

Evaluation of Soil Properties Effects on Greenhouse Gases in Agricultural lands of Semnan Province (Case study: Bastam region)

Mir Naser Navidi^{1*}, Mansour Chatrenour², Nasrin Moradimajd³, Javad Seyedmohammadi⁴

Received: 20 October 2021 Accepted: 04 June 2022

1- Assoc. Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2- Researcher, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3- PhD Graduated, Dept. Geomorphology & Meteorology, Faculty of Geography & Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

4- Assist. Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding Author Email: n.navidi@areeo.ac.ir

Abstract

Objectives: In recent years, the increased of greenhouse gases due to agricultural activities has been significant. The purpose of this study is to investigate the extent of carbon dioxide and methane emissions in agricultural lands of Semnan province and Bastam region, including: apricots, grapes, wheat, barley, corn, forage and pastures.

Materials and Methods: For this purpose, soil samples were taken from a depth of 0-30 cm. Soil properties including salinity, pH, percentage of sand, silt and clay, organic matter, total nitrogen, phosphorus, potassium and calcium carbonate were measured. Closed static chambers were used for gas sampling and in each cultivated and used product, 3 to 5 points and total of 31 points were selected. Finally, the amount of greenhouse gas, global warming potential and environmental costs were calculated.

Results: Based on the results, the highest carbon dioxide emissions were observed for fodder corn in autumn with an average of $3 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$ and the lowest emissions for pastures in autumn with an average of $0.25 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$. For methane gas, the results showed that forage corn in the two autumn seasons had the highest gas emissions with an average of $3 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$ and the lowest emissions for pastures in autumn with an average of $1.03 \text{ g} / \text{m}^2 / \text{day}$. Also, the results of the correlation test of the emitted gases with the soil properties showed a positive and significant correlation of 0.45 and 0.48 of soil organic carbon with the evolution of two gases, carbon dioxide and methane, respectively. Also, both gases showed a significant correlation of 0.43 at the 5% level. The highest global warming potential for fodder corn in spring was set at 85 tons equivalent to carbon dioxide and the lowest global warming potential for pasture in spring was set at 48.01 tons equivalent to carbon dioxide. Finally, the highest environmental cost of propagation from fodder corn cultivation with the amount of 72728.81 Rials per hectare and the lowest environmental cost of propagation from pastures with the amount of 44316.33 Rials per hectare was estimated.

Conclusion: The results showed that the average emission of greenhouse gases was significant among the mentioned lands. Also, the rate of emission of gases was higher in spring than in autumn, which is predictable due to rising temperatures. Due to the arid and steppe region of Bastam and its unstable ecosystem, compensation for carbon loss in such ecosystems will be irreparable due to the slow process of carbon sequestration and storage.

Keywords: Global Warming Potential, Soil Properties, Carbon Gases, Semnan Province, Closed Chamber

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های خاک بر روند تصاعد گازهای گلخانه‌ای در اراضی کشاورزی استان سمنان (مطالعه موردی: منطقه بسطام)

میرناصر نویدی^{۱*}، منصور چترنور^۲، نسرين مرادی مجد^۳، جواد سید محمدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۴

۱-دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲-همکار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳-دانش‌آموخته دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۴-استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: n.navidi@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف: در سال‌های اخیر تصاعد گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های کشاورزی قابل‌توجه بوده است. هدف از این تحقیق بررسی میزان تصاعد گازهای دی اکسید کربن و متان در اراضی کشاورزی استان سمنان و منطقه بسطام شامل: زردآلو، انگور، گندم، جو، ذرت علوفه‌ای و مراتع است.

مواد و روش‌ها: برای این منظور نمونه‌های خاک از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری برداشت شد. ویژگی‌های خاک شامل شوری، pH، درصد شن، سیلت و رس، ماد آلی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و کربنات کلسیم معادل اندازه‌گیری شدند. از اتاقک‌های بسته ساکن برای نمونه‌برداری گاز استفاده شد و در هر محصول کشت شده و کاربری، تعداد ۳ تا ۵ نقطه و مجموع ۳۱ نقطه انتخاب شدند. در نهایت مقدار گاز گلخانه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی و هزینه‌های زیست‌محیطی محاسبه گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج بیش‌ترین تصاعد گاز دی اکسید کربن برای ذرت علوفه‌ای در فصل پاییز، با میانگین ۳ گرم در مترمربع در روز و کمترین تصاعد برای مرتع در فصل پاییز با میانگین ۰/۲۵ گرم در مترمربع در روز مشاهده گردید. برای گاز متان نتایج نشان داد که ذرت علوفه‌ای در دو فصل پاییز دارای بیش‌ترین تصاعد گاز با میانگین ۳ گرم کربن در مترمربع در روز و کمترین تصاعد برای مرتع در فصل پاییز با میانگین ۱/۰۳ گرم کربن در مترمربع در روز بود. همچنین نتایج آزمون همبستگی گازهای متصاعد شده با ویژگی‌های خاک حاکی از همبستگی مثبت و معنی‌دار به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۸ کربن آلی خاک با تصاعد دو گاز دی اکسید کربن و متان بود. همچنین هر دو گاز با همدیگر همبستگی معنی‌دار ۰/۴۳ را در سطح ۵ درصد نشان دادند. بیش‌ترین پتانسیل گرمایش جهانی برای کشت ذرت علوفه‌ای در فصل بهار با میزان ۸۵ تن معادل دی اکسید کربن و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی برای مرتع در فصل بهار با میزان ۴۸/۰۱ تن معادل دی اکسید کربن تعیین شد. در نهایت بیش‌ترین هزینه محیط‌زیستی انتشار از کشت ذرت علوفه‌ای با مقدار ۷۲۷۲۸/۸۱ ریال در هکتار و کمترین هزینه محیط‌زیستی انتشار از مراتع با مقدار ۴۴۳۱۶/۳۳ ریال در هکتار برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از معنی‌داری میانگین تصاعد گازهای گلخانه‌ای در بین اراضی مذکور بود، همچنین میزان تصاعد گازها در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز بوده که به دلیل افزایش دما قابل پیش‌بینی است. با توجه خشک و استپی بودن منطقه بسطام و اکوسیستم ناپایدار آن، جبران خسارات ناشی از هدر رفت کربن در چنین اکوسیستم‌هایی با توجه به روند کند ترسیب ذخیره کربن، غیرقابل جبران خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل گرمایش جهانی، ویژگی‌های خاک، گازهای کربنه، استان سمنان، اتاقک بسته

