



## بررسی میزان گسیل گازهای CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O و NO از اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: استان خوزستان)

نسرین مرادی مجد<sup>۱</sup>، غلامعباس فلاح قاله‌ری<sup>۲\*</sup>، منصور چترنور<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر برآورد شار گازهای CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O و NO در اراضی کشاورزی خوزستان شامل محصول مرکبات، گندم، خرما، نیشکر و برنج با استفاده از نرم افزار DAYCENT است. در ابتدا نمونه‌برداری و تعیین غلظت گاز خروجی در هر واحد زراعی انجام شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار DAYCENT انتشار گازهای مذکور در ایستگاه‌های مورد مطالعه شبیه‌سازی گردید. مطابق نتایج، بیشترین میزان انتشار N<sub>2</sub>O از خاک در گندمزارهای شوش (۰/۱۰۱ تن در هکتار در سال) و کمترین میزان در مزارع کشت و صنعت نیشکر شوشتر (۰/۰۰۲ تن در هکتار در سال) بوده است. متناظراً بیشترین میزان گسیل گاز NO از خاک در باغات مرکبات دزفول (۰/۱۵۲ تن در هکتار در سال) و کمترین در کشت و صنعت‌های نیشکر شوشتر (۰/۰۰۴ تن در هکتار در سال) تعیین شد. همچنین برای گاز متان بیشترین مقدار در شالیزارهای باغملک (۱/۳۶۹ تن در هکتار در سال) و کمترین در کشت و صنعت‌های نیشکر آبادان (۰/۱۲۰ تن در هکتار در سال) برآورد شد. با توجه به نقش بخش کشاورزی در گسیل گازهای گلخانه‌ای، استمرار پژوهش‌های مشابه در سایر مناطق کشور توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** استان خوزستان، گاز گلخانه‌ای، اراضی کشاورزی، DAYCENT

### مقدمه

(Motallebi). سهم کشاورزی در پدیده تغییر اقلیم حدود ۱۳/۵ درصد می‌باشد (IPCC, 2001). در این بین، حدود ۶۰ درصد از انتشار جهانی اکسیدنیترژن، ۳۹ درصد از انتشار جهانی متان و یک درصد از انتشار جهانی دی‌اکسیدنیترژن و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد. میزان انتشار جهانی N<sub>2</sub>O و NO از طریق فعالیت‌های مختلف کشاورزی به ترتیب حدود ۴/۸ - ۱/۷ و ۱/۶ تراگرم در سال گزارش شده است (Yao et al., 2009). منابع اصلی این گازها سوخت‌های فسیلی استفاده شده در فعالیت‌های کشاورزی، تلفات کربن خاک به دلیل عملیات خاک‌ورزی، سوزاندن بقایای گیاهان زراعی و درختان جنگلی، دامداری و استفاده از کودهای دامی، ساخت

تغییر اقلیم یک پدیده فراملی و جهانی در عصر حاضر می‌باشد که به عنوان مهم‌ترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است. اقلیم عامل بیرونی است که بسیاری از پدیده‌ها را دستخوش دگرگونی کرده (Bozarjomhari et al., 2013). بخش مهمی از تغییرات آب و هوا مربوط به تولید بیش از حد گازهای گلخانه‌ای است (Moharri, 2003). از جمله موضوعاتی که اقلیم بر آن اثر گذاشته و از آن تاثیراتی پذیرفته فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد (Bozarjomhari et al., 2013). بخش کشاورزی به‌عنوان منبع و ترسیب‌کننده چند گاز گلخانه‌ای مهم از جمله متان، اکسید نیتروس، دی‌اکسید کربن، آمونیاک، و اکسید نیتریک مطرح است (Bozarjomhari et al., 2009).

<sup>۲</sup> دانشیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران  
<sup>۲</sup> دانش آموخته فیزیک و آلودگی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۱</sup> دانش آموخته دکتری اقلیم‌شناسی کشاورزی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران  
(\*) نویسنده مسئول: [g.fallah@hsu.ac.ir](mailto:g.fallah@hsu.ac.ir)

نحوه ارجاع مقاله:

مرادی مجد، ن.، فلاح قاله‌ری، غ.، چترنور، م. ۱۴۰۱. بررسی میزان گسیل گازهای CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O و NO از اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: استان خوزستان). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۴۶-۵۴. DOI: 10.22125/agmj.2022.214342.1086  
Moradimajd, N., Fallahghalhari, G.A., Chaternour, M. 2022. Evaluation of CH<sub>4</sub>, NO and NO<sub>2</sub> emission from agricultural lands (Case study: Khuzestan province). Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 46-54. DOI: 10.22125/agmj.2022.214342.1086

