آن است که بواسطه تولید برنج می‌باشد [5]. گیاه برنج با شرایط ماندابی و استغراق سازگاری دارد. مانند یک گیاه هیدروفیت و بر اساس خواص ژنتیکی، گیاه با گسترش فضاهای بین سلولی در نسج برگها، ساقه ها و ریشه‌ها رشد می‌نماید. این مجاری داخلی از نوک ساقه تا انتهای ریشه گسترش یافته و مبادله گازهایی نظیر O_2 ، CO_2 ، CH_4 را آسان می‌نماید. روش کار بدین صورت است که اکسیژن اساساً از سطح برگهایی که بوسیله هوا احاطه شده‌اند به بخشهای مستغرق و زیرزمینی گیاه منتقل می‌شود. نتیجه اینکه بخش ریشه ای گیاه تهویه می‌شود. این خصیصه به عنوان قدرت سوختی ریشه‌های برنج تعیین شده است. قدرت سوختی در گیاهان مختلف بنا بر وارسته و سن گیاهان، شدت نور و ذخیره مواد غذایی تغییر می‌نماید. بدلیل وجود سیستم تهویه داخلی و قدرت سوختی ذاتی ریشه‌های برنج، این امکان وجود دارد که برنج (تا زمانیکه بخشی از برگهای آن در بالای سطح آب قرار داشته باشند) نه تنها زنده بماند، بلکه در شرایط غیر هوازی خاک در اثر وجود آب که موجب خفگی ریشه‌های تمام گیاهان زراعی می‌گردد به رشد و نمو عادی خود ادامه دهد. در حال حاضر آبیاری برنج بصورت غرقایی دائم و حفظ کامل آب با ارتفاع مورد نظر در تمام دوره رشد در کشور مرسوم است [4].

مزارع برنج منابع گازهای گلخانه‌ای متان و مونوکسید نیتروژن می‌باشند و می‌توانند منبع یا مخزن دی اکسید کربن نیز باشند. بیلان متان و مونوکسید نیتروژن در شالیزارها متأثر از ساختمان و دینامیک شرایط

بی‌هوازی/هوازی در خاک می باشد اما غالباً اثرات خاصی رفتار هر دو گاز را تحت تاثیر قرار می‌دهند. انتشار متان در شرایط غرقابی افزایش می‌یابد در حالی که مونوکسید نیتروژن عمدتاً بصورت پالس‌هایی بعد از کود دهی و بارانهای سنگین خارج می‌شود. هر دو گاز عموماً از طریق ائرانسیم گیاه برنج وارد اتمسفر می‌شوند. در شالیزارهای دارای کنترل خوب آب، انتشار مونوکسید نیتروژن کم است به جز در شرایطی که مقدار زیادی کود ازته در خاک‌های شالیزاری حاصلخیز مصرف شود. در نتیجه نیتریفیکاسیون- دنیتریفیکاسیون در طول دوره‌های خشک و مرطوب شدن متناوب خاک که در دیم‌زارهای برنج و یا در نتیجه زهکشی، دوره‌های آبیاری یا تکنیک‌های ذخیره آب آبیاری رخ می‌دهد، مقادیر بسیار بیشتری از مونوکسید نیتروژن انتشار خواهد یافت [15].

