نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، صص.۴۳-۳۵
مقاله علمی پژوهشی

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 8, No. 2, Autumn & Winter 2020, pp. 35-43
DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094

اثرگذاری مدیریت کلش شالیزار بر گسیل گازهای گلخانه‌ای متان و دی‌اکسید کربن در کشت دوم برنج (پژوهش موردی: ساری)

هانیه بازیارپور[۱]، محمود رائینی سرجاز[۲*]، سعید شیوخی سوغانلو[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

چکیده

گرمایش جهانی در پی افزایش گازهای گلخانه‌ای به تغییرات پیوسته و شگرف اقلیمی می‌انجامد. گاز متان در فرآیندهای بی‌هوازی درون خاک، مانند شالیزارها می‌تواند تولید شود. پس در بخش کشاورزی کشت غرقابی برنج یکی از چشمه‌های اصلی گسیل این گاز می‌باشد. از سویی سوزاندن کاه و کلش برنج حجم کلانی دی‌اکسیدکربن وارد نیوار می‌کند. در این راستا پژوهشی با چهار تیمار آزمایشی: (a) تیمار بدون کلش (شاهد)، (b) تیمار کلش درآمیخته با خاک، (c) تیمار سوزاندن کلش بازمانده از کشت پیش، و (d) تیمار سوزاندن کلش خشک شده بازمانده از کشت پیش. این پژوهش در مزرعه آزمایشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبعی ساری انجام شد. نمونه‌برداری گاز متان در بازه زمانی ده روزه و نمونه‌برداری گاز دی‌اکسیدکربن یک روز پس از سوزاندن کلش‌ها و سپس در سه مرحله، در کشت دوم انجام گرفت. سرانجام برای مقایسه‌ی اثرگذاری تیمارها بر گرمایش جهانی، معادل دی‌اکسیدکربنِ گاز متان محاسبه شد. یافته‌ها نشانگر آن بود که بیشترین گسیل گاز متان از تیمار کلش درآمیخته با خاک ($۶/۷۵ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$) و کمترین میزان گسیل از تیمار بدون کلش ($۲/۹۷ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$) و تیمار سوزاندن کلش خشک ($۲/۶۲ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$) بود. همچنین بررسی نتایج مربوط به گسیل دی‌اکسیدکربن در درازای فصل کشت دوم نشان داد، بیشترین میزان در تیمار سوزاندن کلش مرطوب با میانگین $۱۳۳/۹۳ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ و کمترین میزان گسیل نیز در تیمار سوزاندن کلش خشک ($۶۷/۰۸ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$) دیده شد. در پایان یافته‌های به‌دست آمده از بررسی مجموع گازهای گلخانه‌ای اندازه‌گیری شده در کل دوره نشان داد تیمار سوزاندن کلش مرطوب و خشک می‌تواند نزدیک به ۸ بار بیش از تیمار شاهد بر روند افزایشی گرمایش جهانی اثرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: سوزاندن کلش، فرآیند بی‌هوازی، کشت غرقابی، گرمایش جهانی ، نیوار

مقدمه

کشاورزی سهم مهمی در گسیل گازهای گلخانه‌ای (GHG[4]) دارد. کاربرد سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی، سوزاندن بازمانده‌های گیاهی، هدررفت کربن خاک در پی کنش‌های خاک‌وَرزی، دامداری و کاربردِ کودهای دامی و کشت و کار برنج غرقابی، همگی در بخش کشاورزی، نقش مهمی در راهبرد کاهش[5] اثر گازهای گلخانه‌ای بازی می‌کنند (Moradi et al., 2016). افزایش مصرف نهاده‌های انرژی در تولیدات فرآوردهای کشاورزی، به دشواری‌های بی‌شمار زیست محیطی، همچون کاهش گوناگونی زیستی و آلودگی زیستگاه‌های آبی انجامیده است (Mousavi et al., 2011). در این میان، سهم کشاورزی در گسیل کل گازهای گلخانه‌ای نزدیک به ۱۲ درصد می‌باشد. برپایه یافته‌های ۱۰۰ سال گذشته،

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۲] استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۳] مربی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*نویسنده مسئول: raeini@yahoo.com

[4] Greenhouse gas

[5] Mitigation

نحوه ارجاع مقاله:
بازیارپور، ه.، رائینی سرجاز، م.، شیوخی سوغانلو، س. ۱۳۹۹. اثرگذاری مدیریت کلش شالیزار بر گسیل گازهای گلخانه‌ای متان و دی‌اکسید کربن در کشت دوم برنج (پژوهش موردی: ساری، ایران). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۸(۱): ۴۳-۳۵. DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094
Baziarpur, H., Raeini-Sarjaz, M., Shiukhy-Sughanlu, S. 2020. Influence of rice straw management on emissions of methane and carbon dioxide greenhouse gases during the second rive cropping (Case study: Sari, Iran). Journal of Agricultural Meteorology, 8(1): 35-43. DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094