مرحله‌ای و استفاده از نمونه‌گیری انتساب متناسب طبقه‌ای جمع‌آوری شد و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. Yue et al., (2018) چهار روش مدل‌سازی برای ارزیابی انتشار اکسید نیتروژن در حوزه کشاورزی چین را سنجیدند. مدل‌ها شامل (1) DAYCENT (2) DNDC (3) رگرسیون خطی (YLRM) و (4) عوامل انتشار اولویت IPCC می‌باشند. Begum et al., (2018) با استفاده از برآوردهای منطقه‌ای کربن خاک، پتانسیل گازهای گلخانه‌ای را با استفاده از مدل اکوسیستم مبتنی بر فرآیند DAYCENT در کشتزارهای برنج بنگلادش سنجیدند. Straube et al., (2018) توسعه مدل DAYCENT-Photo و ادغام متغیرهای ظرفیت فتوسنتزی برآوردهای تغییرات فصلی شار کربن در LTRM Niwot Ridge و جنگل هاروارد انجام دادند. DayCent-Photo توانست الگوهای شیب سالانه و فصلی برای NEE<sup>۱</sup>، GPP<sup>۲</sup>، تنفس اکوسیستم (RESP)<sup>۳</sup> و تبخیر-تعرق واقعی روزانه (AET)<sup>۴</sup> را بدست آورد. Weiler et al., (2018) شبیه‌سازی سالانه میزان انتشار متان و کربن آلی خاک در سیستم کشت برنج نیمه‌گرمسیری انجام دادند. DAYCENT برای عملکرد برنج، شبیه‌سازی کربن آلی خاک (SOC)<sup>۵</sup> و جریان متان خاک استفاده شد. مقایسه مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی جریان متان روزانه نشان داد که DAYCENT می‌تواند الگوهای کلی شار متان را با اختلاف کمی مقایسه کند. Fitton et al., (2018) مدل‌سازی ضریب بیولوژیکی نیتروژن و پویایی علفزار مبتنی بر فرآیند بیوژئوشیمیایی، APSIM و DAYCENT، در مقایسه با مجموعه داده‌های تجربی انجام داده‌اند. Lemma et al., (2021) پتانسیل بلندمدت ترسیب کربن خاک در مزارع کشاورزی کوچک در جنوب اتیوپی با مدل DAYCENT محاسبه کردند. در این پژوهش نتایج نشان داد که مقدار ترسیب کربن در بازه ۳۰ سال ۰/۳۲ - ۰/۲۷ میلی‌گرم کربن در هکتار در سال افزایش داشته است. همچنین Nyawira et al., (2021) شبیه‌سازی کربن آلی خاک در سیستم‌های کشت ذرت تحت بهبود مدیریت زراعی در غرب کنیا انجام دادند. در این پژوهش

و بهره‌برداری از کود نیتروژن است (Kochaki and Kamali, 2010). اثرات گرمایش زمین در خاورمیانه نیز به‌صورت خشکسالی و افزایش قابل توجه میزان آلودگی هوا بر اثر طوفان‌های خاکی و خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها در سال‌های اخیر نمود پیدا کرده است. ایران در حالی که سهم کوچکی از اقتصاد و جمعیت جهان را داراست، اما از نظر انتشار سرانه گازهای گلخانه‌ای، رتبه سی‌ام را در میان کشورهای جهان داراست. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش کشاورزی ایران از طریق مصرف کود (کودهای شیمیایی و حیوانی)، مدیریت فضولات حیوانی و سوزاندن ضایعات کشاورزی در مزرعه، از بسیاری از کشورهای پیشرفته مانند کانادا، ژاپن و ایتالیا بالاتر است (The Balance Sheet of Energy, 2014). در زمینه بررسی وضعیت تولید گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف، تا کنون مطالعات داخلی و خارجی متعددی صورت گرفته است. Parhizgar and Mozaffari (2016) به ارزیابی اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم بر عرضه و تقاضای آب آبیاری و تولیدات کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین پرداختند. در ابتدا با بهره‌گیری از مدل شبیه‌سازی RCM PRECIS اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای مختلف در حوزه‌های آبخیز استان قزوین بررسی شد. سپس، جهت بررسی میزان اثرگذاری متغیرهای دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب از روش حداقل مربعات معمولی (OLS)<sup>۱</sup> و تحلیل‌های رگرسیونی استفاده شد. در ادامه با لحاظ نمودن نتایج تحلیل رگرسیونی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)<sup>۲</sup>، میزان تغییرات به وجود آمده در عرضه و تقاضای آب آبیاری و تولیدات بخش کشاورزی در حوزه‌های آبخیز استان قزوین بررسی شد. Shakerian et al., (2017) تأثیر بهبود کارایی انرژی بر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در گلخانه‌های تولید خیار را در مقاله‌ای بررسی کردند. داده‌های مورد نیاز از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۸۱ گلخانه‌دار، با شناسایی گلخانه‌داران همگن، از طریق خوشه‌بندی دو

<sup>5</sup> Ecosystem Respiration<sup>6</sup> Actual Evapotranspiration<sup>7</sup> Soil Organic Carbon<sup>1</sup> Ordinary Least Square<sup>2</sup> Positive mathematical programming<sup>3</sup> Net Ecosystem Exchange<sup>4</sup> Gross Primary Production

اهمیت در تولید متان انتخاب شد و بدین جهت در این پژوهش سعی گردید تا تأثیر آن‌ها بر انتشار گازهای CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O و NO بررسی گردد.