مقدمه

تغییرات آب و هوایی در چند دهه اخیر در اثر فعالیت‌های بشری شدت بیشتری گرفته که اثرات فراوانی بر تولیدات کشاورزی داشته است (امیر نژاد و اسد پور کردی ۲۰۱۷). گرمایش جهانی نقش مهمی را در نگرش‌های آینده در تنظیم فعالیت‌های کشاورزی متناسب با توان محیط ایفا می‌کند (باباییان و کوهی ۲۰۱۲؛ مرادی مجد و همکاران ۲۰۲۲). خاک‌های کشاورزی منبع اصلی گازهای گلخانه‌ای اتمسفر و مشارکت‌کننده اصلی تغییرات اقلیمی جهانی هستند و در میان آن‌ها دی اکسیدکربن به تنهایی ۲۵ درصد از گازهای گلخانه‌ای متصاعد شده از اراضی کشاورزی را شامل می‌شود (کرگانوا و همکاران ۲۰۰۳). در فرآیند تصاعد کربن خاک به اتمسفر، کربن به صورت ترکیبات مختلف که عمدتاً شامل دی اکسیدکربن و متان می‌باشند، در اثر تنفس ریشه گیاهان و تنفس و فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک از سطح خاک به اتمسفر باز می‌گردند (گاللی و همکاران ۲۰۰۸؛ هندرسون و همکاران ۲۰۰۴). در این راستا اندازه‌گیری تصاعد گازهای کربنه جهت بررسی روند گرمایش جهانی و چرخه کربن بسیار مهم است (تان و لال ۲۰۰۵).

پژوهش‌های متعددی در زمینه بررسی تصاعد گازهای گلخانه‌ای در نتیجه فعالیت‌های کشاورزی صورت گرفته است. مرادی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی تأثیر خاک ورزی، مدیریت بقایا و کود نیتروژن بر بیلان کربن و پتانسیل گرمایش جهانی در کشت ذرت پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ترسیب کربن تحت تأثیر مدیریت بقایا و اثر متقابل بقایا و کود در سال قرار گرفت و اضافه کردن بقایا به خاک سبب افزایش ۴۸ درصدی ترسیب کربن در سال اول و ۶۹ درصدی در سال دوم نسبت به شرایط عدم وجود بقایا گردید. شاکریان و همکاران (۲۰۱۷) طی پژوهشی به بررسی تأثیر بهبود کارایی انرژی بر کاهش انتشار دی اکسید کربن در گلخانه‌های تولید خیار پرداختند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که میزان انتشار دی اکسید کربن $74941/2$ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید که بر اساس الگوی مصرف انرژی در واحدهای کارایی

مشابه امکان کاهش ۴۵ درصدی انتشار وجود دارد. در تحقیق دیگری آقخانی و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی و هزینه‌های تولید مرکبات را در استان مازندران انجام دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که دو نهاده کود شیمیایی و سوخت با $43/30$ و $18/50$ درصد بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید مرکبات داشتند. کوپیر و همکاران (۲۰۱۴) طی پژوهشی به اندازه‌گیری شار گاز گلخانه‌ای از خاک‌های کشاورزی پرداختند. تغییر غلظت گاز در طول زمان برای محاسبه شار گاز استفاده شد و اندازه‌گیری شار دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان برای بیان تفاوت بین تیمارها و کشف پویایی سیستم در طول فصول یا سال‌ها به کار رفت. مین و رولیک (۲۰۲۰) مقایسه شار دی اکسید کربن بین شالیزار برنج آبیاری معمولی و محافظت‌شده مزارع در میانمار را انجام دادند. در این تحقیق کل انتشار CO_2 از شالیزارهایی که تحت آبیاری معمولی بودند به طور قابل‌توجهی بالاتر از شالیزارهای محافظت‌شده بود. کل شار CO_2 خالص در آبیاری مرسوم از مقدار ۹۵۹ تا ۱۶۱۴ میلی‌گرم در مترمربع در ساعت و از ۲۸۲ به ۱۰۸۲ میلی‌گرم در مترمربع در ساعت به دست آمد.

استان سمنان در بخش مرکزی ایران قرار گرفته و دارای آب و هوای گرم و خشک است. با وجود بیابانی بودن و تبخیر و تعرق در فصل تابستان، کشت‌های آبی در این منطقه رواج گسترده‌ای دارد. منطقه بسطام در شمال غربی استان قرار دارد و دارای اقلیم خشک و کشت‌های زراعی و باغی در این منطقه رایج هستند (نویدی و همکاران ۲۰۲۱). با توجه به کشاورزی گسترده در این منطقه و استفاده گسترده از کودهای شیمیایی و همچنین عملیات شخم و شیار به ویژه در فصل تابستان، میزان تصاعد گازهای گلخانه‌ای و اثر آن بر روی پتانسیل گرمایش جهانی منطقه جای بررسی و توجه ویژه را دارد. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی میزان تصاعد گازهای کربنه از سطح خاک در دو فصل پاییز و بهار در اراضی کشت شده در بخشی از محدوده شهرستان بسطام واقع در جنوب شرقی استان سمنان انجام گرفت.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در استان سمنان و

