

برآورد انتشار گازهای CH_4 ، N_2O و NO در مزارع گندم و برنج

خوزستان (مطالعه موردی: شوش و باغملک)

نسرین مرادی مجد^۱، غلامعباس فلاح قاله‌ری^{۲*}، منصور چترنور^۳

۱ و ۲- گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

۳- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

چکیده

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای طی چند دهه اخیر باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای در جو زمین و گرمتر شدن هوای آن شده است. پژوهش حاضر یک بررسی کاربردی تحلیلی است که با کمک مدل DAYCENT جهت مطالعه شار گازهای متان (CH_4)، نیتروس اکساید (N_2O) و نیتریک اکساید (NO) در گندمزارهای شوش و شالیزارهای باغملک در خوزستان استفاده شد. همچنین تغییرات متوسط دمای سالانه هوا ($^{\circ}\text{C}$)، بارش (۲-، ۷ و ۱۴٪) جهت بررسی نرخ شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید شبیه‌سازی گردید. نتایج میانگین شار گاز متان در ایستگاه باغملک، ۱/۳۶۹، اکسید نیتروس ۰/۰۱ و اکسید نیتریک ۰/۰۱ تن در هکتار در سال به دست آمد و برای ایستگاه شوش شار متان ۰/۱۰۶، اکسید نیتروس ۰/۱۰۱ و اکسید نیتریک ۰/۱۱۱ تن در هکتار در سال تعیین شد. گاز متان بیش‌ترین مقدار شار را در ایستگاه باغملک داشت. همچنین ایستگاه شوش، شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بالاتری را نسبت به ایستگاه باغملک نشان داد. در ادامه بر اساس تغییرات دما در ایستگاه باغملک مقدار شار متان تقریباً به صورت ثابت و مقدار تغییرات شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بسیار ناچیز بدست آمد. در حالی که در ایستگاه شوش مقدار شار هر سه گاز با افزایش دما تغییر محسوسی را نشان داد. همچنین بر اساس تغییرات بارش در ایستگاه باغملک، شار متان مقدار ثابتی داشت، ولی شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید با زیاد شدن بارش، افزایش یافت. اما در ایستگاه شوش شار هر سه گاز با کاهش بارندگی کم و با افزایش آن زیاد شد. اختلاف بین مزارع برنج و گندم از نظر شار گازها به دلیل وضعیت هوایی و غرقابی بودن آنهاست.

کلید واژه‌ها: باغملک، شوش، گازهای گلخانه‌ای، مدل DAYCENT.

مقدمه

می‌باشد. بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰ میزان کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه حدود ۳۵٪ شده است (MAJ, 2012). در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است. در این رابطه بخت فیروز و راینی سرجاز (۲۰۱۷) در پژوهشی اثر سامانه‌های زهکشی شالیزار بر افت شار گاز گلخانه‌ای متان را بررسی کردند. این پژوهش با سه تیمار زهکش سنتی، سطحی و زیرزمینی در طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ساری انجام شد. نمونه‌برداری گاز هر هفته، یک هفته پس از نشاکاری تا برداشت شالی، انجام گرفت. بیست و پنج روز پس از نشاکاری، آبیاری به مدت یک هفته قطع شد، که سبب افت سطح ایستابی در زهکش‌های زیرزمینی، سطحی و سنتی، به ترتیب، تا ژرفای ۰/۷، ۰/۱ و ۰/۳ متری شد. شار متان هم‌سو با افت سطح ایستابی کاهش یافت. بر پایه یافته‌های این پژوهش، افت سطح ایستابی بر افت شار گاز متان از شالیزار اثر معناداری داشت. پورقاسمیان و مرادی (۲۰۱۶) به بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در محصولات زراعی مهم استان کرمان (سیب زمینی، پیاز و هندوانه) پرداختند. نتایج نشان داد که برای هر سه محصول مورد مطالعه، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف کود نیتروژن بیش از سایر نهاده‌های شیمیایی بود. میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروس و متان برآورد شده در سیب زمینی بیش از هندوانه و در هندوانه بیشتر از پیاز گزارش شد. صفری و عبدی (۲۰۱۸) به مقایسه تولید بیوگاز از بقایای کلزا و گندم در ترکیب با کود دامی پرداختند. در این پژوهش پس از اعمال پیش تیمار مکانیکی، راندمان استحصال بیوگاز از بقایای کلزا و گندم در ترکیب با کود دامی به کمک راکتورهای غیر پیوسته و در شرایط مزوفیلیک، در قالب آزمون t و در سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج تحقیق طی یک دوره ۱۴۰ روزه نشان داد بین تیمارهای آزمایشی در سطح ۵٪ از نظر استحصال متان اختلاف معنی‌داری وجود دارد. متوسط تولید تجمعی گاز متان در بقایای کلزا و گندم به ترتیب $311/4 \text{ L.kg}^{-1}$ و VSL.kg^{-1} و ۱۶۷/۷ و درصد گاز متان در روز به ترتیب ۶۶٪ و ۵۵٪ بود. با توجه به این نتایج، از نظر تولید گاز متان، بقایای کلزا در