### مواد و روش‌ها

مدل DAYCENT در زبان برنامه‌نویسی FORTRAN و C نوشته شده است و می‌تواند از پنجره DOS بر روی کامپیوتر یا یک پلت‌فرم یونیکس/لینوکس استفاده شود. این مدل شبیه‌سازی روزانه C، N، P و S را با استفاده از چرخه سالانه در قرن‌ها و هزاره پردازش می‌کند. سیستم انتخاب می‌کند علفزار/کشتزار، جنگل یا ساوانا را به‌عنوان یک مدل فرعی تولید شده، برای تولید بالقوه منحنی اولیه که نماینده جامعه گیاهی خاص محسوب می‌شود. محیط DAYCENT (شکل ۱) شامل تعدادی از فایل‌های پارامتری، فایل برنامه، فایل وضعیت آب و هوا و بسیاری از فایل‌های خروجی است. فایل‌های پارامتر ورودی با یک پسوند "۱۰۰" استفاده می‌شود. فایل‌های پارامتر ورودی منحصر به DAYCENT دارای فرمت ".in" است. فایل‌های آب و هوای روزانه دارای پسوند ".wth" هستند. همه فایل‌های پارامتر ورودی (\*.dat، \*.in، \*.۱۰۰)، فایل‌های هواشناسی (\*.wth) و برنامه (\*.sch) فایل‌های متنی هستند که می‌توانند با هر ویرایشگر متن به روز شوند. فایل‌های باینری خروجی با ".bin"، ".out" و ".csv" هستند. فایل‌های باینری خروجی قابل خواندن نیستند و برنامه List100 برای استخراج مقادیر از فایل باینری استفاده می‌شود و آن‌ها را به یک فایل متنی با پسوند ".lis" ارسال می‌کند (Hartman et al, 2016).

### نتایج و بحث

یافته‌ها در شالیزارهای باغملک (ایستگاه ۱): نتایج شار CH<sub>4</sub> مدل شده سایت باغملک، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب ۱/۳۶۹، ۰/۸۰۵ و ۱/۷۰۱ ton·CH<sub>4</sub>·he·yr<sup>-1</sup> می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار CH<sub>4</sub> در سایت باغملک ۳/۶ درصد بود. نتایج شار گاز N<sub>2</sub>O مدل شده سایت باغملک، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۱۵ ton·N<sub>2</sub>O·he·yr<sup>-1</sup> می‌باشد.

میزان تلفات سالانه کربن ۰/۳۲ تا ۰/۳۵ میلی‌گرم در هکتار در سال بدست آمد. (Gurung et al., 2021) نیز مدلسازی انتشار آمونیاک از کاربرد اوره به خاک‌های کشاورزی در مدل DayCent انجام دادند. در این پژوهش میزان انتشار آمونیاک ۱۰۶-۱۰۲ گرم آمونیاک در روز در هکتار بدست آمد. پژوهش حاضر یک بررسی کاربردی تحلیلی است که از منابع کتابخانه‌ای اسنادی، مقالات علمی - پژوهشی و یافته‌های آماری و با کمک نرم‌افزار DAYCENT جهت مطالعه شار تولیدی CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O و NO در اکوسیستم‌های کشاورزی خوزستان برای کشت مرکبات، گندم، خرما، نیشکر و برنج استفاده شده است. مدل DAYCENT به دلیل کارایی و پوشش دادن عوامل موثر در انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع از جمله موقعیت جغرافیایی، عوامل اقلیمی، عوامل خاکشناسی، زمان رشد و عملیات مدیریتی در این پژوهش به کار گرفته شد (جدول ۱).

Table 1- Input data in DayCent model

جدول ۱- داده‌های ورودی در مدل DayCent

Data items	DAYCENT
Geographical location	Longitude latitude
Climate factors	Daily maximum temperature Daily minimum temperature Daily Precipitation N deposition
	Soil clay, silt and sand fractions Soil bulk density pH
	Crop type Sowing date Harvested date
Management practices	N applied rate, date and type Irrigating amount and date Tillage intensity and date straw returning amount

دلیل انتخاب کشت نیشکر قدمت تاریخی و تنها تولیدکننده این گیاه در خوزستان می‌باشد. به طوری که در حال حاضر برنامه توسعه نیشکر خوزستان یکی از بزرگ‌ترین طرح‌های ملی ایران است. انتخاب سایر کشت‌ها به دلیل، رتبه نخست خوزستان در تولید گندم در ۷ سال گذشته و رتبه نخست تولید خرما و نیز سطح بالای زیر کشت باغات مرکبات در منطقه دزفول در این استان است. کشت برنج نیز به دلیل