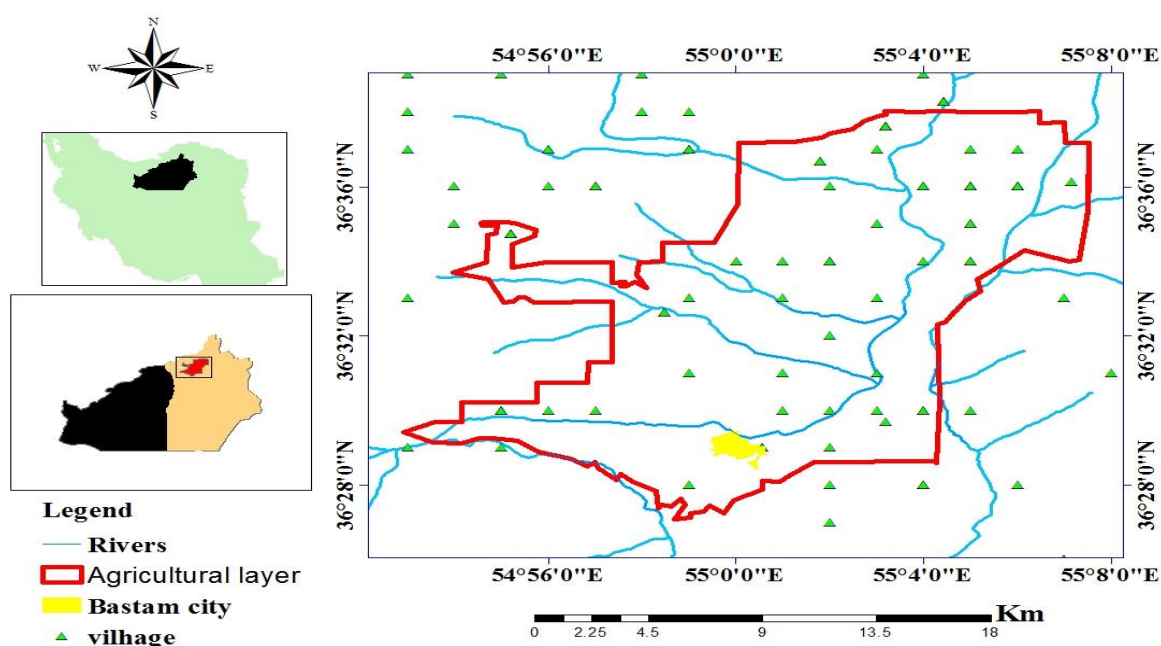
در محدوده اراضی کشاورزی شهر بسطام در حد فاصل

طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۰

دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا

۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی (تکاپو ۲۰۱۸) با مساحت

۱۳۰ هکتار انجام گرفت (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه مطالعاتی بسطام

این منطقه دارای اقلیم خشک با زمستان خنک و تابستان گرم است. به دلیل آب و هوایی مطبوع در فصل تابستان و زمستان سرد، شرایط مناسبی برای کشت باغات به ویژه زردآلو داشته و باغات زردآلو سراسر شهر را احاطه کرده‌اند. بسطام از غرب به رشته‌کوه‌های شاهوار و شهر مجن و از شرق به منطقه میامی و دشت کویر و از شمال و شمال غرب به استان گلستان مرتبط است (نویدی و همکاران ۲۰۲۳).

نمونه‌برداری: به منظور نمونه‌برداری از مشاهدات زمینی و نظرات کارشناسی استفاده شد و محل نمونه‌های گازی در نزدیکی روستاهای منطقه که شامل اراضی کشاورزی، مرتعی و باغات بود مشخص گردید. ابتدا تعدادی اراضی هدف از هر نوع کشت شامل باغات زردآلو و انگور، محصولات گندم و جو، ذرت علوفه‌ای و همچنین مراتع، برای نمونه‌برداری گازی انتخاب گردید و در هر محصول کشت شده و کاربری تعداد ۳ تا ۵ نقطه‌ای

و مجموع ۳۱ نقطه انتخاب شدند. از اتاقک‌های بسته ساکن به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر و حجم ۲ لیتر برای برداشت نمونه‌های گازی متصاعد شده استفاده شد. پس از نصب اتاقک‌ها با استفاده از پشم‌شیشه آن‌ها را پوشانده تا اثر دمای محیط کاهش یابد. برای تعیین زمان حداکثر تجمع گازهای گلخانه‌ای، اتاقک بسته شاهد نمونه‌برداری در زمان‌های ۱، ۲ و ۳ ساعت با استفاده از سرنگ صورت گرفت. پس از نمونه‌برداری گازی از اتاقک‌ها، از ظروف حاوی یخ استفاده شد و نمونه‌ها در ویال‌های مخصوص تزریق شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. با دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) نوع گازها و مقدار حجمی نمونه‌ها تعیین شد و بر اساس حجم اتاقک بسته و دمای خاک در حین برداشت نمونه گازی و وزن مولی گازها، مقدار گازهای متصاعد شده، بر حسب جرم در واحد سطح و زمان ($\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$) از رابطه ۱ محاسبه شد (یاراحمدی و همکاران ۲۰۱۳).

استفاده می‌شود و با توجه به اینکه داده‌های خاک و گاز اندازه‌گیری شده دارای توزیع نرمال بودند و کارایی زیاد این ضریب در پژوهش‌هایی از این قبیل، مورد استفاده قرار گرفت.

محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی GWP: محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس پژوهش روبرتسون و همکاران (۲۰۰۰) و تیلن و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد. به منظور محاسبه این شاخص، میزان انتشار متان و دی اکسید کربن محاسبه شده برای هر محصول در نظر گرفته شد. اثر هر کدام از گازها بر گرمایش زمین بر اساس گزارش IPCC 2013 AR5 متفاوت است، به طوری که هر واحد متان حدود ۲۸ برابر دی اکسیدکربن در گرمایش زمین نقش دارند. بنابراین، واحد این شاخص به صورت معادل دی اکسیدکربن بیان گردید. در نهایت میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس معادله ۲ محاسبه شد.

$$GWP = (CO_2-C \text{ FLUX} \times 1) + (CH_4-C \text{ FLUX} \times 28) \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این معادله، GWP: پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن در هکتار)، CO_2 FLUX: انتشار دی اکسیدکربن و CH_4 FLUX: انتشار متان می‌باشند.