یکی از مهم‌ترین مسائلی که امروزه توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای است که این مسأله جهان را در آستانه یک فاجعه بزرگ انسانی و زیست محیطی قرار داده است (IPCC, 2001, 2007). امروزه افزایش جمعیت بشر و فعالیت‌های ناشی از آن در زمینه‌های مختلف صنعتی، حمل و نقل، کشاورزی و... روز به روز باعث افزایش غلظت این گازها در اتمسفر به میزان بیش از حد طبیعی گردیده، منجر به اثر گلخانه‌ای و بروز تغییرات آب و هوایی مانند گرم شدن کره زمین و تخریب لایه ازن شده است. در صورت ادامه روند تغییر اقلیم در آینده‌ای نه چندان دور، مردم جهان با تغییرات عمده‌ای در وضعیت کره زمین از جمله ذوب شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر در نوع نزولات جوی، طوفان‌های شدید، کاهش میزان تولید محصولات کشاورزی در اثر سرمازدگی، تگرگ، یخ‌زدگی، خشکسالی، سیل، فرسایش، آبگرفتگی اراضی کشاورزی، تغییر فصل بارش و همچنین نابودی تنوع زیستی گیاهی و جانوری مواجه خواهند بود. بنابراین افزایش دمای کره زمین آثار و پیامدهای مختلف و در ابعاد گوناگون به همراه دارد (Mitchell, 2003). یکی از عوامل اصلی تغییرات آب و هوای کره زمین و تنوع زیستی آن، انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف، به ویژه از بخش کشاورزی است (Yue et al., 2019). حدود ۶۰ درصد از انتشار جهانی منوکسید نیتروژن، ۳۹ درصد از انتشار جهانی متان و یک درصد از انتشار جهانی دی‌اکسیدنیتروژن و در نتیجه گرمایش بالقوه جهانی مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد. میزان انتشار جهانی نیتروس اکساید و نیتریک اکساید از طریق فعالیت‌های مختلف کشاورزی به ترتیب حدود $4/8 - 1/7$ و $1/6$ ترا گرم در سال گزارش شده است (Yao et al., 2009). طی دو قرن گذشته فعالیت‌های بشر غلظت جهانی اکسید نیتروژن را ۱۳ درصد افزایش داده است. استفاده از کودها و سموم شیمیایی، سوخت‌های فسیلی، مدیریت خاک‌های زراعی، مدیریت کود دامی در دامداری‌ها و سوزاندن بقایای آلی از مهم‌ترین منابع تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی

تأمین ۹ درصد برنج کشور، سومین استان کشور از نظر تولید برنج با کیفیت است (اشتری و همکاران، ۲۰۱۴).

مواد و روش‌ها

مدل DAYCENT: این مدل در ابتدا در دهه ۱۹۷۰ به منظور شبیه‌سازی تغییرات مواد آلی خاک (SOM)، بهره‌وری گیاهان، دسترسی به مواد مغذی و دیگر پارامترهای اکوسیستم در پاسخ به تغییر در مدیریت زمین و آب و هوا به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت و نشان داد که جهت شبیه‌سازی رشد گیاه و تغییرات مواد آلی خاک برای اکثر اکوسیستم‌های زمینی در سراسر جهان قابل استفاده است. افزایش توجه به انجام تجزیه و تحلیل گازهای گلخانه‌ای، به توسعه DAYCENT در سال ۱۹۹۴ منجر شد. مدل DAYCENT شامل زیر مدلی در مرحله تولید گیاهان و زیر مدلی برای پویایی مرحله به مرحله روزانه جریان گاز کمیاب، گردش مواد مغذی، جریان آب و مواد آلی خاک (SOM) است. برنامه مدل DAYCENT در زبان برنامه‌نویسی FORTRAN و C نوشته شده و می‌تواند از پنجره DOS یا یک پلت فرم (Hartman et al., 2016). لینوکس استفاده شود. ورودی‌های مدل DAYCENT شامل بارش روزانه مشاهده شده و حداکثر و حداقل دمای روزانه؛ ورودی متغیرهای خاک شامل بافت خاک، چگالی، ضخامت، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی، pH، هیدرولیک اشباع‌شده و رسانایی برای ۱۴ لایه خاک می‌باشد (جدول ۱). این مدل با استفاده از داده‌های مشاهده‌شده مربوط به تولید گیاهان، ماده آلی خاک، گردش مواد مغذی و گازهای کمیاب اعتبارسنجی شده است (Hartman et al., 2011).

جدول ۱- داده‌های ورودی برای مدل DAYCENT

آیتم داده‌ها	DAYCENT
موقعیت جغرافیایی	طول و عرض جغرافیایی
عوامل اقلیمی	حداکثر دمای روزانه؛ حداقل دمای روزانه؛ بارش روزانه؛ نشست نیتروژن
عوامل خاکشناسی	کسر رس خاک، سیلت و شن خاک، چگالی خاک؛ pH
زمان رشد	نوع محصول؛ تاریخ کاشت؛ تاریخ برداشت
عملیات مدیریتی	میزان کود نیتروژن، تاریخ کوددهی و نوع کود، مقدار و تاریخ آبیاری؛ شدت و تاریخ خاکورزی و مقدار بازگشت کاه