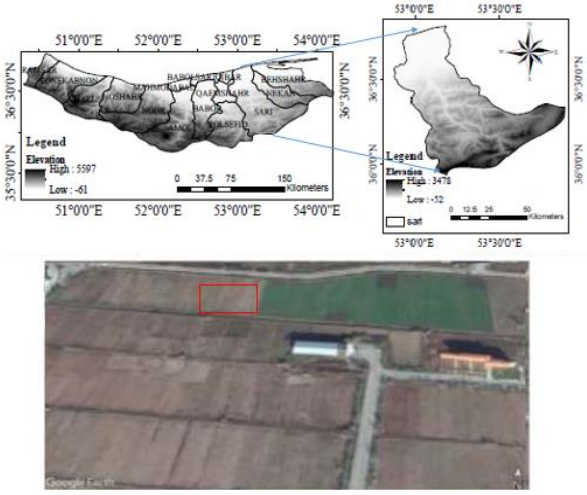
میانگین دمای کره‌ی زمین در پی گسیل بی‌رویه‌ی گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته است (Tzilivakis et al., 2005). مقدار کربن آلی موجود در خاک به تراز بین کربن انباشته در زیست‌توده گیاهی از راه فتوسنتز و هدررفت کربن ازراه واکافت میکروبی بستگی دارد. عملیات کشاورزی با تجزیه ماده آلی حاصل از بازمانده‌های گیاهان زراعی به تغییر در ورود و خروج جریان گازهای گلخانه‌ای از خاک می‌انجامد (Lopez and Pardo, 2009). شخم باعث تغییرات زیادی در شرایط محیطی زیر خاک، واکافت بازمانده‌های گیاه زراعی و تغذیه در نیمرخ خاک می‌شود. سامانه بدون شخم رژیم دمایی متفاوتی با خاک شخم خورده داشته و اغلب از فشردگی سطحی بیشتر برخوردار می‌باشد، که به زهکشی و تهویه ضعیف‌تر در آن می‌انجامد (Lapen et al., 2004). این باعث می‌شود که گاز با سرعت آهسته‌تری از خاک خارج شود. از طرفی، در سامانه بدون شخم، سهم بیشتری از بازمانده‌های گیاه زراعی در مقایسه با شخم رایج در سطح خاک باقی می‌ماند. از آنجایی که این بازمانده ها با خاک مخلوط نشده و کمتر در معرض ریزاندامکان قرار می‌گیرند، از سرعت واکافت پایین‌تری برخوردار می‌باشند (Mutegi et al., 2010). سوزاندن بازمانده‌های گیاهی تعریفی است که به عنوان سوزاندن پوشش گیاهی زنده و بی‌جان، از جمله چمنزارها، جنگل‌ها و زمین‌های کشاورزی پس از برداشت، برای پاک‌سازی زمین و تغییر کاربری ارائه می‌شود (Andini et al., 2018). سوزاندن یک گزینه ساده و اقتصادی برای مدیریت بازمانده های گیاهی یا زیست‌توده است. با توجه به کمبود آگاهی و یا نبود دسترسی به فن‌آوری‌های درخور، این امر به طور کلی انجام می‌شود. همچنین برپایه گزارش سازمان هواشناسی جهانی در سال ۲۰۱۵، گاز متان سهمی بیش از ۱۸ درصد از گرمای تولید شده ناشی از گسیل گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است. از دوران صنعتی شدن تا کنون (بین سال‌های ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۰) تغییر میزان متان از ppb ۷۰۰ به ppb ۱۸۰۸ نشان‌دهنده افزایش ۱۵۸ درصدی بوده است (Guo et al., 2013). گزارش‌های ارزیابی اخیری که از سوی IPCC ارائه شده است حاکی از آن است که تغییر در غلظت گازهای گلخانه‌ای و هواویزها، تراز انرژی در اقلیم را تغییر داده و باعث افزایش میانگین دمای جهانی از نیمه‌های سده بیستم شده است. در سال ۲۰۰۵، از کل گازهای گلخانه‌ای که توسط بشر گسیل یافته،۱۰ تا ۲۰ درصد مربوط به کشاورزی بوده است. کشاورزی به میزان زیادی CO_2، CH_4 و NH_4 به نیوار می‌گسیلد (Kazemirad and Abedinzadeh, 2011). سوزاندن بازمانده‌های گیاهی افزون بر افت کیفیت آب و هوا، بر سلامت انسان نیز اثرگذار می‌باشد. سوزاندن بازمانده‌های گیاهی و زیست توده (به ویژه آتش‌سوزی جنگل) به عنوان منبع اصلی تولید دی‌اکسید کربن (CO_2)، مونوکسید کربن (CO)، متان (CH_4)، ترکیبات آلی فرّار (VOC)، اکسید نیتروژن (NO) و ترکیبات هالوژن در نظر گرفته می‌شود. میزان CO_2 موجود در هوا معیاری برای سنجش گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود اما گروهی از کارشناسان فرانسوی براین باورند که مبارزه با افزایش دما نباید به کاهش گاز CO_2 محدود شود، زیرا متان گاز دیگری است که اثر گلخانه‌ای آن در کوتاه‌مدت بسیار با اهمیت بوده و نباید نادیده گرفته شود. متان یکی از گازهای گلخانه‌ای مهم است که حدود ۷۰ درصد گسیل آن به فعالیت‌های انسانی ارتباط دارد. همچنین برآوردها نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد متان آزاد شده در یک سال، حاصل فعالیت‌های بخش کشاورزی به ویژه برنج‌کاری می‌باشد. برنج به عنوان دومین ماده غذایی اصلی در تغذیه بشر، ۱۵ درصد ازکل زمین‌های زیر کشت محصولات کشاورزی در جهان را به خود اختصاص داده است (Ribbes and Toan, 2000). Esfandiyari (2012) در پژوهشی با عنوان بررسی تاثیر فصل سال، کود آلی و کود شیمیایی بر گسیل گاز متان از شالیزارها نشان دادند که همبستگی بسیار بالایی میان تمامی تیمارهای مورد بررسی در مقادیر تجمعی متان بود و به ازاء افزودن ۱ درصد کربن آلی به خاک شالیزار ۰/۴۵ میلی‌گرم بر متر مربع در روز به تولید متان افزوده می‌شود. عملکرد تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به طوری که میزان عملکرد تیمار ۲ (تیمار ۱۵تن کمپوست در هکتار)، ۱/۲ برابر تیمار شاهد و عملکرد تیمار ۳ (۱۵ تن کمپوست به همراه ۱۰۰کیلوگرم کود شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در هکتار)، ۱/۲ برابر تیمار ۲ بود. Liu et al., (2013) در بررسی تطبیقی گسیل متان و

DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094

دی‌اکسید نیتروژن از محل نگهداری جوانه‌های برنج تحت رژیم‌های آبیاری شده و غرقابی به این نتیجه رسیده‌اند که در کشت آبیاری شده مقدار متان حدود ۱۴ تا ۵۰ درصد کاهش و مقدار دی‌اکسید نیتروژن حدود ۷۲ تا ۱۸۶ درصد افزایش را نسبت به برنج غرقابی نشان می‌دهد. کاربرد کود آلی مقدار متان را حدود ۴۴ درصد در کشت غرقابی و حدود ۱۴۸ درصد در کشت فاریاب افزایش می‌دهد. در ارتباط با تأثیر کشت برنج بر تولید گاز گلخانه‌ای و گرمایش جو مطالعات بسیار زیادی صورت گرفته است که می‌توان به نتایج مطالعات (Hashemi et al., 2015; Bakhtfirouz and Raeini Sarjaz, 2014; Kanokkanjana et al., 2011; Liming et al., 2009; Gogoi et al., 2088) اشاره کرد. بسیاری از کشاورزان با داشتن یک تصور نادرست، گمان می‌کنند که با سوزاندن کاه و کلش آفت‌های به جا مانده در ساقه گیاه برنج، مانند کرم ساقه‌خوار در شالیزارها درفصل زراعی سال آینده از بین می‌روند. این در حالی است که مطالعات و تحقیقات کاملاً این ادعای شالیکاران را رد می‌کند و با آتش زدن این ساقه و علف‌های هرز حاشیه کشتزارها، بسیاری از ریزاندامک‌های سودمند خاک نیز نابود خواهند شد. سوزاندن این کاه و کلش‌ها به ضعیف شدن خاک کشتزارها می‌انجامد و ترکیب ساختاری آن را از بین می‌رود، و از میزان حاصلخیزی خاک می‌کاهد (Borji et al., 2013). شالی‌کاران در استان مازندران به ویژه شالی‌کاران بومی، که هنوز با استفاده از روش‌های سنتی به کشت برنج در شالیزارها اقدام می‌کنند، از این قاعده مستثنی نبوده و برای صرفه‌جویی در زمان، کار و هزینه، پس از برداشت برنج در کشت اول، به آماده‌سازی زمین با سوزاندن بازمانده‌های گیاهی به‌جامانده از کشت اول و یا برگردان خاک و مخلوط نمودن کاه و کلش با خاک دست می‌زنند. در این پژوهش با توجه به اهمیت پدیده افزایش گازهای گلخانه‌ای، برای کاهش گسیل گاز متان و دی‌اکسیدکربن از شالیزارها، به بررسی بهترین روش مدیریت کاه و کلش باقی مانده از کشت پیش در کشت دوم، پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در بافت خاکِ لای (سیلتی) رسی انجام شد. طول و عرض جغرافیایی جایگاه به ترتیب ۵۳/۰۴ درجه شرقی و ۳۶/۴۰ درجه شمالی است و ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۱۳- متر می‌باشد. برپایه رده‌بندی اقلیمی دُمارتن شهر ساری دارای اقلیمی معتدل مرطوب می‌باشد. میانگین دمای سالانه بلندمدت ساری ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین بلندمدت سالانه بارندگی آن ۷۸۰ میلی‌متر می‌باشد.

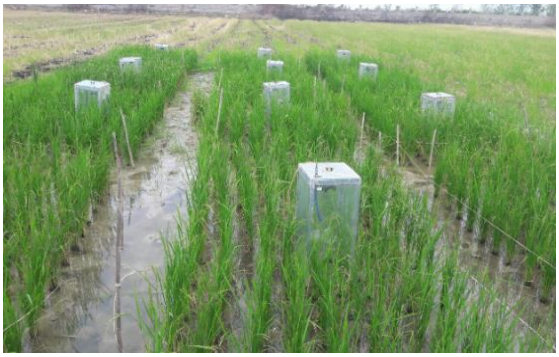


شکل ۱- جایگاه جغرافیایی مزرعه آزمایشی

Figure 1- The geographic location of the study area

برای بررسی اثر مدیریت کلش برنج بر تولید گاز گلخانه‌ای متان در شالیزار، پژوهشی برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی (CRBD) با چهار تیمار آزمایشی شامل؛ A: تیمار بدون کلش (شاهد)، B: تیمار کلش مخلوط شده با خاک، C: تیمار سوزاندن کلش بازمانده از کشت پیش و D: تیمار سوزاندن کلش خشک شده بازمانده از کشت پیش، در سه تکرار در طول فصل رویشی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. این پژوهش در تاریخ ۱۳۹۵/۶/۵ پس از برداشت کشت اول برنج آغاز شد. نخست کلش‌های بازمانده مربوط به تیمار سوزاندن کلش خشک با هوادهی خشکانده شد و سپس کلش‌های بازمانده مربوط به دو تیمار سوزاندن کلش تر و خشک، در زمین سوزانده شدند، و بی‌درنگ پس از خاموش شدن، اطاقک‌های شیشه‌ای با ابعاد ۱۰۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متر برپایه روش Liou et al., (2004)، برای جمع‌آوری دود حاصل از سوختن در زمین نصب و اندازه‌گیری دی‌اکسید کربن انجام شد. در ادامه آزمایش اطاقک‌ها از زمین جمع‌آوری شده و کشت دوم برنج انجام شد. سرانجام اطاقک‌های شیشه‌ای برای جمع‌آوری گاز متان و دی‌اکسید کربن در طی کشت دوم برنج در کرت‌ها نصب شدند. همچنین با برگردان خاک، کلش‌های بازمانده

مربوط به تیمار کلش مخلوط با خاک، نیز به خوبی با خاک مخلوط شدند. گفتنی است که اطاقک‌ها به گونه‌ای در زمین و درون کرت‌های آزمایشی نصب شدند که هیچ‌گونه تبادلی با هوای بیرون نداشته باشند. (شکل ۲).