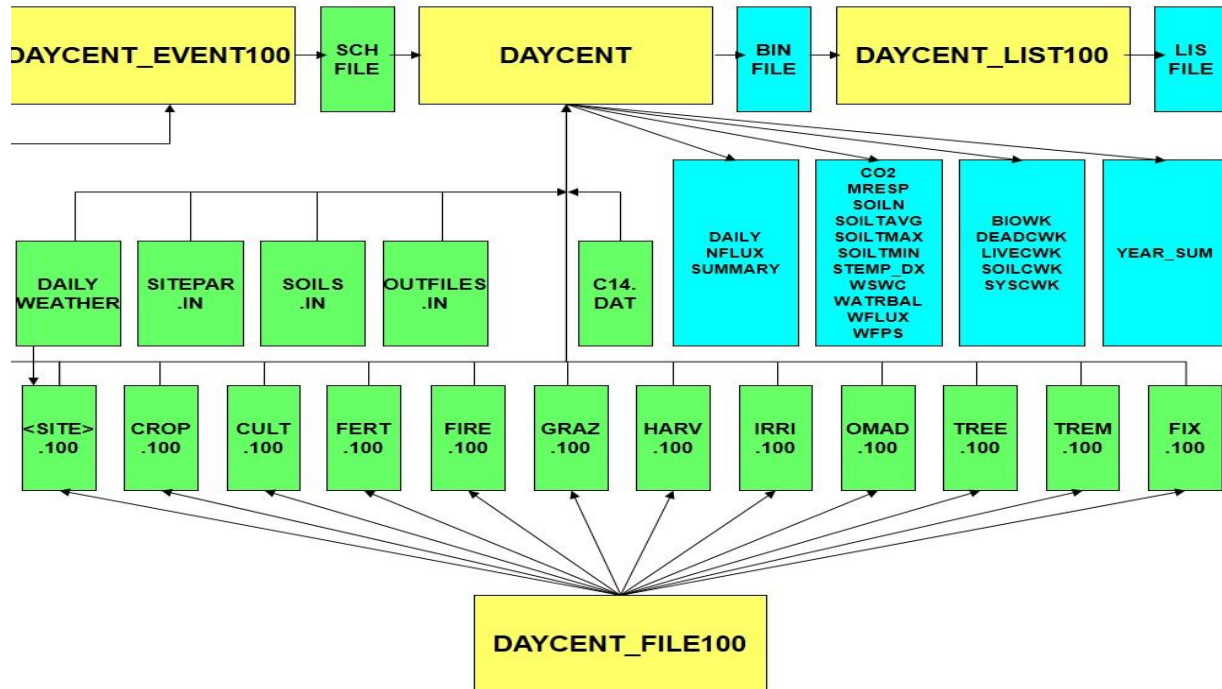


Figure 1- Chart of files in DayCent environment  
 شکل ۱- نمودار پوشه‌های موجود در محیط DayCent

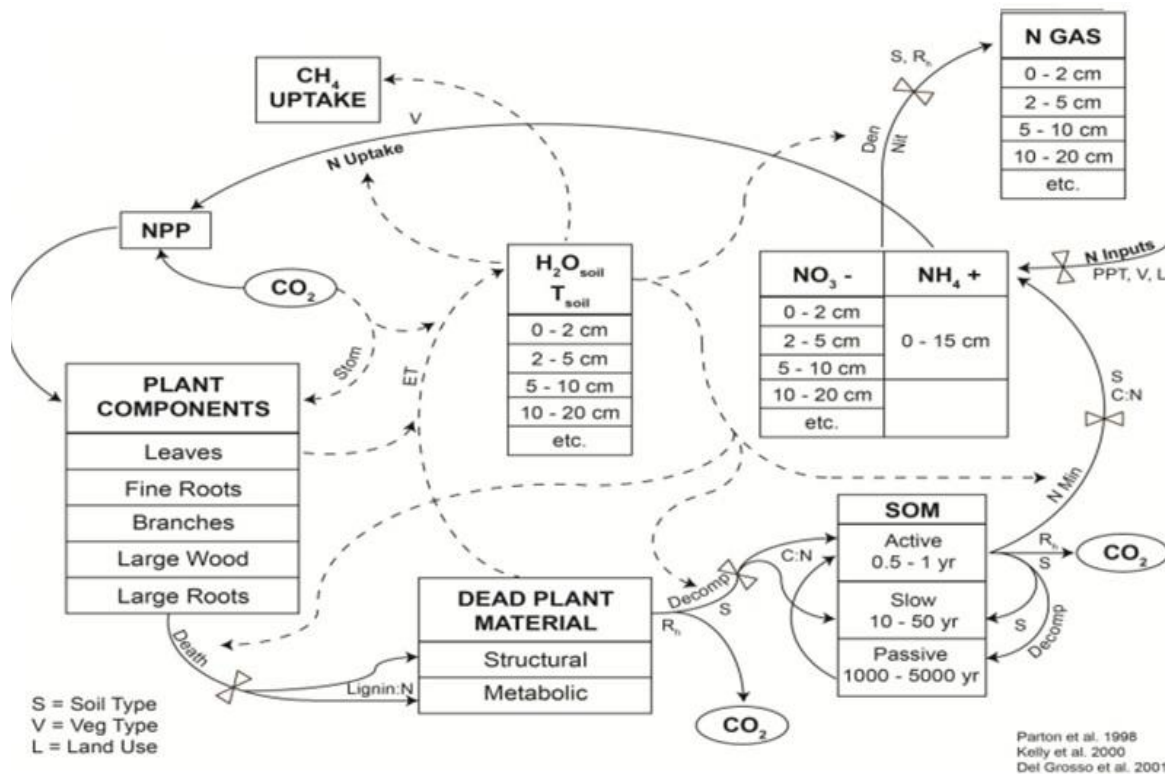


Figure 2- Gas flow chart in DayCent model  
 شکل ۲- نمودار جریان گاز در مدل DayCent

درصد ضریب تغییرات  $0.077 \text{ ton} \cdot \text{N}_2\text{O} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{N}_2\text{O}$  در سایت آبادان  $78/6$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{NO}$  مدل شده سایت آبادان، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.129$ ،  $0.036$  و  $0.637 \text{ ton} \cdot \text{NO} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{NO}$  در سایت آبادان  $80/0$  درصد بود.

#### یافته‌ها در کشت و صنعت‌های نیشکر شوشتر

(ایستگاه ۵): نتایج شار  $\text{CH}_4$  مدل شده سایت شوشتر، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.160$ ،  $0.100$  و  $0.600 \text{ ton} \cdot \text{CH}_4 \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{CH}_4$  در سایت شوشتر  $3/8$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{N}_2\text{O}$  مدل شده سایت شوشتر، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.002$ ،  $0.001$  و  $0.039 \text{ ton} \cdot \text{N}_2\text{O} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{N}_2\text{O}$  در سایت شوشتر  $48/2$  درصد بود. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{NO}$  در سایت شوشتر،  $53/5$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{NO}$  مدل شده سایت شوشتر، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.004$ ،  $0.001$  و  $0.154 \text{ ton} \cdot \text{NO} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد.