ترکیب با کود دامی، از پتانسیل بالاتری نسبت به گندم برخوردار است. ویلر و همکاران (۲۰۱۸) شبیه‌سازی سالانه میزان انتشار متان و کربن آلی خاک در سیستم کشت برنج نیمه گرمسیری با روش DAYCENT انجام دادند. در پژوهش آن‌ها مقایسه مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی جریان متان روزانه نشان داد که مدل DAYCENT الگوهای کلی شار متان را با اختلاف کمی محاسبه نموده و عملکرد کلی قابل قبولی داشته است. فیتون و همکاران (۲۰۱۹) مدل‌سازی ضریب بیولوژیکی نیتروژن و پویایی علف‌زار مبتنی بر فرآیند بیوژنوشیمیایی، با دو روش APSIM و DAYCENT، را در مقایسه با مجموعه داده‌های تجربی انجام دادند و با هر دو مدل جنبه‌های کلیدی رشد علف‌های هرز، از جمله تولید زیست توده، تعاملات بین تغییر دانه و علف، به ویژه مخلوط با کسر شیدر بالا را محاسبه کردند. در پژوهش حاضر مدل DAYCENT جهت مطالعه شار گازهای متان (CH_4)، نیتروس اکساید (N_2O) و نیتریک اکساید (NO) در شالیزارهای باغملک و گندمزارهای شوش در استان خوزستان استفاده شده است. همچنین میزان شار این سه گاز با در نظر گرفتن تغییرات متوسط دمای سالانه هوا (1°C ، $2/5^\circ\text{C}$ و $4/2^\circ\text{C}$) و بارش ($-2/7\%$ ، 7% و 14%) شبیه‌سازی شد. شهرستان شوش در استان خوزستان با تولید ۲۷۰ هزار تن گندم همچنان رتبه نخست کشور را در تولید این محصول استراتژیک در اختیار دارد. شوش در شمال غربی اهواز بین ۳۲ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. اراضی کشت گندم این شهرستان در حدود ۶۲ هزار هکتار می‌باشند (اشتری و همکاران، ۲۰۱۴). پس از گندم، برنج دومین غله مهم در دنیا به حساب می‌آید. مزارع کشت برنج از جمله منابع موثر در تولید متان می‌باشند. متان بوسیله باکتری‌های متانوژنیک و از تجزیه بی‌هوازی شلتوک‌های برنج شناور در آب تولید می‌شود (بخت فیروز و رائینی سرجاز ۲۰۱۷). کشت برنج در ایران در نواحی شمالی استان خوزستان تاریخچه طولانی دارد. شهرستان باغملک در فاصله ۱۴۰ کیلومتری اهواز بین ۴۹ و ۳۳ تا ۵۰ و ۱۵ طول شرقی و ۳۱ و ۱۳ تا ۳۱ و ۴۳ عرض شمالی قرار گرفته است. هر ساله با آغاز فصل کشت برنج، بیش از ۳ هزار هکتار از شالیزارهای این شهرستان زیر کشت برنج می‌رود. خوزستان پس از گیلان و مازندران با

نتایج و بحث

نتایج حاصل از شار گازهای برآورد شده مدل DAYCENT

بر اساس میانگین سالانه دما و بارش:

با استفاده از مدل DAYCENT نرخ شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید در هر دو ایستگاه باغملک و شوش شبیه‌سازی شد. بر اساس جدول ۲، میانگین، کمینه و بیشینه شار متان شبیه‌سازی شده ایستگاه باغملک به ترتیب ۱/۳۶۹، ۰/۸۰۵ و ۱/۷۰۱ تن در هکتار در سال بدست آمد. درصد ضریب تغییرات برای شار متان در ایستگاه باغملک ۳/۶ بود. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید شبیه‌سازی شده ایستگاه باغملک به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۱۵ تن در هکتار در سال تعیین شد. درصد ضریب تغییرات برای شار نیتروس اکساید در ایستگاه باغملک ۱/۲ به دست آمد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید شبیه‌سازی شده ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۱۱ تن در هکتار در سال بدست آمد. درصد ضریب تغییرات برای شار نیتریک اکساید در ایستگاه باغملک ۰/۵ بود.

میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز متان شبیه‌سازی شده در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۰۶، ۰/۰۴۳ و ۰/۱۱۰ تن در هکتار در سال تعیین شد. درصد ضریب تغییرات برای شار گاز متان در ایستگاه شوش ۳/۹ بود. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید شبیه‌سازی شده در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۰۱، ۰/۰۷۰ و ۰/۲۰۰ تن در هکتار در سال بدست آمد. درصد ضریب تغییرات برای شار گاز نیتروس اکساید در ایستگاه شوش ۶۷/۳ بود. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید شبیه‌سازی شده ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۱۱، ۰/۰۸۵ و ۰/۲۴۲ تن در هکتار در سال تعیین شد. درصد ضریب تغییرات برای شار گاز نیتریک اکساید در ایستگاه شوش ۵۶/۵ به دست آمد.

میانگین شار گاز متان در ایستگاه باغملک (۱/۳۶۹ تن در هکتار در سال) بیشتر از ایستگاه شوش (۰/۱۰۶ تن در هکتار در سال) بدست آمد. برای ایستگاه باغملک میانگین شار گاز نیتروس اکساید و نیتریک اکساید برابر (۰/۰۱ تن در هکتار در سال) و کمتر از ایستگاه شوش بدست آمد. اختلاف بین مزارع برنج و گندم از نظر شار گازهای مورد مطالعه به دلیل وضعیت هوازی و غرقابی بودن آنهاست.