تولید گاز گلخانه ای بواسطه فعالیت میکروبی

میکروارگانسیم‌های خاک نقش مهمی در تولید و مصرف دی‌اکسیدکربن، متان و مونوکسید نیتروژن در غالب اکوسیستم‌های زمینی دارند. میکروب‌ها زنده می‌مانند و انرژی را از شکستن پیوندهای کربن ترکیبات آلی محلول بدست می‌آورند. برای تکمیل این فرآیند، الکترون‌ها باید از کربن آلی محلول به گیرنده‌های الکترون منتقل شوند. از میان اکسیدکننده‌های معمول موجود در خاک، اکسیژن کمترین انرژی آزاد گیبز را داراست و از اینرو اولین کاندید دریافت الکترون می‌باشد. در طول مدت فرایند انتقال الکترون، اکسیژن یونیزه شده با کربن منفصل شده ترکیب خواهد شد تا دی‌اکسیدکربن در سلولهای میکروبی تشکیل شود. تحت شرایط هوازی، غالب خاک‌ها می‌توانند اکسیژن را به عنوان گیرنده الکترون استفاده نموده و دی‌اکسید کربن را بداخل اتمسفر رها سازند. این فرآیند منجر به تجزیه می‌شود، همان واکنشی است که تلفات کربن آلی خاک را کنترل می‌کند. وضعیت تهویه خاک بطور حساسی به شرایط فیزیکی خاک بستگی دارد. به عنوان مثال در مدت بارندگی یا آبیاری، لایه بالایی خاک می‌تواند بوسیله آب اشباع شود که در نتیجه آن از پخشیدگی اکسیژن اتمسفری بداخل خاک جلوگیری می‌شود. از آنجایی که میکروب‌های خاک دائماً اکسیژن باقیمانده در خلل و فرج خاک را مصرف می‌کنند، فشار جزئی اکسیژن خاک سریعاً افت خواهد کرد. تخلیه اکسیژن بخش وسیعی از تجزیه‌کنندگان را نابود نموده ولی گروهی از میکروب‌های خاص (دنیتریفیکاسیون کننده‌های خاک) را تحریک خواهد کرد. دنیتریفیکاسیون کننده‌ها قادرند از نترات (NO_3^-) (فرم اکسایشی نیتروژن) بعنوان گیرنده الکترون استفاده نمایند. نترات با دریافت الکترون به نیتريت (NO_2^-) تبدیل خواهد شد. نیتريت می‌تواند به اکسید نیتريك (NO)، مونوکسید نیتروژن (N_2O) و در نهایت نیتروژن (N_2) احیا شود. در طول واکنش‌های پی در پی دنیتریفیکاسیون، در صورتی که محصول واسطه مونوکسید نیتروژن بتواند قبل از احیا بیشتر از شرایط بی‌هوازی فرار کند، انتشار خالصی از مونوکسید نیتروژن رخ خواهد داد. در صورتی که شرایط بی‌هوازی به مدت طولانی (مثلاً چندین روز) باقی بماند، اکسیدکننده‌های اصلی مانند اکسیژن، نترات، منگنز 4، آهن 3 و سولفات به ترتیب توسط تجزیه‌کنندگان، دنیتریفیکاسیون کننده‌ها، باکتری‌های منگنز، آهن و سولفور تخلیه خواهد شد [8]. در این حالت متان‌زها فعال خواهند شد تا از هیدروژن به عنوان گیرنده الکترون استفاده کنند که نتیجه آن تولید متان می‌باشد. بطور کلی، دی‌اکسیدکربن، مونوکسید نیتروژن یا متان محصول فرعی بقاء میکروبی (که بوسیله انتقال الکترون‌ها توصیف می‌شود) می‌باشند. این نوع واکنش بصورت واکنش اکسیداسیون و احیا (اکسایش و کاهش) توصیف می‌شود. در خاک‌ها، مهمترین عوامل کنترل کننده فرآیندهای اکسیداسیون و احیا، پتانسیل اکسیداسیون و احیا، غلظت کربن آلی محلول و غلظت گیرنده الکترون مربوطه (بعنوان مثال اکسیژن، نترات، منگنز 4، آهن 3، سولفات یا هیدروژن) می‌باشند. هر عامل کاهش‌ی که بتواند یک یا تعداد بیشتری از این سه عامل را تغییر دهد، انتشار دی‌اکسید کربن، متان یا مونوکسید نیتروژن را تغییر خواهد داد [8].

عوامل فیزیکی موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن از خاک

دما و نگره‌داشت آب خاک و تهویه از عوامل فیزیکی موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن از خاک می‌باشند. میزان دی-اکسیدکربنی که بواسطه تنفس در خاک و پوشش گیاهی وارد اتمسفر می‌شود حدود 10 تا 15 برابر بیشتر از انتشار دی-اکسیدکربن حاصله از سوخت‌های فسیلی است.

داده‌های مزرعه‌ای نشان می‌دهد که غالب جنگل‌های معتدله و شمالی محل‌های اصلی ذخیره دی اکسید کربن می‌باشند. مدل‌های جهانی چرخه نشان می‌دهند که بدلیل بازخوردهایی در چرخه کربن، پتانسیل تسریع قابل توجه گرمایش جهانی وجود دارد. در صورتی که افزایش دمای پیش بینی شده به واقعیت تبدیل شود اکوسیستم‌های جنگلی که در حال حاضر مخزن اصلی دی اکسید کربن هستند ممکن است بعد از حدود سال 2050 به منابع اصلی این گاز تبدیل شوند. آزاد شدن دی اکسید کربن از مواد آلی بوسیله تنفس هتروتروفیک و (در صورت وجود ریشه‌ها) آزاد شدن بوسیله تنفس ریشه اتوتروفیک، معمولاً بصورت نمایی با دما افزایش می‌یابد [11].