شکل ۲- چیدمان تصادفی تیمارهای آزمایشی و اطاقک‌های شیشه‌ای در مزرعه آزمایشی

Figure 2- Random arrangement of experimental treatments and glass chambers on the experimental farm

در این پژوهش اندازه‌گیری گاز متان در ۵ مرحله از دوره رشد برنج، شامل پنجه‌زنی، ساقه‌روی، خوشه‌دهی، تشکیل دانه و پس از برداشت در طی کشت دوم و در بازه زمانی هر ده روز یک بار انجام شد. مقدار حجمی گاز متان نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط دستگاه گاز کروماتوگراف مدل GC-2010 Shimdzu با ستون مدل (RT-QPLOT) به طول ۳۰ متر و قطر درونی ۰/۵۳ میلی‌متر و بیشینه دمای ۳۱۰ درجه سانتی‌گراد در هم‌سنجی با یک استاندارد متان، سنجیده شد. همچنین اندازه‌گیری میزان گاز دی‌اکسید کربن سه بار در طول دوره رشد و با استفاده از دستگاه CO_2-Port-Germany و با روش پرتو فروسرخ (infrared) اندازگیری شد. سرانجام برای انتخاب روشی درخور برای مدیریت کلش برنج، مقدار معادل دی‌اکسید کربن گاز متان گسیلیده از شالیزار محاسبه شد. ازاین‌رو در این پژوهش از مقیاس پتانسیل گرمایشی جهانی (GWP) استفاده و سپس مجموع داده‌های دی‌اکسید کربن در لحظه سوزاندن کاه و کلش و مقدار معادل دی‌اکسید کربن گاز متان در طول دوره کشت دوم، برآورد شد (جدول ۱). آنگاه داده‌های به دست آمده در پایان آزمایش، با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS ver, 9.2 تجزیه و از آزمون SNK برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

جدول ۱- ماندگاری در جو و پتانسیل گرمایش جهانی گازهای گلخانه‌ای نسبت به دی‌اکسیدکربن در افق‌های زمانی متفاوت (Fifth Assessment Report, 2013)

Table 1- Atmospheric lifetime and global warming potential (GWP) relative to CO_2 at different time horizons for various greenhouse gases

Greenhouse gas	Chemical formula	Lifetime (yrs)	GWP for given time horizon (yrs)		
			20	100	500
Carbon dioxide	CO_2	30–95	1	1	1
Methane	CH_4	12	84	28	7.6
Nitrous oxide	N_2O	121	264	265	153

نتایج و بحث

گسیل گاز متان از شالیزار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز متان در طول دوره کشت دوم برنج در شالیزار در جدول ۲ گزارش شد. بر اساس نتایج به دست آمده، اثر تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز متان در همه گامه‌های نمونه‌برداری بسیار معنی‌دار بود ($P \leq ۰/۰۱$).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز متان در مراحل پدیده‌شناسی برنج در کشت دوم برنج

Table 1-Analysis of variance for the effects of experimental treatments on methane emissions at different phenological stages of rice

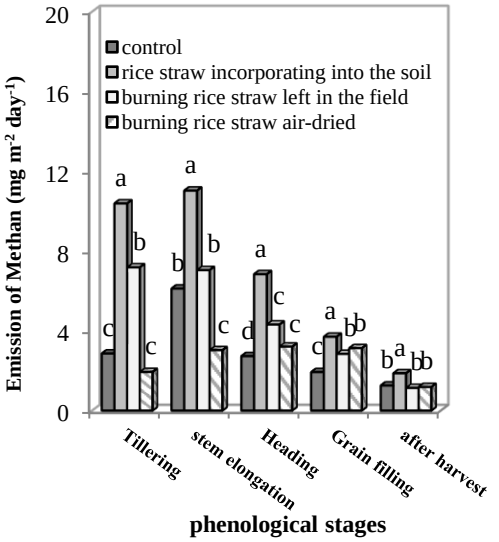
S.O.V		Treatments	Block	Error
	df	3	2	6
Mean square	Tillering	140.4^{**}	0.2^{ns}	0.97
	Stem elongation	32.6^{**}	0.6^{ns}	0.74
	Heading	10.1^{**}	0.7^{ns}	0.04
	Grain filling	1.6^{**}	0.7^{ns}	0.07
	After harvest	34.7^{**}	0.01^{ns}	0.01

S.O.V: Sources of Variations; **: significant; ns: non significant.

برپایه این یافته‌ها در همه گامه‌های پدیده‌شناسی گیاه برنج، گسیل گاز متان از تیمار کلش مخلوط با خاک در همسنجی با دیگر تیمارهای آزمایشی بیشتر بود. به طوریکه در گامه پنجه‌زنی بیشترین مقدار گسیل گاز متان مربوط به تیمار کلش مخلوط با خاک ($mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ ۱۰/۳۸) بود و کمترین مقدار آن در تیمارهای سوزاندن کلش خشک ($mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ ۱/۹۴) و تیمار شاهد ($mg\ m^{-2}\ day^{-1}$ ۲/۸۶) دیده شد. در مرحله ساقه‌روی نیز تیمار کلش مخلوط با خاک دارای بیشترین گسیل گاز متان ($11.02\ mg\ m^{-2}\ day^{-1}$) و تیمار سوزاندن کلش خشک

DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094

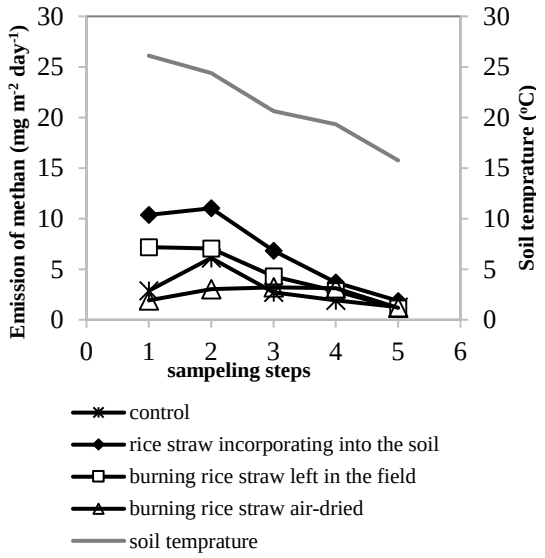
($۳/۰۳$ mg m^{-2} day^{-1}) کمترین گسیل گاز متان را داشت. این افزایش شاید در پی افزایش مواد آلی خاک بوده باشد. در گامه‌های خوشه‌دهی و تشکیل دانه تیمار شاهد به ترتیب ($۲/۷۳$ mg m^{-2} day^{-1}) و ($۱/۹۳$ mg m^{-2} day^{-1}) کمترین گسیل گاز متان را دارا بود، در حالی‌که بیشترین گسیل گاز متان در این گامه‌ها در تیمار کلش مخلوط با خاک به ترتیب با ($۶/۸۳$ mg m^{-2} day^{-1}) و ($۳/۷۰$ mg m^{-2} day^{-1}) دیده شد (شکل ۳).