جدول ۲- میانگین، کمینه و بیشینه شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید در هکتار در سال در ایستگاه‌های مورد نظر

متغیر	ایستگاه	میانگین	کمینه	بیشینه	درصد ضریب تغییرات
شار متان	باغملک	۱/۳۶۹	۰/۸۰۵	۱/۷۰۱	۳/۶
	شوش	۰/۱۰۶	۰/۰۴۳	۰/۱۱۰	۳/۹
شار نیتروس اکساید	باغملک	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۱/۲
	شوش	۰/۱۰۱	۰/۰۷۰	۰/۲۰	۶۷/۳
شار نیتریک اکساید	باغملک	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۵
	شوش	۰/۱۱۱	۰/۰۸۵	۰/۲۴۲	۵۶/۵

۱/۹۴۱ تن در هکتار در سال بدست آمد. نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات دمایی پایین (۱ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۸ و ۰/۱۴ تن در هکتار در سال تعیین شد. میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتریک اکساید در تغییرات دمایی پایین (۱ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ تن در هکتار در سال بدست آمد. همچنین میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز متان در تغییرات دمایی پایین (۱ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۴۳، ۰/۰۹۰ و ۰/۱۸۴ تن در هکتار در

همچنین DAYCENT نرخ شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید را در هر دو ایستگاه باغملک و شوش برای متوسط دمای سالانه هوا (۱ °C، ۲/۵ و ۴/۲؛ IPCC, 2013) و بارش (۲-، ۷ و ۱۴؛ IPCC, 2013) شبیه‌سازی کرده است (Malone et al., 2015).

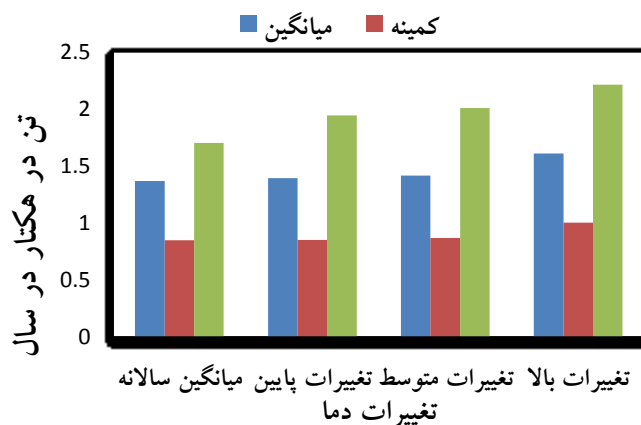
نتایج حاصل از شار گازهای برآورد شده توسط مدل

DAYCENT بر اساس تغییرات میانگین سالانه دما:

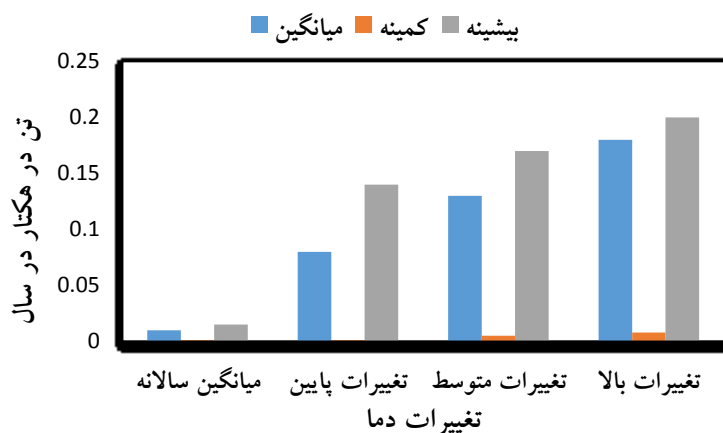
میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز متان در تغییرات دمایی پایین (۱ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۱/۳۹۲، ۰/۸۵۳ و

نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات دمایی بالا (۴/۵ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۱/۶۰۹، ۱/۰۰۴ و ۲/۲۱ تن در هکتار در سال بدست آمد. نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات دمایی بالا (۴/۵ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۰۰۸ و ۰/۲۰ تن در هکتار در سال تعیین شد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات دمایی بالا (۴/۵ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱۶، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۷ تن در هکتار در سال بدست آمد. همچنین میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز متان در تغییرات دمایی بالا (۴/۵ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۷۱، ۰/۲۳۹ و ۰/۳۰۳ تن در هکتار در سال تعیین شد. نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات دمایی بالا (۴/۵ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۳۳، ۰/۱۹۷ و ۰/۴۰۰ تن در هکتار در سال بدست آمد. نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات دمایی بالا (۴/۵ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۷۲، ۰/۲۱۶ و ۰/۲۹۸ تن در هکتار در سال تعیین شد. اشکال ۱ تا ۳ نمودار مقایسه‌ای میانگین، کمینه و بیشینه شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بر حسب میانگین سالانه و افزایش میانگین سالانه دمای ۱، ۲/۵ و ۴/۲ درجه سانتیگراد در شالیزارهای باغملک آورده شده است. بر اساس شکل ۱ مقدار شار متان تقریباً به صورت ثابت تعیین شد. بر اساس شکل ۲ و ۳ روند تغییرات شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بسیار ناچیز بدست آمد.