#### یافته‌ها در کشت و صنعت‌های نیشکر آبادان

(ایستگاه ۶): نتایج شار  $\text{CH}_4$  مدل شده سایت آبادان، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.120$ ،  $0.082$  و  $0.570 \text{ ton} \cdot \text{CH}_4 \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{CH}_4$  در سایت آبادان  $4/2$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{N}_2\text{O}$  مدل شده سایت آبادان، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.002$ ،  $0.002$  و  $0.044 \text{ ton} \cdot \text{N}_2\text{O} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{N}_2\text{O}$  در سایت آبادان  $59/3$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{NO}$  مدل شده سایت آبادان، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.006$ ،  $0.003$  و  $0.165 \text{ ton} \cdot \text{NO} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{NO}$  در سایت آبادان  $78/5$  درصد بود.

در ادامه میانگین، کمینه و بیشینه و درصد ضریب تغییرات شار  $\text{CH}_4$ ،  $\text{N}_2\text{O}$  و  $\text{NO}$  در سال جهت کشت مرکبات، گندم، خرما، نیشکر و برنج در جدول ۲ آورده شده است. همچنین مقایسه جریان سه گاز  $\text{CH}_4$ ،  $\text{N}_2\text{O}$  و  $\text{NO}$  در شش سایت مورد بررسی در اشکال ۳ تا ۵ به طور جداگانه نشان داده شده است.

درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{N}_2\text{O}$  در سایت باغملک  $1/2$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{NO}$  مدل شده سایت باغملک، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.01$ ،  $0.001$  و  $0.011 \text{ ton} \cdot \text{NO} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{NO}$  در سایت باغملک  $0/5$  درصد بود.

#### یافته‌ها در گندمزارهای شوش (ایستگاه ۲): نتایج شار

$\text{CH}_4$  مدل شده سایت شوش، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.106$ ،  $0.043$  و  $0.110 \text{ ton} \cdot \text{CH}_4 \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{CH}_4$  در سایت شوش  $3/9$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{N}_2\text{O}$  مدل شده سایت شوش، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.101$ ،  $0.070$  و  $0.200 \text{ ton} \cdot \text{N}_2\text{O} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{N}_2\text{O}$  در سایت شوش  $67/3$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{NO}$  مدل شده سایت شوش، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.111$ ،  $0.085$  و  $0.242 \text{ ton} \cdot \text{NO} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{NO}$  در سایت شوش  $56/5$  درصد بود.

#### یافته‌ها در باغات مرکبات دزفول (ایستگاه ۳): نتایج

شار  $\text{CH}_4$  مدل شده سایت دزفول، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.448$ ،  $0.378$  و  $0.501 \text{ ton} \cdot \text{CH}_4 \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{CH}_4$  در سایت دزفول  $2/4$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{N}_2\text{O}$  مدل شده سایت دزفول، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.011$ ،  $0.002$  و  $0.048 \text{ ton} \cdot \text{N}_2\text{O} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{N}_2\text{O}$  در سایت دزفول  $49/3$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{NO}$  مدل شده سایت دزفول، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.152$ ،  $0.030$  و  $0.674 \text{ ton} \cdot \text{NO} \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{NO}$  در سایت دزفول  $52/1$  درصد بود.

#### یافته‌ها در نخلستان‌های آبادان (ایستگاه ۴): نتایج

شار  $\text{CH}_4$  مدل شده سایت آبادان، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.398$ ،  $0.331$  و  $0.432 \text{ ton} \cdot \text{CH}_4 \cdot \text{he} \cdot \text{yr}^{-1}$  می‌باشد. درصد ضریب تغییرات برای شار  $\text{CH}_4$  در سایت آبادان  $5/2$  درصد بود. نتایج شار گاز  $\text{N}_2\text{O}$  مدل شده سایت آبادان، میانگین، کمینه و بیشینه به ترتیب  $0.014$ ،  $0.004$  و

بر اساس شکل ۳ میزان انتشار  $N_2O$  از خاک بیشترین تا کمترین به ترتیب ۱- گندمزارهای شوش ۲- نخلستان‌های آبادان ۳- باغات مرکبات دزفول ۴- شالیزارهای باغملک ۵- کشت و صنعت‌های نیشکر آبادان ۶- کشت و صنعت‌های نیشکر شوش تعیین شد. همچنین بر اساس شکل ۴ میزان انتشار  $NO$  از خاک بیشترین تا کمترین به ترتیب ۱- نخلستان‌های آبادان ۲- گندمزارهای شوش ۳- شالیزارهای باغملک ۴- باغات مرکبات دزفول ۵- کشت و صنعت‌های نیشکر آبادان ۶- کشت و صنعت‌های نیشکر شوش بدست آمد. بر اساس شکل ۵ میزان انتشار متان از خاک بیشترین تا کمترین به ترتیب ۱- شالیزارهای باغملک ۲- باغات مرکبات دزفول ۳- نخلستان‌های آبادان ۴- گندمزارهای شوش ۵- کشت و صنعت‌های نیشکر آبادان ۶- کشت و صنعت‌های نیشکر شوش تعیین شد.