برآورد هزینه زیست‌محیطی: ارزیابی قیمت سایه‌ای خروجی‌های نامطلوب می‌تواند از طریق روش‌ها و رویکردهای مختلفی صورت گیرد. یکی از این روش‌ها که در مطالعات بسیاری مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از تابع فاصله ستانده است (مولینونس سالانته و همکاران ۲۰۱۶). تابع فاصله ستانده یکی از روش‌های برآورد قیمت سایه‌ای است که با استفاده از برآورد تابع تولید مرزی تصادفی (SFP_2) به روش پارامتریک انجام می‌پذیرد (آگنر و همکاران ۱۹۹۷). از مزایای این روش علاوه بر برآورد قیمت سایه‌ای، برآورد کشش‌های تابع تولید است. از مهم‌ترین معایب روش پارامتریک این است که فرضیات بای قبل از برآورد مشخص گردد (کولی و پرلمن ۱۹۹۹). تابع فاصله به صورت زیر تعریف می‌شود. چنان‌چه تولیدکننده محصولاتی را با برداری از نهاده‌ها که شامل $X = (X_1, \dots, X_N)$ و برداری از ستانده‌ها که شامل

$$V_m = \frac{12.187 \times V_v \times M_v}{273.15 + T} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه ۱: V_v عدد قرائت‌شده دستگاه بر حسب پی پی ام حجمی، V_m میزان تصاعد گاز بر حسب mg/m^3 دمای t خاک هنگام نمونه‌برداری بر حسب درجه سانتی‌گراد و M_v وزن مولی گاز مورد نظر بر حسب mol/kg است.

بر اساس نتایج حاصل مشخص گردید حداکثر تصاعد دی اکسید کربن و متان در ۳ ساعت پس از نصب اتاقک بسته حاصل می‌گردد. بر این اساس نمونه‌برداری از اتاقک‌های بسته در ۳۱ نقطه مورد نظر در هر فصل پس از گذشت حداقل ۳ ساعت از نصب اتاقک‌ها انجام گرفت. به منظور تعیین میزان گاز درون اتاقک‌های بسته قبل از نمونه‌برداری، همزمان با نمونه‌گیری از اتاقک‌ها، از هوای آزاد اطراف اتاقک‌ها نیز یک نمونه گازی به عنوان نمونه شاهد تهیه شد. میزان گاز محاسبه‌شده از نمونه شاهد از اعداد قرائت‌شده گاز درون اتاقک بسته کسر گردید تا میزان خالص تصاعد گاز از خاک به دست آید. در صورتی که گاز محاسبه‌شده از درون اتاقک بسته کمتر از نمونه هوای آزاد باشد، یک تصاعد گاز منفی به دست می‌آید که نشان دهنده جذب آن گاز توسط خاک از اتمسفر می‌باشد (امیر نژاد و عطائی سلوط ۲۰۱۸).

در محل نصب اتاقک‌های گازی نمونه‌برداری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری انجام شد. نمونه‌های خاک هوا خشک‌شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. pH خاک با استفاده از دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی (EC) از مخلوط ۱:۵ خاک و آب با دستگاه شوری سنج DDS-11A، کربن آلی با روش والکی و بلاک (والکی و بلاک ۱۹۳۴)، بافت خاک با روش هیدرومتر و قرائت دو زمانه و رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: داده‌های آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Spss نسخه شماره ۲۲ انجام شد و همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک بین مقدار گاز خروجی در هر دو نوع متان و دی اکسید کربن تعیین گردید. این ضریب به منظور تعیین میزان، نوع و جهت ارتباط دو متغیر فاصله‌ای یا نسبی و یا یک متغیر فاصله‌ای یا نسبی دیگر

در این رابطه نهاده‌های (x) ستانده‌ها (u) را تولید می‌کنند که x عضوی از مجموعه R_+^N (مجموعه اعداد حقیقی مثبت بزرگتر از صفر) و u عضوی از R_+^M (مجموعه اعداد حقیقی مثبت بزرگتر از صفر) می‌باشند (فار و پریمونت ۱۹۹۹). در نهایت با تابع فاصله ستانده می‌توان فن‌آوری تولید چند محصولی و چند نهاده‌ای را برآورد کرد (R_+^N و R_+^M در فضای اقلیدسی N و M بُعدی قرار دارند) که به صورت رابطه ۵ نمایش داده می‌شود.

$$D(x, u, t) = \min_{\theta} \left\{ \theta : \left(\frac{u}{\theta} \right) \in P(x), \theta \in R_+ \right\} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$X \in R_+^M \text{ For all } X \in R_+^M$$

عبارت دیگر، این فرم تنها یک ناحیه تولیدی را برای هر نهاده نشان می‌دهد و قادر به تبیین هر سه ناحیه از تابع تولید نیست (گریفین و همکاران ۱۹۸۷). تابع ترانسنت دنتال دربرگیرنده تابع کاب داگلاس است. که کشش‌های نهاده‌های تولید را به صورت ثابت برآورد نمی‌کند و مقدار آن‌ها تنها به میزان همان نهاده بستگی دارد (هالتر و همکاران ۱۹۵۷). تابع ترانسلوگ علاوه بر متغیرهای اصلی ضرایب روابط متقابل متغیرها را نیز برآورد می‌کند. همچنین اجازه می‌دهد کشش‌های تولیدی بسته به سطح مصرف نهاده تغییر کند. برآورد کشش، در هر کدام از نواحی تولید با استفاده از تابع ترانسلوگ قابل انجام است (کریستنسون و همکاران ۱۹۷۱). فرم تابع ترانسلوگ، به دلیل جامعیت و انعطاف‌پذیری رایج‌ترین شکل و مناسب برای فرم تابع فاصله است (فار و همکاران ۱۹۹۳).

$u=(u_1, \dots, u_M)$ تولید کند، با فرض اینکه محصولات را می‌توان به دو دسته‌ی مطلوب و نامطلوب تقسیم‌بندی کرد، که تابع (x) مجموعه‌ای از نهاده‌ها و ستانده‌ها می‌باشد که فن‌آوری موجود تعیین‌کننده‌ی ترکیب مقادیر هر کدام از آن‌هاست (هانگ و لانگ ۲۰۰۷).

$$P(x) = \{u : (x, u) \in T\} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در این تابع T فناوری تولید است که به صورت معادله ۴ نمایش داده می‌شود.

$$T = \{(x, u) : x \in R_+^N, u \in R_+^M\} \quad (\text{رابطه ۴})$$

θ پیش‌بینی‌های مربوط به مجموعه ستانده مشاهده‌شده در طی شعاعی از مبدأ به بزرگ‌ترین مجموع ستانده ایجادشده توسط مجموعه نهاده هست و $D(x, u, t)$ سنجه فاصله است که برای نشان دادن تغییرات فن‌آوری تولید یک روند زمانی بر متغیرها اعمال می‌کنیم.