نگه‌داشت آب خاک (تخلخل پر شده از آب) متغیر دیگری است که بر سرعت تنفس تاثیر می‌گذارد. بتدریج که خاک خشک می‌شود، در یک نقطه خاصی فعالیت‌های میکروبی متوقف می‌شود و تنفس کاهش می‌یابد. در بسیاری از خاک‌های مرطوب، بدلیل وجود آب در غالب خلل و فرج خاک، تهویه محدود می‌شود. تنفس نیز محدود شده و جریان دی اکسید کربن کاهش می‌یابد اما نه تا آن حد که کمبود آب به عنوان عامل محدود کننده است. عمق سطح ایستایی نیز اثر مهمی بر تنفس دارد. سطح ایستایی بدلیل اینکه بر منبع اکسیژن باکتری‌های تجزیه کننده تاثیر دارد، عامل مهمی در کنترل انتشار دی اکسید کربن در عرض‌های جغرافیایی بالا در خاک‌های دارای لایه ضخیمی از مواد آلی می‌باشد [11].

عوامل فیزیکی موثر بر انتشار متان و اکسیداسیون خاک

غلظت متان در اتمسفر از شروع انقلاب صنعتی بیش از دو برابر شده و از حدود 0.7×10^{-6} به بیش از 1.7×10^{-6} مول بر مول رسیده است. طول عمر متان در اتمسفر کوتاه است (c. 10 years). هیچ منبعی به تنهایی مسئول افزایش متان اتمسفری نیست ولی حدود 40 درصد کل انتشار آن مربوط به خاک‌ها می‌باشد. متان در داخل خاک‌ها از تجزیه میکروبی ترکیبات آلی در شرایط شدیداً غیر هوازی و در پتانسیل اکسید بسیار پایین تشکیل می‌شود. تولید متان شروع نمی‌شود تا زمانی که احیا اکسیژن ملکولی، نیترات، آهن سه ظرفیتی، منگنز 4 ظرفیتی و سولفات کامل شود. این شرایط اکسید پایین معمولاً نیاز به غرقابی بودن طولانی مدت دارد که در مرداب‌های طبیعی، مزارع غرقاب برنج و رسوبات دریاچه حاکم است. متان در خاک‌های غرقاب تشکیل شده و رسوبات می‌تواند به طرف سطح حرکت نموده و از یکی از سه راه زیر وارد اتمسفر گردد: 1- پخشیدگی می‌تواند بصورت محلول به طرف سطح رخ دهد، در مسیری که ضرورتاً بخشی از متان (به عنوان مثال در شالیزارهای برنج 10 تا 40 درصد) اکسیده می‌شود. 2- ممکن است گاز کافی به صورت حباب در لایه آب ایجاد شده و در اثر نیرویی به طرف سطح خارج شود (فرآیند جوش). سرعت این فرآیند از هر نوع اکسیده شدن جلوگیری می‌کند. 3- مسیر سوم از طریق فضاهای پیوسته هوا (آئرانسیم) گیاهان آوندی رشد یافته در محیط‌های غرقابی می‌باشد. این ساختارها برای انتقال اکسیژن مورد نیاز برای تنفس ریشه و تقسیم سلولی می‌باشند اما به عنوان کانال‌هایی برای انتقال متان از محیط ریشه به اتمسفر عمل می‌کنند [11].

اثر عملیات‌های مدیریت آب بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از شالیزار

آبیاری شالیزار:

روشهای آبیاری برنج به دو صورت غرقابی دائم (جاری و راکد) و روش تناوبی صورت می‌گیرد:

غرقابی دائم:

این روش که شامل غرقابی راکد و جاری است، زمین شالیزاری از زمان نشاکاری تا حدود 2 هفته قبل از برداشت بصورت غرقاب می‌باشد. در روش غرقابی راکد میزان انتقال مواد غذایی از کرت کمتر است و در غرقابی جاری در اراضی شالیزاری که نفوذ پذیری خاک کم است و گیاه در معرض خطر مواد سمی قرار دارد می‌تواند مانع ایجاد خسارت به محصول و

سبب تنظیم درجه حرارت گردد. در این روش مصرف آب زیاد و راندمان کاربرد آن کم است و با ایجاد محیط بی هوایی سبب انتشار گاز متان می شود [4].