Table 2- Mean, minimum, maximum and CV (%) flux of  $CH_4$ ,  $N_2O$  and  $NO$  per hectare per year

جدول ۲- میانگین، کمینه و بیشینه و درصد ضریب تغییرات شار  $CH_4$ ،  $N_2O$  و  $NO$  در هکتار در سال

Variable	Site	Mean	Min	Max	CV
$CH_4$ Flux	1	1.369	0.805	1.701	3.6
$N_2O$ Flux		0.010	0.001	0.015	1.2
$NO$ Flux		0.010	0.001	0.011	0.5
$CH_4$ Flux	2	0.106	0.043	0.110	3.9
$N_2O$ Flux		0.101	0.070	0.20	67.3
$NO$ Flux		0.111	0.085	0.242	56.5
$CH_4$ Flux	3	0.448	0.378	0.501	4.2
$N_2O$ Flux		0.011	0.002	0.048	49.3
$NO$ Flux		0.152	0.030	0.674	52.1
$CH_4$ Flux	4	0.398	0.331	0.432	5.2
$N_2O$ Flux		0.014	0.004	0.077	78.6
$NO$ Flux		0.129	0.036	0.637	80.0
$CH_4$ Flux	5	0.160	0.100	0.600	3.8
$N_2O$ Flux		0.002	0.001	0.039	48.2
$NO$ Flux		0.004	0.001	0.154	53.5
$CH_4$ Flux	6	0.120	0.082	0.570	4.2
$N_2O$ Flux		0.002	0.002	0.044	59.3
$NO$ Flux		0.006	0.003	0.165	78.5

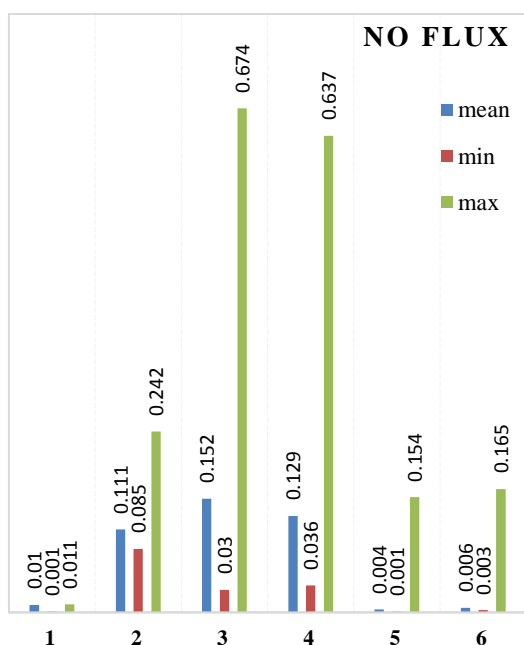


Figure 4- Comparative graph of the  $NO$  flux between the sites studied

شکل ۴- نمودار شار  $NO$  در بین سایت‌های مورد مطالعه



Figure 3- Comparative graph of  $N_2O$  flux between the sites studied

شکل ۳- نمودار شار  $N_2O$  در بین سایت‌های مورد مطالعه

میلیون تن گاز گلخانه‌ای تولید می‌کند. این رقم ایران را در رتبه نهم کشور تولیدکننده گاز گلخانه‌ای جهان قرار داده است. وزارت نفت، صنایع، نیرو، جهادکشاورزی، سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت کشور و شهرداری‌های سراسر کشور با منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای را دقیقاً شناسایی و تحت کنترل و مدیریت خود درآوردند. بخش کشاورزی به‌عنوان منبع و ترسیب‌کننده چند گاز گلخانه‌ای مهم از جمله متان، اکسید نیتروس، دی‌اکسید کربن، آمونیاک و اکسید نیتریک مطرح است. نتایج نشان داد که پایین آوردن سطح ایستایی در خاک‌های آلی می‌تواند اثرات قابل توجهی بر انتشار گازهای نادر داشته باشد. فرآیندهایی که موجب انتشار گازهای ازت می‌شوند، به طور غیر خطی به کنترل‌های مهم مانند مقدار آب خاک پاسخ می‌دهند. در حالت غرقابی  $N_2O$  و  $NO$  بسیار ناچیز و در حد صفر می‌باشد. به دلیل اینکه  $N_2O$  تولید شده در فرآیند دنیتریفیکاسیون کاملاً به  $N_2$  احیا شده است. شالیزارهای برنج باغملک به دلیل اینکه حالت غرقابی دارند از انتشار  $N_2O$  جلوگیری می‌کنند. در این مزارع چون مقدار آب موجود در خاک از ظرفیت خاک بیشتر باشد،  $N_2O$  به  $N_2$  احیاء می‌شود.  $NO$  نیز در مزارع شالیزار برنج به صورت پالس‌هایی بعد از کوددهی و باران‌های سنگین خارج می‌شود. به همین دلایل نرخ شار گازهای  $N_2O$  و  $NO$  در بقیه سایت‌ها بیشتر برآورد شده است. نتایج نرخ شار  $N_2O$  و  $NO$  نیز در بین بقیه سایت‌های مدل شده مشابه بود. با این حال، در مقیاس زمانی کوچک‌تر تفکیک به دقت شبیه‌سازی انتشار گاز نیتروژن از خاک بستگی دارد، زیرا فرآیندهایی که موجب انتشار گازهای ازت می‌شوند، به طور غیر خطی به کنترل‌های مهم مانند مقدار آب خاک پاسخ می‌دهند. میزان نفوذ آب و میزان انتشار گاز تحت تأثیر بافت خاک هستند و به پیامد آن بافت خاک در انتشار  $N_2O$  مؤثر است. انتشار  $N_2O$  در خاک‌های با بافت ریز بیشتر است. همچنین میزان انتشار اکسید نیتروس به شدت به میزان کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار وابستگی دارد. اضافه کردن مواد مغذی نظیر فسفر و مواد آهکی نظیر  $CaCO_3$  می‌تواند انتشار  $N_2O$  از خاک را در بعضی مناطق افزایش دهد. دمای خاک نیز با انتشار  $N_2O$  ارتباط مستقیم دارد و با افزایش دمای خاک از ۵ درجه سانتی‌گراد به ۴۰ درجه سانتی‌گراد این انتشار افزایش می‌یابد. فرایند شار