در این پژوهش برای بررسی رابطه بین ستانده خوب و بد از فرم ترانسلوگ به صورت پارامتریک استفاده شد. دلیل استفاده از این تابع وجود سه خصوصیت مهم در این تابع بوده است، که در توابع دیگر دیده نمی‌شود. این خصوصیات عبارت‌اند از: انعطاف‌پذیری، به آسانی مورد محاسبه است و اجازه می‌دهد قید و شرایط همگنی در مدل تحمیل شود. تابع کاب داگلاس خصوصیات اول را ندارد. این تابع نمی‌تواند کشش‌های تولید را در هر سه ناحیه تولید محاسبه کند (کولی و همکاران ۱۹۹۹). به

جدول ۱- اعمال شرایط همگنی بر تابع فاصله

$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$	$\alpha_{24} = \alpha_{42}$	$\alpha_{14} = \alpha_{41}$
$\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14} = 0$	$\alpha_{34} = \alpha_{43}$	$\alpha_{23} = \alpha_{32}$
$\alpha_{12} + \alpha_{22} + \alpha_{23} + \alpha_{24} = 0$	$\beta_{kk'} = \beta_{k'k}$	
$\alpha_{13} + \alpha_{23} + \alpha_{33} + \alpha_{34} = 0$	$\alpha_{12} = \alpha_{21}$	
$\gamma_{k1} + \gamma_{k2} + \gamma_{k3} + \gamma_{k4} + \gamma_{k5} = 0$	$\alpha_{13} = \alpha_{31}$	

در هکتار، $Y P_1$ = قیمت ستانده خوب در هکتار، Y_1 میزان عملکرد محصول در یک دوره در هکتار، $\partial D(X, Y)$ سنجه

در نهایت قیمت سایه‌ای بر اساس رابطه ۶ محاسبه می‌گردد. در این رابطه $P Y_m$ قیمت سایه‌ای گازهای آلاینده

فاصله Y_m میزان انتشار گازهای آلاینده می‌باشد (فار و همکاران ۱۹۹۳).

$$P_{Ym} = P_{Y1} \times \frac{\frac{\partial D(X, Y)}{\partial Y_m}}{\frac{\partial D(X, Y)}{\partial Y_1}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل آماری: پارامترهای آماری ویژگی‌های اندازه گیری شده نمونه‌های خاک در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس شاخص آماری انحراف از

معیار، پتاسیم محلول در خاک دارای بیش‌ترین پراکندگی و pH خاک کمترین پراکندگی را دارد. کربنات کلسیم، نیتروژن، فسفر، شوری و رس خاک با چولگی و کشیدگی هستند که نشان‌دهنده کشیدگی به سمت مقادیر کوچک‌تر و ارتفاع قله توزیع پایین‌تر از توزیع نرمال است و سایر ویژگی‌ها دارای کشیدگی به سمت مقادیر بزرگ‌تر ارتفاع قله این خصوصیات بالاتر از منحنی توزیع نرمال است. همچنین با توجه به مقادیر چولگی و کشیدگی کمتر از ۱ ویژگی‌های خاک دارای توزیع نرمال هستند.

جدول ۲- نتایج تجزیه آماری ویژگی‌های خاک

ویژگی خاک	بیشینه	میانه	کمینه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
EC (ds/m)	۱۴	۴/۱	۱/۲	۵/۲۹	۱/۷۴	۰/۷	-۰/۴۸	-۰/۲۵
pH	۸/۳	۷/۸	۷/۴	۷/۸۱	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۶۵	۰/۴۳
Clay (%)	۶۳/۲	۳۲/۳	۲۱	۳۱/۷	۱۴/۵	۰/۵۳	-۰/۸۷	-۰/۳۴
Sand (%)	۵۹/۵	۳۱/۴	۱۴	۳۹/۵	۱۵/۲	۰/۴۱	۰/۵۶	۰/۷۲
Silt (%)	۴۳/۲	۳۶/۸	۱۱/۸	۲۹/۷	۸/۰۱	۰/۳۷	-۰/۴۶	۰/۹۴
OC (%)	۲/۲	۱/۳۶	۱/۰۴	۱/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۵
N	۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۶۳	-۰/۸۹	-۰/۹۵
P (meq/100)	۲۹/۷۵	۲/۹۵	۷	۱۰/۶۲	۵/۳	۰/۴۹	-۰/۲۸	-۰/۳۳
K(ppm)	۴۸۹/۴۵	۲۴۶/۱	۹۵	۲۱۳/۵	۸۳/۷	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۹۱
CCE	۳۹	۲۴/۱	۱۳	۲۲/۷۷	۶/۹	۰/۳۱	-۰/۲۹	-۰/۴۴

CCE: کربنات کلسیم معادل

نتایج تجزیه آماری گازهای گلخانه‌ای متان و دی اکسیدکربن برای تمامی کشت‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای گندم و جو نتایج اندازه گیری گاز دی اکسید کربن نشان داد که فصل پاییز دارای مقادیر بیشینه، میانه، کمینه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب ۳/۴، ۲/۱۵، ۲/۰۲، ۷/۷۲، ۱/۲، و ۰/۵۷ و در فصل بهار مقادیر ۱/۹۸، ۱/۶۸، ۰/۰۸، ۱/۷۷، ۰/۲۱، و ۰/۰۲ تعیین گردید. نتایج اندازه گیری گاز متان نیز نشان داد که در فصل پاییز مقادیر بیشینه، میانه، کمینه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب ۳/۲، ۲/۳، ۲/۱، ۲/۶، ۱/۷۹، ۰/۴۳ و در فصل بهار مقادیر ۲/۲، ۱/۶۵، ۱/۵۴، ۱/۷۷، ۰/۴۲ و ۰/۲۳ به دست آمد.