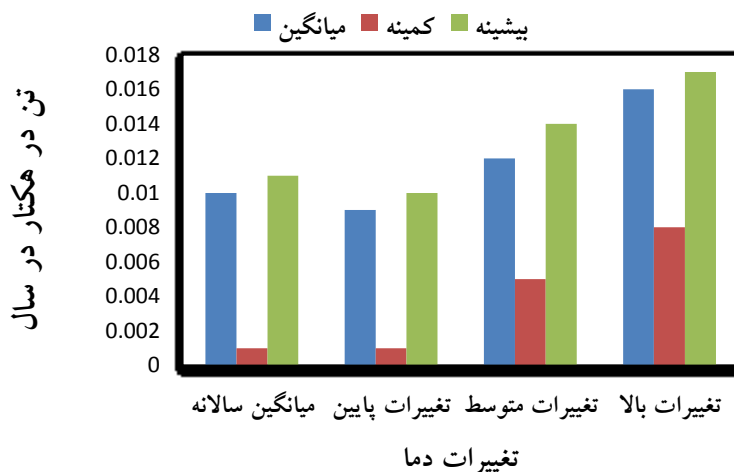
سال تعیین شد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات دمایی پایین (۱ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۳۳، ۰/۰۷۶ و ۰/۲۶ تن در هکتار در سال بدست آمد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات دمایی پایین (۱ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۱۷، ۰/۰۹۲ و ۰/۲۷۰ تن در هکتار در سال تعیین شد. میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات دمایی متوسط (۲/۵ °C) در ایستگاه باغملک به ترتیب ۱/۴۱۴، ۰/۸۶۹ و ۲/۰۰۵ تن در هکتار در سال تعیین شد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات دمایی متوسط (۲/۵ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۱۳، ۰/۰۰۵ و ۰/۱۷ تن در هکتار در سال بدست آمد. نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات دمایی متوسط (۲/۵ °C) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱۲، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱۴ تن در هکتار در سال تعیین شد. در حالی که نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات دمایی متوسط (۲/۵ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۶۶، ۰/۱۲۴ و ۰/۱۹۸ تن در هکتار در سال بدست آمد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات دمایی متوسط (۲/۵ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۴۱، ۰/۰۸۳ و ۰/۳۸ تن در هکتار در سال تعیین شد. میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات دمایی متوسط (۲/۵ °C) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۲۵، ۰/۲۰۶ و ۰/۲۸۳ تن در هکتار در سال بدست آمد.



شکل ۱- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار متان بر حسب میانگین سالانه دما و تغییرات پایین، متوسط و بالای دما (به ترتیب تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد) در شالیزارهای باغملک



شکل ۲- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتروس اکساید بر حسب میانگین سالانه دما و تغییرات پایین، متوسط و بالای دما (به ترتیب تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد) در شالیزارهای باغملک



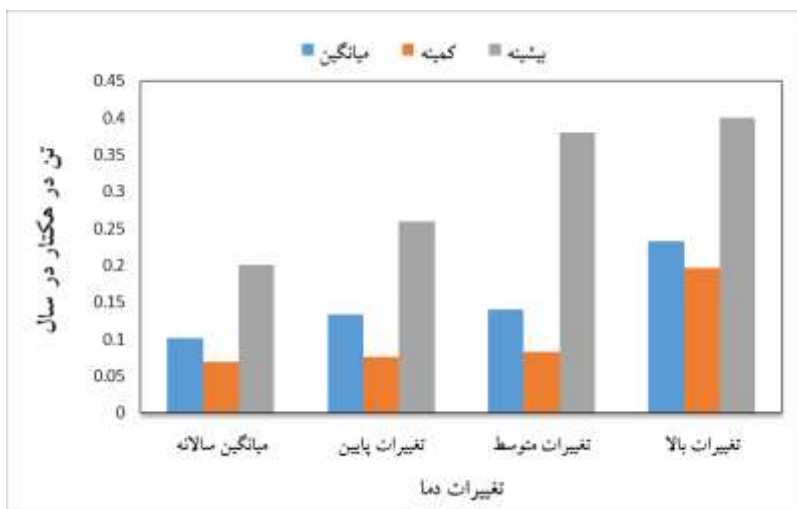
شکل ۳- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتریک اکساید بر حسب میانگین سالانه دما و تغییرات پایین، متوسط و بالای دما (به ترتیب تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد) در شالیزارهای باغملک

آورده شده است. بر اساس اشکال ۴، ۵ و ۶ میزان شار هر سه گاز با افزایش دما تغییر محسوسی دارد. این میزان در افزایش دمای ۴/۲ درجه سانتیگراد به حداکثر می‌رسد و تغییرات افزایشی دارد.

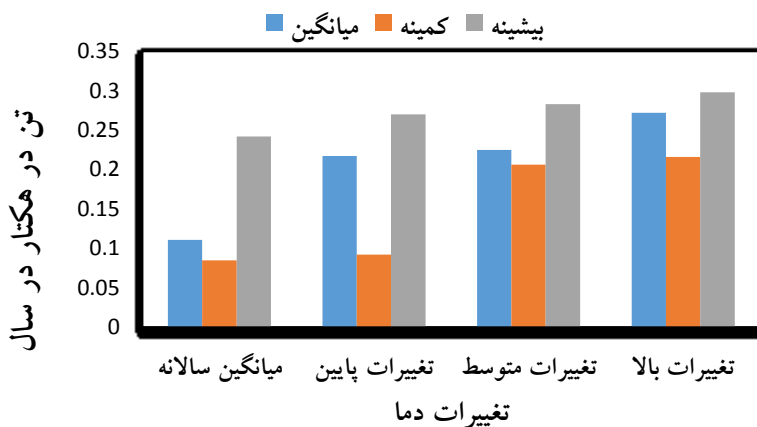
در اشکال ۴ تا ۶ نمودار مقایسه‌ای میانگین، کمینه و بیشینه شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بر حسب میانگین سالانه و تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد در گندمزارهای شوش



شکل ۴- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار متان بر حسب میانگین سالانه و تغییرات پایین، متوسط و بالای دما (به ترتیب تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد) در گندمزارهای شوش



شکل ۵- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتروس اکساید بر حسب میانگین سالانه و تغییرات پایین، متوسط و بالای دما (به ترتیب تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد) در گندمزارهای شوش



شکل ۶- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار شار نیتریک اکساید بر حسب میانگین سالانه و تغییرات پایین، متوسط و بالای دما (به ترتیب تغییر میانگین سالانه دما به میزان +۱، +۲/۵ و +۴/۲ درجه سانتیگراد) در گندمزارهای شوش

متوسط (۰/۷٪) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۱، ۰/۱۸۳ و ۰/۳۲۳ تن در هکتار در سال تعیین شد.

مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات بارش بالا (۰/۱۴٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۱/۳۸۰، ۰/۸۲۱ و ۱/۷۱۸ تن در هکتار در سال تعیین شد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات بارش بالای (۰/۱۴٪) ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱۹، ۰/۰۰۹ و ۰/۰۲۶ تن در هکتار در سال بدست آمد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات بارش بالای (۰/۱۴٪) ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱۶، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۲۲ تن در هکتار در سال تعیین شد. همچنین مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات بارش بالای (۰/۱۴٪) ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۲۶، ۰/۰۶۳ و ۰/۱۳۷ تن در هکتار در سال بدست آمد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات بارش بالای (۰/۱۴٪) ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۲۱۸، ۰/۱۹۴ و ۰/۳۲۰ تن در هکتار در سال تعیین شد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات بارش بالای (۰/۱۴٪) ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۳۲۴، ۰/۱۹۴ و ۰/۳۳۸ تن در هکتار در سال بدست آمد.

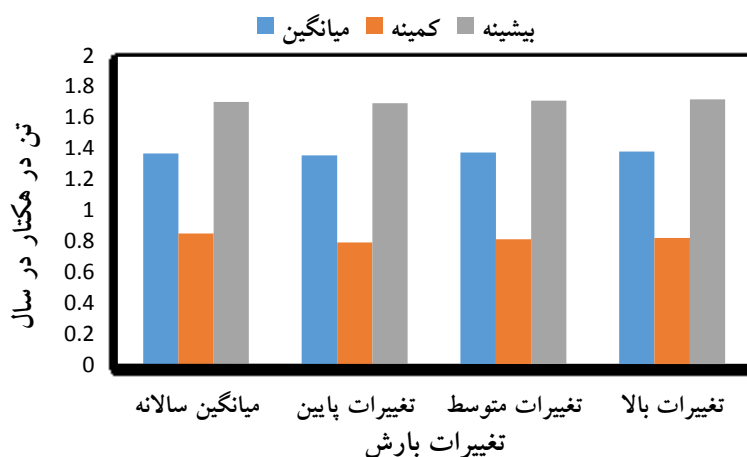
در اشکال ۷ تا ۹ نمودار مقایسه‌ای میانگین، کمینه و بیشینه شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بر حسب میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در شالیزارهای باغملک آورده شده است. طبق شکل ۷ با تغییر ۲-٪ و افزایش بارش به میزان ۷ و ۱۴٪ شار متان مقدار ثابتی دارد. طبق اشکال ۸ و ۹ شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید با زیاد شدن بارش، افزایش می‌یابند.

در اشکال ۱۰ تا ۱۲ نمودار مقایسه‌ای میانگین، کمینه و بیشینه شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید بر حسب میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در گندمزارهای شوش آورده شده است. طبق شکل ۱۰ با تغییر ۲- درصد، کاهش شار متان را داریم. با افزایش بارش به میزان ۷ و ۱۴٪ شار متان افزایش می‌یابد. طبق اشکال ۱۱ و ۱۲ شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید با کاهش بارندگی کم و با افزایش آن زیاد می‌شود.

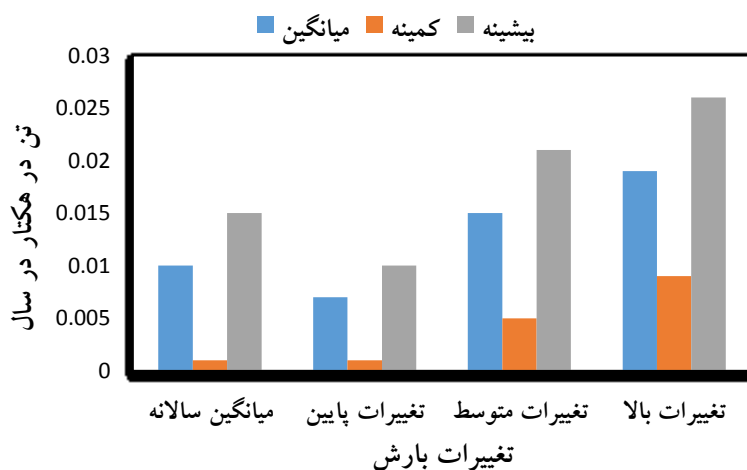
نتایج حاصل از شار گازهای برآورد شده مدل DAYCENT بر اساس تغییرات میانگین سالانه بارش:

نتایج مربوط به میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات بارش پایین (۲-٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۱/۳۵۷، ۰/۷۹۲ و ۱/۶۹۴ تن در هکتار در سال بدست آمد. میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتروس اکساید در تغییرات بارش پایین (۲-٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۰۷، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۰ تن در هکتار در سال بدست آمد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتریک اکساید در تغییرات بارش پایین (۲-٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۳ تن در هکتار در سال تعیین شد. همچنین نتایج میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات بارش پایین (۲-٪) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۰۷۸، ۰/۰۱۸ و ۰/۰۸۳ تن در هکتار در سال محاسبه شد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات بارش پایین (۲-٪) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۰۷۸، ۰/۰۳۲ و ۰/۱۰۴ تن در هکتار در سال تعیین شد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات بارش پایین (۲-٪) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۰۴، ۰/۰۷۸ و ۰/۲۱۲ تن در هکتار در سال بدست آمد.

مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات بارش متوسط (۰/۷٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۱/۳۷۴، ۰/۸۱۳ و ۱/۷۱۰ تن در هکتار در سال بدست آمد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات بارش متوسط (۰/۷٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱۵، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۲۱ تن در هکتار در سال تعیین شد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات بارش متوسط (۰/۷٪) در ایستگاه باغملک، به ترتیب ۰/۰۱۳، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۱۵ تن در هکتار در سال بدست آمد. همچنین مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار متان در تغییرات بارش متوسط (۰/۷٪) در ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۱۹، ۰/۰۵۶ و ۰/۱۲۴ تن در هکتار در سال تعیین شد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتروس اکساید در تغییرات بارش متوسط (۰/۷٪) ایستگاه شوش، به ترتیب ۰/۱۱۵، ۰/۱۰۲ و ۰/۲۶۷ تن در هکتار در سال بدست آمد. مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه شار گاز نیتریک اکساید در تغییرات بارش



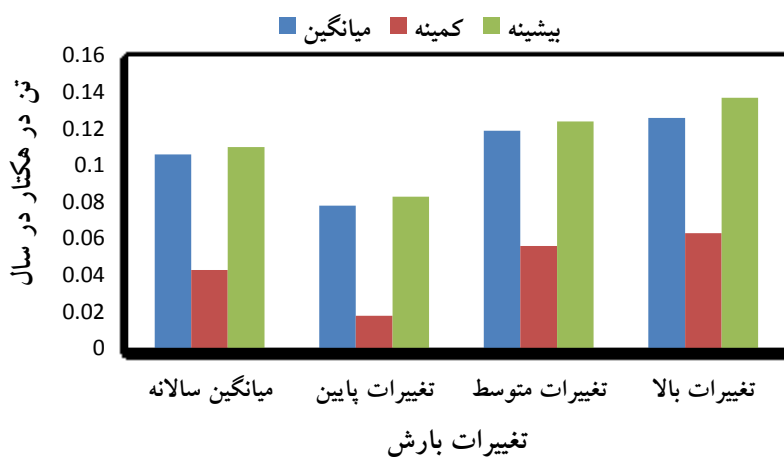
شکل ۷- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار متان بر حسب میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در شالیزارهای باغملک



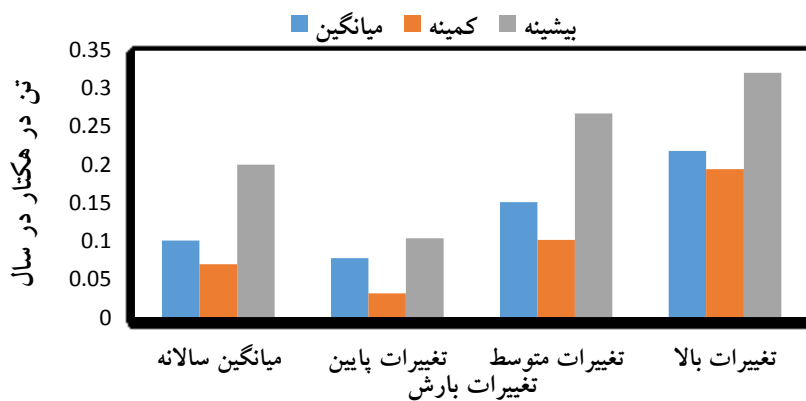
شکل ۸- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتروس اکساید با میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در شالیزارهای باغملک



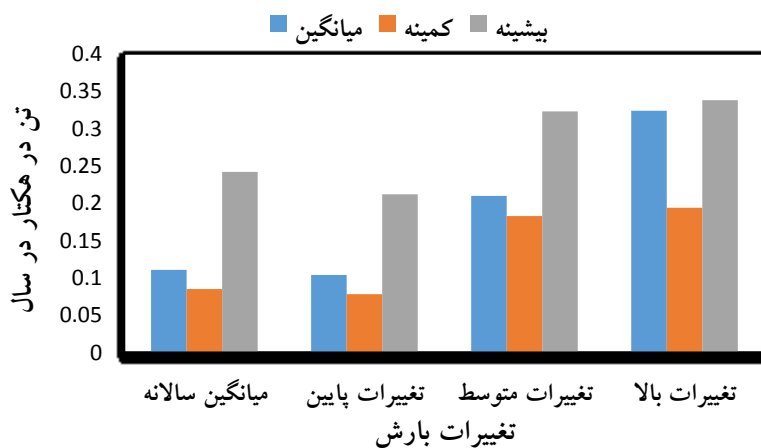
شکل ۹- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتریک اکساید با میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در شالیزارهای باغملک



شکل ۱۰- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار متان با میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در گندمزارهای شوش



شکل ۱۱- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتروس اکساید با میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در گندمزارهای شوش



شکل ۱۲- نمودار میانگین، کمینه و بیشینه شار نیتریک اکساید با میانگین سالانه و تغییرات بارش ۲- و ۷ و ۱۴٪ در گندمزارهای شوش

نتیجه‌گیری

methane emission reduction in greenhouse gas, Iranian Soil and Water Research, 44 (1): 1-10. (In persian)

3. Fitton, N., Bindi, M., Brilli, L., Chicota, R., Dibari, C., Fuchs, K., Huguenin-Elie, O., Klumpp, K., Lieffering, M., Lüscher, A., Martin, R., McAuliffe, R., Merbold, L., Newton, P., Rees, R. M., Smith, P., Topp, C.F.E., Snow, V., 2019, Modelling biological N fixation and grass-legume dynamics with process-based biogeochemical models of varying complexity, European Journal of Agronomy, 106:58-66.