غرقابی متناوب:

در این روش بعد از غرقاب زمین، جریان آب قطع می گردد و آبیاری مجدد زمانی انجام می شود که رطوبت خاک کم شده و شروع به ترک خوردن نماید. از فوائد این روش می توان تهویه خاک، کاهش مواد سمی خاک، صرفه جویی در مصرف آب و کاهش مشکلات ناشی از عدم زهکشی را نام برد. برای جلوگیری از رشد علف های هرز می توان این روش را 3 تا 4 هفته پس از نشاکاری انجام داد. دین صورت که در زمان نشا، مزرعه بون آب و یا حداکثر به میزان 2 الی 3 میلی متر دارای آب می باشد. تا یک هفته بعد از نشا ارتفاع آب به میزان 5 تا 7 سانتی متر بوده و بعد از آن از 25 الی 28 روز بعد از نشا، مزرعه به عمق 3 تا 4 سانتی متر آبیاری گردد. (بجز موقع وجین که باید از آب تخلیه شود) بعد از این، آبیاری قطع شده تا ارتفاع آب در کرت به صفر رسیده و چند روز بعد از آن در آستانه ترک خوردگی قرار گیرد. (بسته به شرایط نفوذ خاک 2 الی 5 روز) سپس آبیاری به عمق 3 الی 4 سانتی متر صورت گرفته و شرایط بالا تا قبل از مرحله گلدهی تکرار می شود. در مرحله گلدهی مزرعه نباید دچار کمبود آب گردد. گیاه برنج در دو مرحله از دوران رشد خود به رطوبت موجود در خاک حساسیت زیادی دارد که اولی در مرحله نشاکاری و اوایل دوره رشد پس از نشاست و دومی در مرحله ظهور خوشه و گل دهی می باشد. کمبود رطوبت در این دو مرحله باعث ایجاد خسارت و حتی نابودی گیاه خواهد شد [4].

از اثرات غرقاب متناوب می توانیم، حفظ شرایط اکسیداسیون خاک، حفظ و افزایش فعالیت ریشه، رسیدن یکنواخت محصول، افزایش تحمل پذیری خاک، عملکرد یکنواخت ماشینهای کشاورزی در عملیات برداشت محصول و افزایش عملکرد و کیفیت برنج و کاهش انتشار متان را نام ببریم [5].

زهکشی اراضی شالیزاری

معمولا برنج در شرایط غرقابی کشت می شود از اینرو اغلب اینگونه تصور می شود که زهکشی در زراعت برنج نقشی ندارد اما در واقع نقش اساسی را در کشت برنج دارد. زهکشی اراضی شالیزاری در موارد زیر انجام می شود:

• زهکشی سیلاب

با وجودی که برنج در شرایط غرقابی در مزرعه کشت می شود ولی زیر آب رفتن بوته آن بواسطه بارندگی های شدید و رواناب ناشی از آن سبب خسارات جدی در رویش گیاه و میزان محصول خواهد شد. بیشترین خسارات ناشی از آب گرفتگی در مراحل مختلف رویشی در زمان های پنجه زنی و گل دهی اتفاق می افتد. به منظور تخلیه آب مازاد سطحی در مدت زمان کوتاه، احداث کانال های زهکشی ضروری است [1].

• زهکشی جهت تناوب زراعی

جهت انجام کشت دوم و انجام عملیات زراعی بعد از برداشت محصول، اراضی شالیزاری می بایست از حالت ماندابی به حالت خشک درآید و این امر با زهکش های احداث شده سطحی و زیرسطحی امکان پذیر است [1].

• زهکشی جهت مدیریت آب

در مزارع شالیزاری که گیاه در حالت غرقاب رشد می کند، نیاز است تا در مراحل از رشد گیاه، عمق آب را کم یا زیاد و حتی خشک نمود. مانند زهکشی در میان فصل و زمان برداشت محصول که صورت می پذیرد [1].