در باغات انگور برای گاز اکسید کربن مقادیر بیشینه، میانه، کمینه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به

ترتیب ۳، ۲/۲، ۲/۳، ۲/۶۷، ۰/۳۲ و ۰/۳۲ در فصل پاییز و مقادیر ۲/۲۳، ۱/۷۱، ۱/۶، ۱/۷۹، ۰/۳۵ و ۰/۲۴ برای فصل بهار نشان داد. نتایج گاز متان نیز نشان‌دهنده مقادیر بیشینه، میانه، کمینه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب ۲/۷۹، ۲/۲۴، ۲/۱، ۲/۳۷، ۰/۳۷ و ۰/۲۸ و در فصل بهار نیز مقادیر ۲/۲۴، ۱/۶۹، ۱/۱۵، ۱/۷۹، ۰/۱۹ و ۰/۲۳ به دست آمد.

همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، بیش‌ترین مقدار تصاعد در گاز دی اکسید کربن در فصل پاییز برای ذرت علوفه‌ای، گندم و جو می‌باشد. از نظر پارامتر کمینه در فصل پاییز برای مرتع و در میان کشت‌های مورد بررسی نیز کمترین مقدار در فصل بهار و برای گاز دی اکسیدکربن و کشت گندم و جو به دست آمد. بیش‌ترین میانه و میانگین در فصل پاییز در هر دو

گاز متان و دی اکسیدکربن برای ذرت علوفه‌ای و کمترین میانه و میانگین برای فصل بهار برای مرتع در بین کشت‌ها کشت گندم و جو بدست آمد. بیش‌ترین انحراف

معیار در فصل بهار برای کشت گندم و جو و کمترین انحراف معیار برای کشت انگور در فصل بهار برای گاز متان حاصل شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه آماری تصاعد گاز گلخانه‌ای

کشت	گاز	فصل	بیشینه	میانه	کمینه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
گندم و جو	CO ₂	پاییز	۳/۴	۲/۱۵	۲/۰۲	۲/۷	۱/۷۲	۰/۵۷
		بهار	۱/۹۸	۱/۶۸	۱/۰۸	۱/۷۷	۰/۲۱	۰/۰۲
	CH ₄	پاییز	۳/۲	۲/۳	۱/۲	۲/۶	۱/۷۹	۰/۴۳
		بهار	۲/۲	۱/۶۵	۱/۵۴	۱/۷۷	۰/۴۲	۰/۲۳
ذرت علوفه‌ای	CO ₂	پاییز	۳/۶	۲/۸	۲/۲	۳	۱/۱	۰/۴۳
		بهار	-	-	-	-	-	-
	CH ₄	پاییز	۳/۲۶	۲/۸۷	۲/۵	۳	۰/۶۱	۰/۱۴
		بهار	-	-	-	-	-	-
زردآلو	CO ₂	پاییز	۳/۳	۲/۲	۲	۲/۵	۰/۳۴	۰/۴۷
		بهار	۲/۴	۱/۹	۱/۶	۲	۰/۴۵	۰/۶۷
	CH ₄	پاییز	۳/۲	۲/۳	۲	۲/۵	۰/۴۲	۰/۲۴
		بهار	۲/۴۵	۲/۲	۱/۷۸	۲	۰/۷۵	۰/۲۵
انگور	CO ₂	پاییز	۳	۲/۲	۲	۲/۳	۰/۶۷	۰/۳۲
		بهار	۲/۲۳	۱/۷۱	۱/۶	۱/۷۹	۰/۳۵	۰/۲۴
	CH ₄	پاییز	۲/۷۹	۲/۲۴	۲/۱	۲/۳	۰/۳۷	۰/۲۸
		بهار	۲/۲۴	۱/۶۹	۱/۱۵	۱/۷۹	۰/۱۹	۰/۲۳
مرتع	CO ₂	پاییز	۰/۵۳	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۴
		بهار	۰/۶۵	۰/۴	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۵۵
	CH ₄	پاییز	۳/۰۱	۲/۲	۱/۰۳	۲	۰/۴۲	۰/۱۲
		بهار	۲/۰۶	۱/۸۷	۱/۰۸	۱/۷۱	۰/۲۸	۰/۱۵

در مجموع نتایج مقایسه فصل‌ها نشان داد که در فصل بهار بیش‌ترین تصاعد دی اکسیدکربن و متان برای کشت زردآلو بود و کمترین تصاعد گاز دی اکسیدکربن و متان برای کشت گندم و جو در فصل بهار تعیین شد. برای ذرت علوفه‌ای اندازه گیری گاز در فصل بهار انجام نشد به دلیل این که کشت محصول در فصل تابستان بوده و در پاییز برداشت می‌شود، و در فصل بهار این کشت وجود ندارد.

گونه‌های گیاهی هر منطقه به دلیل برخورداری از سطوح مختلفی از تاج پوشش، نقش اصلی را در ترسیب یا انتشار کربن ایفاء می‌کنند. گونه‌های بوته‌ای

سازگار به مناطق خشک و نیمه‌خشک و هر یک از اندام‌های آن‌ها دارای نقش متفاوتی در این فرآیند هستند. در این پژوهش نیز نوع گیاه در انتشار گاز گلخانه‌ای متفاوت نشان داد و ذرت علوفه‌ای در فصل پاییز به دلیل حداکثر تاج پوشش و متاولیسم، همچنین آبیاری بیشتر، بیش‌ترین مقدار تصاعد گاز گلخانه‌ای را نشان داد (۳/۶ گرم بر مترمربع در روز). در این راستا مورتنسون و شیومن (۲۰۰۲) بیان کردند که پتانسیل ترسیب و انتشار کربن بر حسب نوع گونه، مکان و شیوه مدیریت متفاوت می‌باشد. نجم‌الدینی (۲۰۱۳) دریافت که میزان کربن ترسیب شده و تصاعد شده با نوع پوشش

گیاهی رابطه مستقیم و مثبت دارد. اسکالپ و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند که نوع و ترکیب گونه‌ها از طریق اثر بر ورودی و خروجی کربن خاک، مقدار ذخیره کربن خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین تأثیرات تغییر بارش و دما در فصول مختلف نیز باعث تغییر انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. پرهیزگاری و مظفری (۲۰۱۷) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که با تغییر متغیرهای اقلیمی دما و بارش تحت سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای از زمین‌های کشاورزی متفاوت خواهد بود.