شکل ۳- اثرگذاری تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز متان در گامه‌های مختلف پدیده‌شناسی گیاه برنج در کشت دوم

Figure 3- Effect of experimental treatments on methane emissions at different phenological stages

Chatskikh et al., (2008) در شرایط برگرداندن خاک و اختلاط خاک وکلش، به دلیل مخلوط شدن بیشتر بازمانده‌ها با خاک و واکافت بقایای گیاهی و در نتیجه فعالیت ریزاندامکان خاک، گسیل گاز دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. یافته‌های Liou et al., (2004) نشان داد که گسیل متان از شالیزار در کشت دوم، در حالتی که کلش خاک با آن مخلوط شده بود به طور معنی‌داری نسبت به حالاتی که کلش سوزانده یا از زمین جمع‌آوری شده بود، بالاتر بود. Miura and Kanno, (1997) گازهای گلخانه‌ای گسیلیده در نتیجه سوزاندن دو تیمار کاه و کلش برنج را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد که گسیل گاز مونوکسید کربن و متان در تیمار با کلش مرطوب در مقایسه با کلش خشک، بیشتر بود. می‌توان افزایش گسیل گاز متان در تیمار کلش مخلوط با خاک را به تهویه مناسب‌تر خاک نسبت داد. این فرآیند به خروج آسان‌تر و بیشترِ هوا و دی‌اکسید کربن از خاک می‌انجامد. رابطه میان گسیل گاز متان با دمای خاک در شالیزار در طول دوره کشت دوم برنج در شکل ۴ نشان داده شد. همانطور که دیده می‌شود در همه گامه‌های رشد گیاه برنج، گسیل گاز متان در بین تیمارهای آزمایشی با روند دمای خاک هماهنگی بسیار خوبی داشت. به‌طوریکه بالاتر بودن دما در گامه‌های پنجه‌زنی و ساقه‌روی گیاه برنج، به افزایش گسیل گاز متان در مقایسه با گامه‌های بعدی رشد گیاه برنج انجامید (شکل ۴). یافته‌های Mousavi et al., (2011) مبنی بر پایش فصلی و ماهانه گاز متان نشان داد که گسیل گاز متان در فصل‌های تابستان و بهار با افزایش دما، روندی افزایشی داشت. تالاب‌ها، شالیزارها، جاهای انباشت زباله و دامداری‌ها به‌عنوان منابع طبیعی و انسانی گسیلنده‌های مهم گاز متان در طی سال به‌شمار می‌روند.

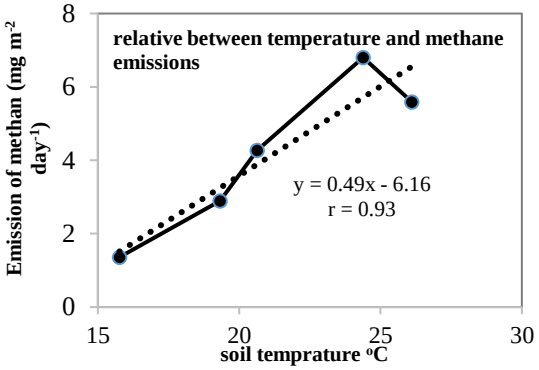


شکل ۴- روند دمای خاک و گسیل گاز متان در تیمارهای آزمایشی

Figure 3- Soil temperature trend and methane gas emissions along the experimental treatments

یافته‌های این پژوهش با یافته‌های Keppler et al., (2006) که بیانگر اثرگذاری بسیار آشکار دما بر گسیل گاز متان بود، هم‌خوانی دارند. ضرایب تبیین و همبستگی میان دمای خاک و میانگین گسیل گاز متان به‌ترتیب برابر (R^2=۰/۸۶) و (r=۰/۹۳) بود که نشان دهنده همبستگی بالایی بود (شکل ۵). نتایج Mousavi et al., (2011) نیز نشان از وجود همبستگی مثبت میان دما و گسیل گاز

متان بود. به‌طوری‌که غلظت گاز متان با افزایش دما در سال ۲۰۱۳ افزایش یافت.



شکل ۵- همبستگی میان دمای خاک و میانگین گسیل گاز متان

Figure 5 - Correlation between soil temperature and methane gas emission

گسیل گاز دی‌اکسید کربن از شالیزار

گسیل گاز دی‌اکسیدکربن در پی سوزاندن کلش

پس از برداشت کشت اول، کلش‌های مربوط به دو تیمار سوزاندن کلش به دو صورت مرطوب و خشک سوزانده شدند و اندازگیری دی‌اکسیدکربن انجام شد، یافته‌های تجزیه واریانس این تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن پس از سوزاندن کلش در جدول ۳ گزارش شد. تجزیه آماری داده‌های این نمونه‌برداری نشان داد که میزان گسیل گاز دی‌اکسید کربن از تیمار سوزاندن کلش خشک نسبت به تیمار سوزاندن کلش مرطوب بیشتر بوده است اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P>0.05$).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از سوزاندن کاه و کلش

Table 3- Analysis of variance of the effect of experimental factors on carbon dioxide emissions from burning straws

S.O.V	df	MS Burning rice Straw
Treatment	3	35635.62 ^{ns}
Block	2	1577.12^{ns}
Error	6	9707.81