4. Hartman, M., Merchant, E.R., Parton, W.J., Gutmann, M.P., Lutz, S., Williams, S. A., 2011, Impact of historical land-use changes on greenhouse gas exchange in the U.S. Great Plains, 1883–2003, Ecological applications, 21(4):1105–1119.

5. Hartman, M. D. , Parton, W.J. , Del Grosso , S. J., Easter, M., Hendryx , J. , Hilinski ,T., Kelly, R., Keough, C.A. , Killian, K., Lutz, S., Marx, E., McKeown, R., Ogle, S., Ojima, D.S. , Paustian , K., Swan, A. W. S., 2016, DayCent Ecosystem Model. Colorado State University.

6. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability(Eds J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White) 1032 pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

7. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007, Summary for Policy Makers. The Physical Science Basis. Camb. Univ. Press. ISBN 0-444-42753-8, 7: 165-177.

8. MAJ (Ministry of Agriculture of the IR of Iran), 2014, Planning and Economics Department, Statistics Bank of Iranian Agriculture.

در این پژوهش انتشار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید در شالیزارهای برنج و اراضی گندم خوزستان با استفاده از مدل DAYCENT برآورد شد. سپس جهت بررسی تغییر شار این سه گاز در شرایط متفاوت دما (افزایش ۱، ۲/۵ و ۴/۲ درجه سانتیگرادی دما) و بارش (تغییر ۲-، ۷ و ۱۴٪ بارش)، نرخ شار گازهای متان، نیتروس اکساید و نیتریک اکساید در این شرایط شبیه‌سازی گردید. بر اساس نتایج مقایسه‌ای دو کشت گندم و برنج، بیش‌ترین میزان شار متان در شالیزارهای باغملک و بیش‌ترین میزان شار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید از گندمزراهای شوش به دست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده از سایر پژوهش‌ها (بخت فیروز و رائینی سرجاز، ۱۳۹۲؛ ویلر و همکاران، ۲۰۱۸)، اختلاف بین مزارع برنج و گندم از نظر انتشار گازها به دلیل وضعیت هوایی و غرقابی بودن آنهاست. در اراضی کشت برنج به دلیل ایجاد شرایط بی‌هوایی طی مدت زمان طولانی، میزان انتشار متان بالایی را شاهد بودیم. شالیزارهای برنج باغملک بدلیل اینکه حالت غرقابی دارند، از انتشار نیتروس اکساید و نیتریک اکساید جلوگیری می‌کنند. در این مزارع چون محتوای آب موجود در خاک از ظرفیت خاک بیشتر است، نیتروس اکساید به ازت احیاء می‌شود. نیتریک اکساید نیز در مزارع شالیزار برنج به صورت پالس‌هایی بعد از کوددهی و باران‌های سنگین خارج می‌شود. به همین دلایل نرخ شار گازهای نیتروس اکساید و نیتریک اکساید در گندمزراهای شوش بیشتر برآورد گردید. همچنین نتایج حاصل از گندمزراهای شوش با پژوهش فیتون و همکاران (۲۰۱۹)، صفری و عبدی (۱۳۹۵) و پورقاسمیان و مرادی (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

منابع

1. Ashtari, F., Sharififard, H., Shabankari, M., Kikavousi, A., Hashemifard, A., Afshan, A., Darvishi, N., 2014, Khuzestan Provincial, Green Book. (In persian)

2. Bakht Firooz, A., Raeini Sarjaz, M., 2017, The effect of paddy drainage systems on

- Journal of Agricultural Machinery, 6 (2): 476-487. (In persian)
13. Weiler, D. A., Tornquist, C. G., Zschornack, T., Ogle, S. M., Carlos, F. S., Bayer, C., 2018, Daycent Simulation of Methane Emissions, Grain Yield, and Soil Organic Carbon in a Subtropical Paddy Rice System, Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.42, ISSN 1806-9657.
14. Yao, Z., Zheng, X., Xie, B., Mei, B., Wang, R., Butterbach-Bahl, K., Zhu, J., and Yin, R., 2009, Tillage and crop residue management significantly affects N-trace gas emissions during the non-rice season of a subtropical rice-wheat rotation. Soil Biology and Biochemistry 41: 2131–2140.
15. Yue, Q., Cheng, K., Ogle, S., Hillier, J., Smith, P., Abdalla, M., Ledo, A., Sun, J. and Pan, G. 2019. Evaluation of four modelling approaches to estimate nitrous oxide emissions in China's cropland. Sci Total Environ., 20(652):1279-1289.
9. Malone, L. S., Keough, C., Staudhammer, C.L., Ryan, M. G., Parton, William J., Olivas, P., Oberbauer, S.F., Schedlbauer, J., Gregory, S. 2015. Ecosystem resistance in the face of climate change: a case study from the freshwater marshes of the Florida Everglades, Ecosphere, 6(4):1-23.
10. Mitchell, T.D., 2003, Pattern scaling: An Examination of the accuracy of the technique for describing future climates. Climatic Change, 60: 217-242.
11. Moradi, R., Pour Ghasemiyan, N., 2018, Investigation of greenhouse gas emissions and global warming potential due to the use of chemical inputs in the cultivation of important crops in Kerman province: - Cereals, Journal of Agricultural Ecology, 9 (2): 405-389. (In persian)
12. Safari, M., Abdi, R., 2016, Comparison of biogas production from rapeseed and wheat residues in combination with livestock manure,