نتایج ارائه‌شده در جدول ۴ همبستگی پیرسون بین تصاعد گازهای دی اکسید کربن و متان با ویژگی‌های خاک را در محل نمونه‌برداری تصاعد گاز نشان می‌دهد. بر این اساس مشاهده شد که همبستگی مثبت و منفی بین خصوصیات خاک با گازها وجود دارد. بین کربن آلی و نیتروژن همبستگی مثبت ۰/۵۲ و معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد و بین رس با شن و سیلت همبستگی منفی مشاهده شد. دو گاز دی اکسید کربن و متان نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را با ماده آلی به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۸ داشتند و همچنین هر دو گاز با همدیگر همبستگی معنی‌دار ۰/۴۳ در سطح ۵ درصد نشان دادند. در ادامه ماده آلی خاک همبستگی ۰/۵۲ با درصد نیتروژن خاک نشان داد. پژوهش‌های فراوانی بر مبنای ارتباط بین ویژگی‌های خاک با میزان تصاعد گاز گلخانه‌ای انجام شده است از جمله این که زرین کفش و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که با افزایش میزان تخریب در خاک، مواد آلی اکسیدشده و به صورت دی اکسیدکربن وارد اتمسفر می‌شود همچنین دریافتند که راهکارهای مدیریتی صحیح در کاربری اراضی سبب کاهش تصاعد گازهای کربنی در خاک می‌گردد. مدیریت اراضی در راستای افزایش بقایای گیاهی به خاک، می‌تواند سبب افزایش ترسیب کربن در خاک گردد و میزان آن با توجه به شرایط خاک از نظر وجود مواد آلی و میکروارگانیسم‌های در بستر خاک متفاوت خواهد بود. در این راستا شافی و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که افزایش میزان مصرف کودهای نیتروژنه سبب افزایش زیست توده خاک می‌گردد که در چنین شرایطی در زمان

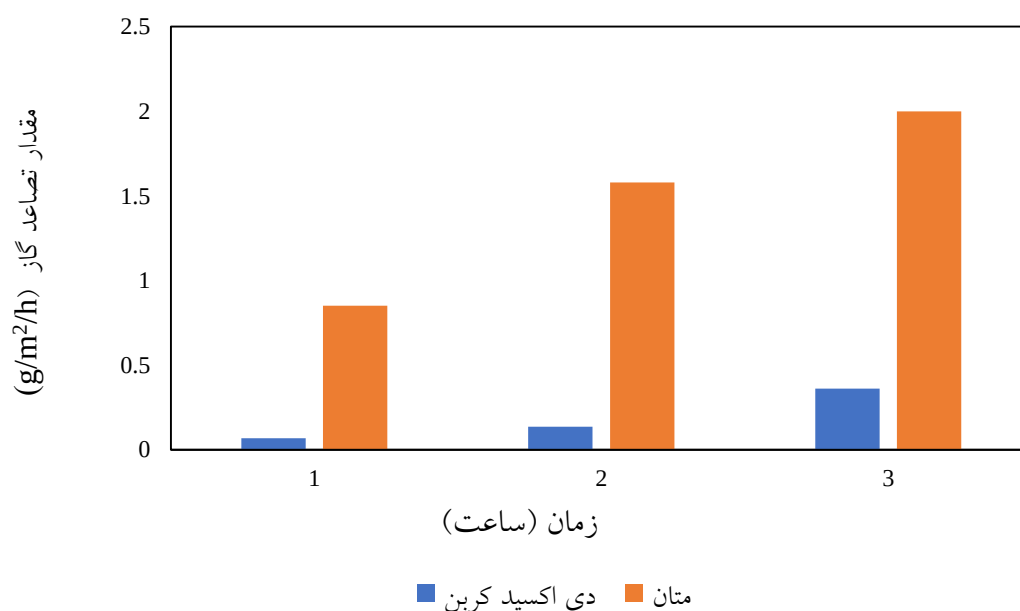
برگشت بقایا به خاک و تجزیه آن‌ها با ورود کربن بیشتر به خاک، ترسیب کربن افزایش می‌یابد. در پژوهشی دیگر دوران و همکاران (۱۹۹۸) نتیجه گرفتند که در شرایط عدم وجود بقایای گیاهی و ماده آلی در خاک، استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکری موجود در ناحیه ریشه گیاه می‌شود. همچنین در پژوهش دیگر مشاهده شد که در صورت وجود بقایای گیاهی ضعیف در خاک، میکروارگانیسم‌ها ابتدا با فعالیت شدید و تنفسی که انجام می‌دهند، گاز دی اکسیدکربن را متصاعد می‌نمایند که این فرایند سبب افزایش میزان انتشار و منفی شدن بیلان کربن خاک می‌گردند (تانولال ۲۰۰۵). آب‌نمک اساس ویژگی‌هایی مانند کربن آلی و عناصر غذایی سبب تغییر در فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تصاعد گازها از خاک می‌گردد و با توجه به شرایط خاک از نظر متغیرهای محیطی دما و رطوبت تشدید این پدیده متفاوت خواهد بود. نتایج پژوهش حاضر با توجه به اینکه همبستگی معنادار تصاعد گازهای دی اکسید کربن و متان با ماده آلی در خاک مشاهده گردید، با پژوهش‌های ذکرشده مطابقت دارد. استان سمنان و به ویژه منطقه بسطام، داری کشاورزی آبی بوده و افزایش میزان مصرف کود به ویژه در سال‌های اخیر مشاهده شده است. بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر و سایر پژوهش‌های مشابه، باید میزان تصاعد گازهای گلخانه‌ای در اثر تشدید فعالیت‌های کشاورزی و به ویژه مصرف کود و بقایای گیاهی مورد توجه متخصصان کشاورزی و زیست‌محیطی قرار گیرد.