گسیل گاز دی‌اکسیدکربن در درازای کشت دوم

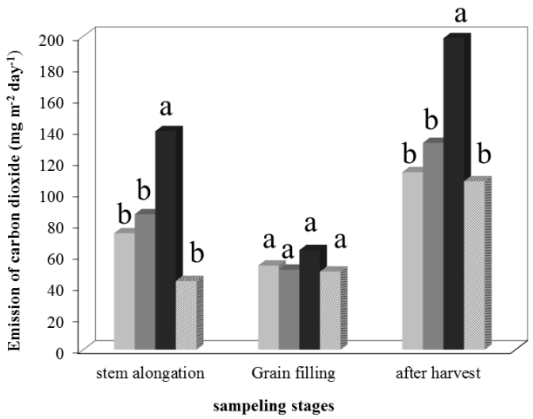
نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن در درازی کشت دوم برنج در شالیزار در جدول ۴ گزارش شد. برپایه این یافته‌ها اثر تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز متان در برخی گامه‌های نمونه‌برداری بسیار معنی دار بود ($P \leq 0.01$).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر گسیل گاز دی‌اکسیدکربن در درازای کشت دوم

Table 4- Analysis of variance of the effect of experimental factors on carbon dioxide emissions during the second planting

S.O.V	df	MS Stem elongation	MS Grain filling	MS After harvest
treatment	3	93.4**	116.6**	5267.4**
block	2	93.4^{ns}	44.6 ^{ns}	106.6^{ns}
Error	6	454.66	196.11	97.1

پس از نشاکاری اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن در سه گامه ساقه‌روی، تشکیل دانه و پس از برداشت انجام شد، در گامه ساقه‌روی بیشترین گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از تیمار سوزاندن کلش مرطوب صورت گرفت که مقدار آن برابر (۱۳۹/۳۸ mg m^{-2} day^{-1}) و پس از آن به ترتیب تیمار کلش مخلوط با خاک، تیمار شاهد و تیمار سوزاندن کلش خشک بود. در گامه تشکیل دانه از نظر گسیل گاز دی‌اکسید کربن اختلاف معنی‌داری میان تیمارها دیده نشد و در آخرین مرحله بیشترین گسیل گاز دی‌اکسید کربن از تیمار سوزاندن کلش مرطوب با مقدار (mg m^{-2} day^{-1} ۱۹۸/۷۶) بود و باز هم سه تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار کربن آلی موجود در خاک به تراز بین کربن انباشته شده در زیست‌توده گیاهی از راهِ فتوسنتز و هدررفت کـربن از راه واکافت میکروبی بستگی دارد. ازاین‌رو انتظار می‌رود در تیمار سوزاندن کلش مرطوب این روند افزایش یابد. از سویی دیگر پس از کاشت نشا و جاگیری گیاه، همزمان با رشد و نمو گیاه، نرخ فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد تا فرآورده‌های فتوسنتزی را در اختیار بخش‌های دیگر گیاه قرار دهد. پس از وارد شدن گیاه از مرحله رویشی به زایشی فتوسنتز با سرعت کمتری انجام شده و بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی مانند کربوهیدرات‌ها به دیگر بخش‌های گیاه بویژه دانه انتقال داده می‌شوند. با این وجود می‌توان این‌گونه گفت که در گامه‌های پنجه‌زنی و ساقه‌روی که رشد و نمو اندام‌های هوایی گیاه با سرعت بیشتری انجام شده و عمل فتوسنتز نیز نسبت به دیگر مراحل اندازه‌گیری (خوشه‌دهی، تشکیل دانه و پس از برداشت) بالاتر است، میزان رهاسازی کربن بیشتر از دیگر گامه‌های رشد و نموی گیاه باشد (شکل ۶).



شکل ۶- اثر تیمارهای آزمایشی بر گسیل گاز دی‌اکسید کربن در سه گامه مختلف فنولوژی گیاه برنج در درازای کشت دوم

Figure 6- Effect of experimental treatments on CO_2 emissions in three different phases of rice plant phenology during the second crop cultivation

یافته‌های پژوهشی Moradi et al., (2016) نشان داد که گسیل گاز دی‌اکسید کربن در شخم رایج نسبت به شخم حداقل بیشتر بود. همچنین نتایج این پژوهش با یافته‌های Regina and Alakukku (2009) که بیانگر نبود اختلاف معنی‌دارِ گسیل گاز دی‌اکسید کربن، در شرایط خاکوَرزی و بی‌خاکورزی بود، هم‌خوانی نداشت.

انتخاب روش مدیریتی درخور

برای گزینش روشی درخور برای مدیریت کلش برنج در شالیزار نیاز است که این تیمارها از نظر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای با هم مقایسه شوند. در این راستا می‌بایست معادل دی‌اکسید کربن گاز متان گسیلیده از شالیزار محاسبه شود. برای این کار در این پژوهش مقیاس پتانسیل گرمایشی جهانی (GWP) به کار برده شد. مقیاس GWP به هر دو موضوع کارایی مولکول به‌عنوان یک گاز گلخانه‌ای و طول ماندگاری آن در جو بستگی دارد. به عبارت دیگرGWP میزان گاز گلخانه‌ای مورد نظر را نسبت به همان جرم از دی‌اکسید کربن و نیز برای یک مقیاس زمانی ویژه می‌سنجد. مقدار GWP گاز متان در طول۲۰ سال برابر ۸۴، و در طول۱۰۰سال معادل ۲۸ بوده است، و در طول۵۰۰ سال برابر ۷/۶ می‌باشد. با توجه به این جدول و آنچه گفته شد مجموع داده‌های متان مربوط به هر تکرار در طول کل دوره در عدد ۲۸ ضرب و سپس مجموع داده‌های دی‌اکسیدکربن در لحظه سوزاندن کاه و کلش و در طول کشت دوم و مقدار معادل دی‌اکسید کربن گاز متان مورد تجزیه آماری قرار گرفت، در جدول ۵ نسبت این مجموع به مقدار گسیلیده از تیمار شاهد نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود تیمار سوزاندن کلش مرطوب و خشک نزدیک به ۸ برابر تیمار شاهد بر افزایش گرمایش جهانی اثر می‌گذارند.