زهکشی میان فصل

با هدف کاهش تعداد پنجه‌های غیرمثمر، در دوره پنجه‌زنی ماکزیمم انجام می‌شود. در زهکشی میان فصل، مزرعه شالیزاری طوری زهکشی می‌شود که سطح خاک در وضعیت غیرغرقابی به مدت 7-10 روز قرار گیرد و با این روش مدیریت آب، اکسیژن کافی در اختیار منطقه ریشه گیاه برنج قرار می‌گیرد و مواد سمی از قبیل سولفیدها و اسیدهای آلی خارج می‌گردند و انتشار متان با فراهم شدن محیط هوازی کاهش می‌یابد. زهکشی مزرعه در زمان میان فصل، قبل از برداشت و دوره غیرآبیاری مورد نیاز است. اگر در این دوره زمانی زهکشی کافی نباشد، پنجه‌های نارس افزایش یافته و راندمان برداشت کاهش می‌یابد. به همین دلیل، زهکشی آبهای موجود در سطح مزرعه بوسیله زهکشی سطحی بسیار مهم است [1].

از اثرات زهکشی میان فصل می‌توان، کنترل جذب نیتروژن، عدم کاهش پنجه‌های مثمر، افزایش استحکام محل بوته، حفظ شرایط اکسیداسیون خاک، حفظ و افزایش فعالیت ریشه و افزایش عملکرد و کیفیت برنج و کاهش انتشار متان را نام برد [5].

نتایج مطالعه در فوکوشیمای ژاپن نشان داد که با افزایش مدت یک هفته ای زهکش میان فصل نسبت به حالت مرسوم آن انتشار متان تا 34٪ و عملکرد محصول تنها 2٪ کاهش داشتند و با افزایش دو هفته ای زهکش میان فصل نسبت به حالت مرسوم آن انتشار متان تا 58٪ و عملکرد محصول 18٪ کاهش داشتند [5].

زهکشی در زمان برداشت محصول

جهت برداشت محصول ضروری است تا سطح مزرعه به حدی خشک گردد که تردد ماشین آلات کشاورزی به سهولت انجام پذیرد. پس از تخلیه کامل آب سطحی توسط کانال زهکشی، به دلیل ناهمواری سطح زمین، مقداری آب در فرورفتگی‌ها باقی می‌ماند که با تبخیر و نفوذ عمقی توسط زهکشهای زیرزمینی محو می‌گردد [1].

پایین آوردن سطح ایستابی در خاک‌های آلی می‌تواند اثرات قابل توجهی بر انتشار گازهای نادر داشته باشد. جدول (1) انتشار گازهای مونوکسید نیتروژن، متان و کربن را از مرداب‌های زهکشی نشده و خاک‌های آلی زهکشی شده نشان می‌دهد. انتشار N_2O بعد از زهکشی پتانسیل گرمایش جهانی‌ای در حدود 25 درصد مقدار متناظر برای دی اکسید کربن را داشت در حالی که در شرایط غرقابی N_2O قابل کشف نبود، احتمالاً بدلیل اینکه N_2O تولید شده در فرآیند دنیتریفیکاسیون کاملاً به N_2 احیا شده است. محیط دیگری که وضعیت غرقابی از انتشار N_2O جلوگیری می‌کند و زهکشی انتشار آن را افزایش می‌دهد، شالیزار برنج می‌باشد [8].

Soil and crop	CO ₂ /kg ha ⁻¹ year ⁻¹	N ₂ O /kg ha ⁻¹ year ⁻¹		CH ₄ /kg ha ⁻¹ year ⁻¹		Total /kg CO ₂ equivalent
		Actual	CO ₂ equivalent	Actual	CO ₂ equivalent	
Undrained peat, fen	-600	0	0	200	4900	4300
Undrained peat, bog	-900	0	0	100	2500	1600
Drained, grass	11 000	9	2880	< 0.1	2	13 900
Drained, cereals	20 000	15	4800	1.1	27	24 800
Drained, row crop	70 000	ND	ND	ND	ND	> 70 000

ND, not determined.