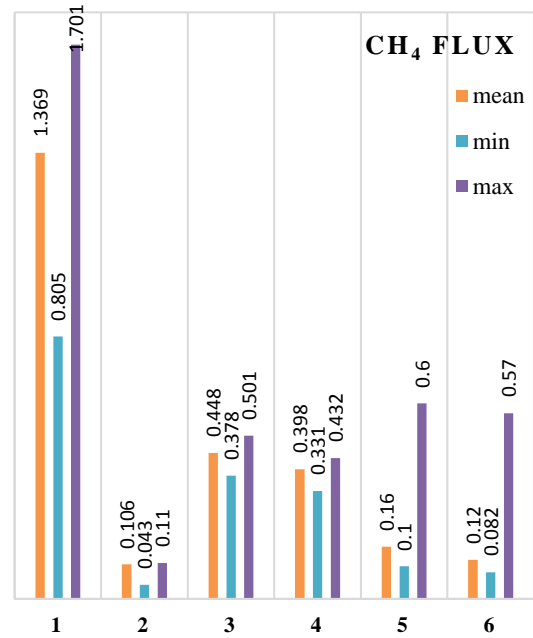


Figure 5 - Comparative graph of the methane flux between the sites studied

شکل ۵ - نمودار مقایسه‌ای شار متان در بین سایت‌های مورد مطالعه

## نتیجه‌گیری

Daily Century یا DAYCENT نسخه روزانه مدل Century است. Century در یک گام زمانی ماهانه عمل می‌کند و 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 توسط ویلیام پارتون، دنیس اوجیما و ملانی هارتمن منجر شد. این مطالعه با هدف بررسی میزان تصاعد گازهای  $CH_4$ ،  $N_2O$  و  $NO$  از اراضی تحت کشت برنج، گندم، نیشکر، باغات مرکبات و نخلستان که جزو محصولات اصلی مورد کشت و کار در خوزستان می‌باشند، با نرم‌افزار DAYCENT طرح‌ریزی و اجراء گردید. بر اساس اعلام بانک جهانی در سال ۲۰۰۰ میلادی تولید گاز گلخانه‌ای کشور ۳۱۵ میلیون تن بود اما با گذشت ۱۵ سال هم‌اکنون ایران سالانه بیش از ۵۵۰

- varying complexity. *European Journal of Agronomy*, 106, 58-66.
- Gurung, R. B., Ogle, S. M., Breidt, F. J., Williams, S., Zhang, Y., Del Grosso, S. J., Parton W.J., Paustian, K. 2021. Modeling ammonia volatilization from urea application to agricultural soils in the DayCent model, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 119, 259-273.
- Hartman, Melannie 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., Williams, S. 2016. DayCent Ecosystem Model, Colorado State University.
- 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.
- Kochaki, A. R., Kamali, A. 2009. Climate Change and Rainfed Wheat Production in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 8(3), 508-520. (In Farsi)
- Lemma, B., Williams, S., Paustian, K. 2021. Long term soil carbon sequestration potential of smallholder croplands in southern Ethiopia with DAYCENT model. *Journal of Environmental Management*, 294, 112893. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112893.
- Nyawira, S.S., Hartman, M.D., Nguyen, T.H., Margenot, A.J., Kihara, J., Paul, B.K., Williams, S., Bolo, P., Sommer, R. 2021. Simulating soil organic carbon in maize-based systems under improved agronomic management in Western Kenya. *Soil and Tillage Research*, 11, 105000.
- Moharri, A. 2003. The Role of Domestic Animals in the Production of N<sub>2</sub>O as a Greenhouse Gas. Third Regional Climate Change Conference, Isfahan, Iran Meteorological Organization, University of Isfahan. (In Farsi)
- Motallebi, M., Ghorbani, M., Danesh, Sh., Darijani, A., Koocheki, A.R. Danesh Mesgaran, M. 2009. Estimation and Valuation of greenhouse gases in Khorasan Razavi Dairy farms and recognition of its influencing factors (Case Study Mashhad). Master of Science Thesis, University of Mashhad.
- Parhizgar, A., Mozaffari, M.M. 2016. Assessing the Impacts of Greenhouse Gas Emissions and Climate Change on the Supply and Demand of Irrigation Water and Agricultural Production in Qazvin Watersheds, *Journal of Watershed Management*, 7(14), 141-151. (In Farsi)
- Shakerian, M., Yousefi, A., Amini, A. M. 2017. The Effect of Improving Energy Efficiency on Reducing Carbon Dioxide Emissions in Cucumber
- متان توسط خاک فرآیندی طولانی مدت است و تحت تأثیر شرایطی که خاک طی روزها و هفته های قبل داشته، قرار می‌گیرد. شار متان توسط خاک همبستگی نزدیکی با فعالیت باکتری‌های اکسید کننده متان در خاک دارد. بنا به شرایط رطوبتی و دمایی خاک، میزان فشرده‌گی خاک، نسبت منافذ هوازی به منافذ بی‌هوازی، مقدار ماده آلی خاک و درجه پوسیدگی آن، فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده متان نسبت به فعالیت متانوژن‌ها و عوامل دیگر متفاوت است در نتیجه به طور غیرمستقیم خاک تولید یا مصرف این گاز را کنترل می‌کند. اختلاف بین مزارع شالیزار و بقیه کشت‌ها از نظر تصاعد گاز متان به دلیل با وضعیت بی‌هوازی و غرقابی بودن آن‌هاست. در مزرعه کشت برنج با آبیاری غرقابی با ایجاد شرایط بی‌هوازی طی مدت زمان طولانی مشاهده شد که میزان تصاعد متان بالایی وجود دارد و ملاحظه گردید که تصاعد گاز متان در مزرعه برنج نسبتاً بالا می‌باشد، درحالی‌که مزرعه گندم متان اتمسفری را جذب می‌کند. این پژوهش نشان داد که شوشتر، شوش و دزفول با سطح متوسط بارش بیشتر، شار CH<sub>4</sub> بالاتری را نسبت به نخلستان و کشت و صنعت‌های آبادان دارند. در جمع‌بندی کلی توجه به جایگاه و اهمیت بخش کشاورزی در تولید گازهای گلخانه‌ای، تعهد ایران به پیمان کیوتو برای برآورد و اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای و عدم وجود برآوردی از ارزش میزان انتشار این گازها و هزینه زیست‌محیطی آن در فرآیند آماده‌سازی، تولید و توزیع این محصولات، لازم است میزان انتشار این گازها در کشور محاسبه شود.