جدول ۵- نسبت گسیل گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن و متان به تیمار شاهد از نظر پتانسیل گرمایش جهانی در طول ۱۰۰ سال

Table 5- Ratio of CO_2 and methane emissions to control treatment in terms of global warming potential over 100 years

Treatments	Ratio of CO_2 and CH_4 emissions
control	1
Rice straw incorporating into the soil	1.8
Burning rice straw left in the field	8.4
Burning rice straw air-dried	8.1

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت مسئله‌ی گرمایش جهانی و افزایش غیر طبیعی گازهای گلخانه‌ای در سال‌های اخیر به دلیل فعالیت‌های بشر و با توجه به اینکه برآوردها نشان می‌دهد که حدود ٪۹ از کل اثرات گلخانه‌ای کشور در سال ۲۰۰۰ را بخش کشاورزی به خود اختصاص داده است و همینطور با توجه به اهمیت گیاه برنج در کشاورزی، به‌ویژه در کشورهای آسیایی، در این پژوهش کوشیده شد تا بهترین روش مدیریت کلش برنج برای کاهش گسیل گازهای گلخانه‌ای معرفی شود. به این منظور روش‌های مرسوم مدیریت کاه و کلش برنج در بین شالیکاران از نظر میزان گسیل گازهای گلخانه‌ای متان و دی‌اکسید کربن مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج اندازه‌گیری متان حاکی از آن بود که بیشترین میزان گسیل گاز متان از شالیزار در درازای فصل کشت دوم از تیمار کلش مخلوط با خاک بوده است که دلیل آن بالا بودن میزان مواد آلی خاک می‌باشد که با نتایج Liu et al., (2013) و Esfandiyari, (2012) همخوانی دارد. و کمترین گسیل گاز متان مربوط به تیمار شاهد و تیمار سوزاندن کلش خشک بوده است. بررسی گسیل گاز دی‌اکسید کربن حاصل از سوزاندن کاه و کلش مربوط به دو تیمار سوزاندن کلش خشک و مرطوب نشان داد که گسیل گاز دی‌اکسید کربن از تیمار سوزاندن کلش خشک بیشتر بوده است، اما از لحاظ آماری

این اختلاف معنی‌دار نبوده است. همچنین بررسی میزان دی‌اکسیدکربن گسیلیده در درازای فصل کشت دوم نشان داد که بیشترین میزان گسیل گاز دی‌اکسیدکربن از تیمار سوزاندن کلش مرطوب و پس از آن از تیمار کلش مخلوط با خاک می‌باشد و کمترین میزان گسیل گاز دی‌اکسید کربن از تیمار سوزاندن کلش خشک بوده است. سرانجام برای گزینش بهترین شیوه مدیریت کلش برنج در شالیزار این تیمارها از نظر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای با هم مقایسه شدند. در این راستا معادل دی‌اکسید کربن گاز متان گسیلیده از شالیزار با استفاده از مقیاس پتانسیل گرمایشی جهانی (GWP) محاسبه شد. مقدار متان معادل دی‌اکسیدکربن در طول دوره مورد آنالیز آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری میان میزان گسیل گازهای گلخانه‌ای اندازه‌گیری شده در این پژوهش با تیمارهای مختلف کلش وجود دارد، بیشترین مقدار گسیل گاز گلخانه‌ای متان و دی‌اکسیدکربن از تیمار سوزاندن کلش مرطوب می‌باشد و پس از آن تیمار سوزاندن کلش خشک بیشترین میزان گسیل را داراست، و کمترین گسیل گازهای گلخانه‌ای از تیمار بدون کلش بوده است. سوزاندن کاه و کلش افزون بر ایجاد آلودگی، موجب هدررفت مواد آلی خاک می‌شود و یا از کلش سوخته می‌توان برای تهیه کاغذ و دیگر صنایع سلولزی استفاده کرد. برپایه یافته‌های این پژوهش، جمع‌آوری کامل کلش از سطح شالیزار به عنوان بهترین روش برای مدیریت کلش پیشنهاد می‌شود.

منابع

Andini, A., Bonnet, S., Rousset, P. 2018. Assessment of climate pollutant emissions from crop residues open burning in Indonesia. SEE.

Bakht Firooz, A., Raeini Sarjaz, M. 2013. The effect of drainage systems on methane emission reduction from paddy field. Journal of Soil and Water research, 44(1): 1-10. (In Farsi)

Borji, M., Ranjbaran, N., Amini, M., Poorafrasiyabi, A. 2013. Investigation of the harmful effects of burning residues from staw rice in paddy fields of Gilan province. First National Conference on Sustainable Agriculture and Environment. (In Farsi)

Chatskikh D., Jørgen E., Olesen E.M., Hansen L.E., and Petersen B.M. 2008. Effects of reduced tillage on net greenhouse gas fluxes from loamy sand soil under winter crops in Denmark. Agriculture, Ecosystems and Environment, 128: 117–126.

Esfandiyari, s. 2012. Effect of year season, soil compost and fertilizer on methane emissions from paddy fields, agrometeorology thesis, Sari.(In Farsi)

Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., and Garivait, S. 2009. Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. Environmental Pollution, 157(5), 1554-1558.

Gogoi, N., K. Baruah., B. Gogoi and P.K. Gupta. 2008. Methane emission from two different rice ecosystems at lower Brahmaputra valley zone of North East India. Applied Ecology and Environmental Research, 6(3): 99-112.

Guo, M.; Wang, X.F.; Li, J.; Yi, K.P.; Zhong, G.S.; Wang, H.M., Tani, H. 2013. Spatial distribution of greenhouse gas concentrations in arid and semi-arid regions: A case study in East Asia, Journal of Arid Environments, 91: 119-128.