جدول (1): انتشار گازها از خاک‌های آلی زهکشی شده و زهکشی نشده، تبدیل شده به معادل دی اکسید کربن بر اساس پتانسیل گرمایش جهانی

نتایج شبیه سازی اثرات گزینه‌های مدیریتی مختلف بر متوسط انتشار متان از اراضی شالیزاری چین برای سال‌های 2000 تا 2020 نشان داد سناریوی غرقاب دائم حداکثر مقدار متان را تولید کرد. تحت سناریوی زهکشی میان فصل، انتشار متان به کمتر از نصف حالت غرقاب دائم کاهش یافت. همچنین در حالت غرقابی کم عمق، انتشار متان 200 تا 300 کیلوگرم در هکتار کمتر از زهکشی میان فصل برآورد است. از سال 2000 تا 2020 بدلیل تجمع کربن در خاک، انتشار متان اندکی افزایش یافت [7].

لی و همکاران (2004) اثر عملیات‌های مدیریت زراعی را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از اراضی برنج چین مطالعه کردند. نتایج نشان داد که تغییر مدیریت آب از غرقابی دائمی به زهکشی میان فصل انتشار متان از اراضی شالیزاری را بطور متوسط به مقدار 40 درصد کاهش داد. مقدار کاهش تولید متان از مناطق مورد مطالعه کاملاً غیر یکنواخت بوده است. بیشترین مقدار کاهش مربوط به مناطق گرمتر و با سیستم های کشت چند گانه برنج بود و حداقل مقدار کاهش در مناطق با آب و هوای نسبتاً خنک و تک کشتی رخ داده است. بر اساس نتایج مدل تغییر مدیریت آب از غرقابی دائمی به زهکشی میان فصل انتشار N_2O را از اراضی شالیزاری چین افزایش داد (تقریباً 5 درصد). این امر بخش بزرگی از سود حاصله از کاهش تولید متان را خنثی می‌نماید. بیشترین مقدار N_2O ، از خاک‌های شالیزاری دارای مواد آلی نسبتاً زیاد انتشار یافته است. با این وجود استفاده از یک یا چند مورد زهکشی مختصر در فصل رشد برنج، یا تاخیر غرقابی بعد از نشاکاری، با کاهش تولید متان که به مقدار قابل توجهی در گرمایش جهانی نقش دارد، در مجموع به صرفه می‌باشد [11].

اثر پروژه های یکپارچه سازی اراضی بر انتشار گازهای گلخانه ای از شالیزار

یکی از مشکلات اراضی شالیزاری سنتی ماندابی بودن آن است که نمی توان سطح ایستابی را در خاک آنها کاهش داد و به اهداف مدیریت آب دست یافت. پروژه های یکپارچه سازی اراضی پروژه های کاملی هستند که سعی بر حل مشکلات شالیزارها با بهبود سیستم آبیاری، زهکشی و جاده های بین مزارع دارند [1].

از مزایای یکپارچه‌سازی، بهبود سیستم آبیاری - زهکشی و مدیریت آب، بهبود جاده‌های بین مزارع، حمل و نقل آسان تولیدات و محصولات کشاورزی و نیز مکانیزاسیون کشاورزی، توزیع آب در سطح وسیع‌تر در برخی مناطق در فصول خشک و نیز کشت ثانویه و در نهایت افزایش درآمد کشاورزان، ایجاد فرصت شغلی در بخش کشاورزی با ازدیاد کشت ثانویه و بهبود و پیشرفت از لحاظ وضعیت اقتصادی و اجتماعی و زیست‌محیطی، را می توان عنوان کرد [1].

سیستم زهکشی روباز (سطحی)

عموماً، زهکشهای روباز برای زهکشی سطحی، در اراضی مسطح یا شیب ملایم بکار می‌روند. با استفاده از زهکشی سطحی می‌توان رواناب و مانداب ناشی از آن را در شالیزار برطرف نمود [1]. کانالهای سطحی زهکشی در بین دو بلوک زراعی با هدف زهکشی 100 متر طول کرت‌های زراعی و در عرض آنها احداث می شوند که با توجه به بافت خاک اراضی شالیزاری که اغلب از رس با نفوذپذیری پایین می باشند زهکشی مطلوب بویژه در ابتدای کرت‌ها در مجاورت کانال آبیاری و جاده که انتهای فاصله 100 متری بوده تا اواسط کرت صورت نگرفته و با ماندابی ماندن این قسمت از کرت‌ها وجود سیستم زهکشی مطلوب امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد.