## منابع

- Begum, K., Kuhnert, M., Yeluripati, J., Ogle, S., William Parton, W., Kader, M.A., Smith, P. 2018. Model based regional estimates of soil organic carbon sequestration and greenhouse gas mitigation potentials from rice croplands in Bangladesh, *Land*, 7, 82. doi:10.3390/land7030082.
- 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



- Simulation of Methane Emissions, Grain Yield, and Soil Organic Carbon in a Subtropical Paddy Rice System. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, doi:10.1590/18069657rbc20170251.
- Yao, Z., Zheng, X., Xie, B., Mei, B., Wang, R., Butterbach-Bahl, K., Zhu, J., 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.
- Yue, Q., Cheng, K., Ogle, S., Hillier, J., Smith, P., Abdalla, M., Ledo, A., Sun, J., Pan, G. 2019. Evaluation of four modelling approaches to estimate nitrous oxide emissions in China's cropland. *Science of the Total Environment*, 652, 1279-1289.
- Greenhouses. *Science and Technology of Greenhouse Culture*, 8 (3), 13-24. (In Farsi)
- Bozorgomahri, K., Ismaili, S., Vesal, S. 2012. Investigating the Interactions of Climate (Greenhouse Gas and Methane) and Agriculture (Rice Product). the First National Conference on Climate Change and Food Security. (In Farsi)
- Straube, J. R., Chen, M., Parton, W. J., Asso, Sh., Liu, Y. A., Ojima, D. S., Gao, W. 2018. Development of the DayCent-Photo model and integration of variable photosynthetic capacity. *Frontiers of Earth Science*, 12(4), 765-778.
- The Balance Sheet of Energy. 2014. Department of Energy, Power and Energy Affairs.
- Weiler, D. A., Tornquist, C. G., Zschornack, T., Ogle, S. M., Carlos, F.S., Bayer, C. 2018. Daycent



## Evaluation of CH<sub>4</sub>, NO and NO<sub>2</sub> emission from agricultural lands (Case study, Khuzestan province)

N. Moradimajd<sup>1</sup>, G.A. Fallahghalhari<sup>2\*</sup>, M. Chaternour<sup>3</sup>

Received: 06/08/2020

Accepted: 05/12/2021

### Abstract

The purpose of this study is estimation of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural lands, including citrus, wheat, date, sugarcane and rice in Khuzestan province, Iran. The actual concentration of each gas was determined by sampling from study sites. The DAYCENT model was used to simulate corresponding values of emission from each farm in selected sites. According to results, the highest and lowest annual amount of N<sub>2</sub>O emission were obtained in wheat and sugarcane farms of Shooshtar, 0.10 t.ha<sup>-1</sup> and 0.002 t.ha<sup>-1</sup>, respectively. Similarly, the highest and lowest amounts of NO emission were observed in citrus orchards of Dezful and Shooshtar sugarcane fields, i.e. 0.152 and 0.004 t/ha, respectively. Average CH<sub>4</sub> emission was highest for the paddy fields of Baghmalek and lowest in Abadan sugarcane farms with 1.369 and 0.12 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, respectively. Considering the major contribution of agriculture in emission of greenhouse gasses, further studies in other regions of the country is recommended.

**Keywords:** Khuzestan Province, Greenhouse gasses, DAYCENT



<sup>1</sup> Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

<sup>2</sup> Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

(\*Corresponding Author Email Address: [g.fallah@hsu.ac.ir](mailto:g.fallah@hsu.ac.ir))

<sup>3</sup> Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

مرادی مجد، ن.، فلاح قاله‌ری، غ.، چترنور، م. ۱۴۰۱. بررسی میزان گسیل گازهای CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O و NO از اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: استان خوزستان). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۴۶-۵۴. DOI: 10.22125/agmj.2022.214342.1086

Moradimajd, N., Fallahghalhari, G.A., Chaternour, M. 2022. Evaluation of CH<sub>4</sub>, NO and NO<sub>2</sub> emission from agricultural lands (Case study: Khuzestan province). Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 46-54. DOI: 10.22125/agmj.2022.214342.1086