Hashemi, M., Raeini sarjaz, M., Shahnazari, A. 2015.The Effects of Different Drainage Systems and Phenological Stages of Rice Plant on Methane Emission Process at Paddy Field. 16th National Rice Conference.

Kanokkanjana, K., Cheewaphongphan, P., Garivait, S. 2011. Black carbon emission from paddy field open burning in Thailand. IPCBEE Proc, 6, 88-92.

Keppler, F.; Hamilton, J.T.; Braß, M., Röckmann, T. 2006. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions, Nature, 439(7073): 187-191.

Lapen D.R., Topp G., Gregorich E., and Curnoe E. 2004. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada Soil and Tillage Research, 78(2):151–170.

Liming, Z., Dongsheng, Y., Xuezheng, S., David C, W., Limin, Z., Weixin, D., Hongjie, W., Jianjun, P., Changsheng, L. 2009. Simulation of global warming potential (GWP) from rice fields in the Tai-Lake region, China by coupling 1:50,000 soil database with DNDC model, Atmospheric Environment, 43(17), 2737– 2746.

Liou, R. M., Huang, S. N., Lin, C. W., Chen, S. H. 2003. Methane emission from fields with

three various rice straw treatments in Taiwan paddy soils. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 38(4), 511-527.

Liu, Y., Wan, K. Y., Tao, Y., Li, Z. G., Zhang, G. S., Li, S. L., Chen, F. 2013. Carbon dioxide flux from rice paddy soils in central China: effects of intermittent flooding and draining cycles. PLoS One, 8(2).

López-Fando C., Pardo M.T. 2009. Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. Soil and Tillage Research, 104: 278-284.

Miura, Yoshinori., Kanno, T. 1997. Emissions of trace gases (CO_2, CO, CH_4, and N_2O) resulting from rice straw burning. Soil science and plant nutrition 43(4):849-854.

Moradi, R., Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M., and Mansoori, H. 2015. Evaluation of Tillage, Residue Management and Nitrogen Fertilizer Effects on CO2 Emission in Maize (Zea Mays L.) Cultivation. Journal of Soil and Water, 29(2): 489-503. (In farsi)

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., Mohammadi, A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy 36, 2765-2772.

Mutegi J.K., Lars J., Petersen B.M., Hansen E.M., Petersen S.O. 2010. Nitrous oxide emissions and controls as influenced by tillage and crop residue management strategy. Soil Biology & Biochemistry, 42:1701-1711.

Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang . 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Inter governmental Panel on Climate Change.

Regina K., and Alakukku L. 2009. Greenhouse gas fluxes in varying soils types under conventional and no-tillage practices. Soil & Tillage Research, 109: 144–152.

Ribbes, F., L. Toan. 1999. Rice Field Mapping and monittorng with RADARSAT Data, international jornal of remote sensing, 20(4): 745-756.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (Beta vulgaris) production in the Ukrain. Agricultural Systems 85, 101–119.

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 8, No. 2, Autumn & Winter 2020, pp. 35-43
DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094

نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، صص.۴۳-۳۵
مقاله علمی پژوهشی

Influence of rice straw management on methane and carbon dioxide greenhouse gases emissions during the second rice cropping (Case study: Sari, Iran)

H. Baziarpur[1], M. Raeini-Sarjaz[2]*, S. Shiukhy-Sughanlu[3]

Received: 12/03/2020
Accepted: 20/06/2020

Abstract
Global warming is leading to gradual and tremendous climate change following the increase in greenhouse gases. Methane gas can be produced in anaerobic processes in soil, such as paddy fields. Therefore, in the agricultural sector, waterlogged rice cultivation is one of the main sources of this methane gas emissions. On the other hand, straw burning brings a huge amount of pollutants to the atmospher. In this regard, a study with four experimental treatments was conducted: (a) without straw (control), (b) rice straws incorporated into the soil, (c) burned rice straws left in the field, and finally (d) burned air-dried rice straws left from first cropping harvest. The experiment was carried out on the experimental field of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Methane gas sampling was performed at 10- day intervals and carbon dioxide gas sampling was performed one day after straw burning and then in three stages in the second cropping season. Finally, in order to compare the treatments in terms of methane and carbon dioxide emissions, the carbon dioxide equivalent of methane gas was calculated.The findings showed that the highest methane emission was from rice straws incorporated into the soil (6.75 mg m^{-2} day^{-1}) and the lowest emissions were from the control treatment (2.97 mg m^{-2} day^{-1}) and burned rice straws air-dried after harvest (2.62 mg m^{-2} day^{-1}). Also, the results of carbon dioxide emissions during the second cropping season showed that the highest amount was from burned rice straws left in the field treatments (133.93 mg m^{-2} day^{-1}) and the lowest amount was observed from burned rice straws air-dried after harvest (67.08 mg m^{-2} day^{-1}). Finally the results of the total greenhouse gas emissions measured in the whole period showed that wet and dry straws burned treatments could have the potential to increase global warming almost 8 times more than the control treatment.

Keywords: Anaerobic Process, Atmosphere, Global warming, Straw burning, Waterlogging

[1] M.Sc. Graduate of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
[2] Professor of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
(*Corresponding Author Email Address: raeini@yahoo.com)
[3] Instructor of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

نحوه ارجاع مقاله:
بازیارپور، ه.، رائینی سرجاز، م.، شیوخی سوغانلو، س. ۱۳۹۹. اثرگذاری مدیریت کلش شالیزار بر گسیل گازهای گلخانه‌ای متان و دی‌اکسید کربن در کشت دوم برنج (پژوهش موردی: ساری، ایران). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۸(۱): ۴۳-۳۵. DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094
Baziarpur, H., Raeini-Sarjaz, M., Shiukhy-Sughanlu, S. 2020. Influence of rice straw management on emissions of methane and carbon dioxide greenhouse gases during the second rive cropping (Case study: Sari, Iran). Journal of Agricultural Meteorology, 8(1): 35-43. DOI: 10.22125/agmj.2020.223313.1094