زهکشی زیرزمینی

سیستم زهکش زیرزمینی، سیستم ثقلی بسته‌ای است که در زیرزمین جهت جمع‌آوری و خارج نمودن آب مازاد احداث می‌گردد. این سیستم شامل اتصالات، لوله‌ها، مواد متخلخل یا لوله‌های مشبک بوده که به صورت افقی در عمق 1 تا 3 متری قرار می‌گیرند. آب مازاد از طریق نشت وارد زهکش شده و به صورت ثقلی به نقطه خروجی جریان می‌یابد. عموماً، شبکه زهکش زیرزمینی ترکیبی از زهکشهای فرعی، زهکشهای جمع‌کننده، چاهکهای تخلیه و خروجی زهکش می‌باشد. بعلاوه، هواکش در انتهای زهکشهای فرعی یا چاهک بازدید برای زهکشهای جمع‌کننده ممکن است در صورت نیاز نصب گردد [3].

مزایای اصلی این زهکشها، کاهش تلفات زمین در مقایسه با زهکشهای روباز و افزایش راندمان پنجه‌زنی، نشاءکاری و عملیات برداشت می‌باشد.

سیستم زهکشی زیرزمینی برای خاکهای با سطح ایستابی بالا و زهکشی ضعیف مورد نیازند. در طرح های یکپارچه سازی اراضی شالیزاری احداث این سیستم می تواند در مدیریت آب نقش موثری داشته باشد. زهکش زیرزمینی، عملکرد محصول را از روشهای : حذف آبی که قابل دسترس توسط گیاهان نمی‌باشند، افزایش عمق ریشه، افزایش جابجائی و مقدار هوا

در خاک، افزایش فعالیت باکتریها در خاک، کاهش فرسایش خاک با افزایش ظرفیت ذخیره آب و از بین بردن مواد سمی در خاک، افزایش می‌دهد [3].

این سیستم‌ها در طول کرت‌ها از ابتدای آن تا محل زهکش سطحی با اعماق مختلف از 1 تا 3 متر و با فاصله ردیف از 15 تا 30 متر از یکدیگر احداث می‌شوند. متداولترین لوله‌های زهکشی عبارتند از: لوله‌های پلیاستیکی موجدار، لوله‌های سفالی یا بتنی در برخی موارد از بامبو به عنوان لوله زهکش زیرزمینی استفاده شده است که به عنوان یک وسیله کم هزینه در مالکیت‌های کوچک می‌تواند در نظر گرفته شود [3].

در طی سالهای گذشته، زهکشی سطحی روش خوبی برای خشک کردن مزرعه بوده است. اما اخیراً، زهکشی زیرزمینی مهمتر از زهکشی سطحی است. به عبارت دیگر، زهکشی زیرزمینی نه تنها یک راه حل کلیدی است بلکه اگر با دیگر مقادیر مدیریتی آب ارتباط یابد، راندمانش به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت [3].

خلاصه مراحل پژوهش

برای اجرای این طرح در شالیزار مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری سه تیمار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای هر تیمار دست کم 2 اتاقک شیشه‌ای (chamber) به ابعاد $100 \times 50 \times 50$ سانتیمتر برای جمع آوری گاز متان و دی‌اکسید کربن در کرت‌ها نصب می‌شود.

1) کرت‌های برنج بدون زهکش، همانند شرایط سنتی قبل از یکپارچه سازی

2) کرت‌های برنج در شالیزاری با زهکش‌های زیرزمینی.

3) کرت‌های برنج در شالیزاری با زهکش‌های سطحی.

پس از نشا برنج در زمین اصلی اقدام به نصب اتاقک‌های شیشه‌ای نموده و هر هفته یک بار گازهای متصاعد شده از شالیزار را که در اتاقک‌ها جمع می‌شوند توسط دستگاه مکنده استخراج کرده و با دستگاه Gas Chromatography گازهای متصاعد شده اندازه گیری می‌شود. انتظار می‌رود تغییر مدیریت آب از غرقابی دائمی به زهکشی میان فصل انتشار متان از اراضی شالیزاری را به میزان چشمگیری (حدود 40 درصد) کاهش و انتشار N_2O را اندکی افزایش دهد (تقریباً 5 درصد). با این وجود استفاده از زهکشی میان فصل در طول دوره رشد برنج، یا آبیاری غرقابی تناوبی بعد از نشاکاری، به کاهش تولید متان که به مقدار قابل توجهی در گرمایش جهانی نقش دارد منجر می‌شود و در مقایسه با افزایش انتشار N_2O که در شرایط زهکشی ایجاد می‌شود به صرفه می‌باشد [11].

نتایج

- 1- انتشار متان از شالیزارهای برنج یکی از منابع مهم تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی است.
- 2- مدیریت آب نقش مهمی در کاهش انتشار متان از شالیزارهای برنج دارد.
- 3- زهکش میان فصل و غرقاب تناوبی در افزایش تولید و کیفیت برنج موثرند، همچنین انتشار متان را کاهش می‌دهند.
- 4- افزایش مدت زهکش میان فصل مانند شرایط اقلیم، خاک و واریته برنج به میزان معنی داری انتشار متان را کاهش می‌دهد.
- 5- با اجرای پروژه‌های یکپارچه سازی اراضی شالیزاری و ایجاد شبکه‌های منظم آبیاری و زهکشی در اراضی سنتی می‌توان با مدیریت صحیح بخشهای مختلف زراعی اعم از آب، کود و مواد آلی در جهت تحقق اهداف توسعه کشاورزی پایدار دست یافت.

- 1- جلالی کوتنایی، ن. 1388. مبانی و ضوابط مطالعات، طراحی و اجرای پروژه های یکپارچه سازی اراضی شالیزاری. 223 صفحه.
- 2- سلیمانی، ع. و ب. امیری لاریجانی. 1384. اصول بهزراعی برنج. انتشارات آرویج. 303 صفحه.
- 3- کیا، ع. 1384. جزوه زهکشی زیرزمینی. مدرس مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز وزارت جهادکشاورزی (کاپیک)
- 4- ناصری، ع. و جلالی کوتنایی، ن. بهمن 1387. مقایسه دو روش آبیاری غرقابی و متناوب در مزرعه یکپارچه شده شالیزاری. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 5- Akira NAGATA, MAFF, March 2010. Mitigation of Methane Emissions from Rice Paddy Fields in Japan
- 6- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, and others. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S. et al. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 7- LI, C., 2007. Quantifying greenhouse gas emissions from soils: Scientific basis and modeling approach. Soil Science and Plant Nutrition: 53, 344–352.
- 8- Li, C., A. Mosier, R. Wassmann, Z. Cai, X. Zheng, Y. Huang, J. Tsuruta, J. Boonjawat and R. Lantin, 2004. Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: sensitivity and upscaling. Global Biogeochem. Cycles 18(1): doi: 10.1029/ 2003GB002045.
- 9- Pathak, H., C. Li and R. Wassmann, 2005. Greenhouse gas emissions from Indian rice fields: calibration and upscaling using the DNDC model. Biogeosciences Discussions, 2: 77–102.
- 10- Rochette, P., and N.S. Eriksen-Hamel NS, 2008. Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: Are absolute values reliable? Soil Science Society of America Journal. 72:331-342.
- 11- Smith, K. A., T. Ball, F. Conen, K. E. Dobbie, J. Massheder and A. Rey, 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.
- 12- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen and N.L. Bindoff, 2007. Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S. et al., (Eds.)]. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 13- Titus, J. G., C. Y. Kuo, M. J. Gibbs, T. B. LaRoche, M. K. Webb and J. O. Waddell, 1987. Greenhouse effect, sea level rise, and coastal drainage systems. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 113, No. 2: 225-216.
- 14- Venterea, R.T. 2007. Nitrite-driven nitrous oxide production under aerobic soil conditions: kinetics and biochemical controls. Global Change Biol. 13: 1798–1809.
- 15- Wassmann, R. And A. Dobermann, 2006. Greenhouse Gas Emissions from Rice Fields: What Do we know and Where Should we Head for? The 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)” 21-23 November 2006, Bangkok, Thailand.
- 16- Weslien, P., 2010, Land use effects on nitrous oxide emission from drained organic soils. Department of Plant and Environmental Sciences Faculty of Science, University of Gothenburg, Doctoral thesis. ISBN 978-91-85529-40-7.
- 17- Yang, S.S., C.M. Liu, C.M. Lai and Y.L. Liu, 2003. Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan. Chemosphere 52: 1295–1305.
- 18- Zou, J., Y. Huang, X. Zheng and Y. Wang, 2007. Quantifying direct N₂O emissions in paddy fields during rice growing season in mainland China: Dependence on water regime. Atmospheric Environment 41: 8030–8042.