نتایج اندازه گیری گازهای گلخانه‌ای: از داخل اتاقک‌های بسته به وسیله سرنگ ۲۰ میلی‌لیتری که نوک آن سه راهی مخصوص نمونه‌گیری نصب شده بود، انجام گرفت و میزان تصاعد گاز کربنه در آن‌ها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که حداکثر تجمع گازهای کربنه در داخل اتاقک بسته بعد از گذشت ۳ ساعت صورت گرفت همچنین میانگین تصاعد گاز متان و دی اکسیدکربن در کشت‌های مختلف در سطح اطمینان ۱۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P < ۰/۰۵$) (جدول ۵).

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین گازهای دی اکسید کربن و متان با ویژگی‌های خاک

ویژگی خاک	Co ₂	CH ₄	EC	pH	Clay	Sand	Silt	OC	N	p	K	CCE
Co ₂	۱	۰/۴۳*	۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۳۴	-۰/۲۶	۰/۱۳	۰/۴۵*	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۷
CH ₄	۰/۴۳*	۱	۰/۲۵	۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۴۸*	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۱۱
EC	۰/۲۸	۰/۲۵	۱	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۲۱	-۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۴
pH	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۳۵	۱	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۴۰
Clay	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۲۱	۱	-۰/۳۹	-۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۱۶
Sand	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۵	-۰/۳۹	۱	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۴
Silt	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۰۹	-۰/۳۰	۰/۲۶	۱	۰/۳۰	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۹
OC	۰/۴۵*	۰/۴۸*	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۳۰	۱	۰/۵۲*	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۳۲
N	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۵۲*	۱	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۱
P	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۲۴	۱	۰/۳۲	۰/۲۶
K	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۰۵	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۳۲	۱	۰/۱۵
CCE	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۴۰	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۱۱	۰/۲۶	۰/۱۵	۱

*: معنی‌داری در سطح ۵ درصد



شکل ۲- میزان تصاعد گاز دی اکسید کربن و متان در زمان‌های مختلف

جدول ۵- آنالیز واریانس (ANOVA) میزان تصاعد گازهای گلخانه‌ای در کشت‌های مختلف

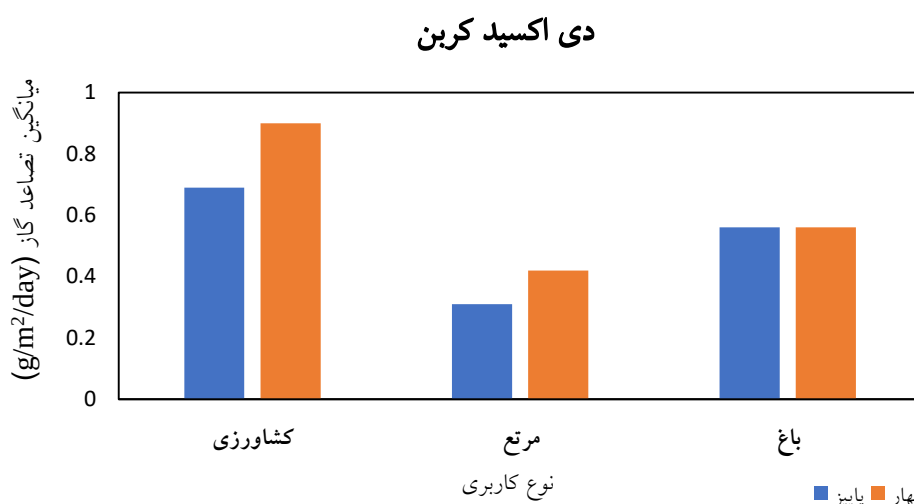
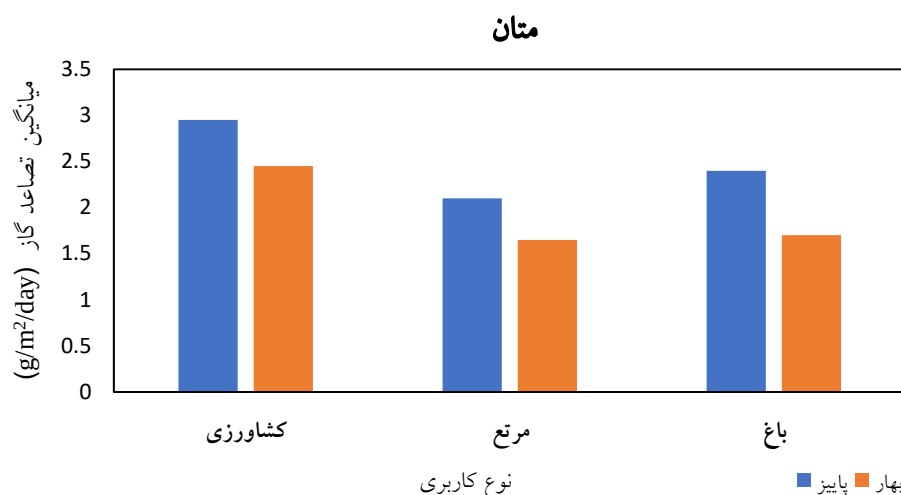
منابع تغییر	Df	مجموع مربعات متان	مجموع مربعات دی اکسید کربن	میانگین مربعات متان	میانگین مربعات دی اکسید کربن
نوع کشت	۶	۲/۲۵	۰/۷۷۸	**۰/۴۸۵	**۰/۱۵۷
فصل	۱	۱/۷۶	۰/۱۶۵	**۱/۳۸۶	**۰/۱۵۹
اثر متقابل	۶	۰/۴۸۳	۰/۰۶۷	**۰/۰۹۸	**۰/۰۰۲۸
خطا	۱۰			۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۹
ضرب تغییرات				۳/۹۸	۴/۴۶

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ است.

از آن جای که اختلاف معناداری در سطح ۰/۰۵ بین گروه‌های آزمون (بررسی معنی‌داری آزمون در جدول آنالیز واریانس) وجود دارد، باید تفاوت میانگین بین گروه‌ها از نظر معنی‌دار بررسی شود. در همین راستا از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۰/۰۵ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. نتایج مقایسه میانگین تصاعد گاز دی اکسید کربن در دو فصل پاییز و بهار بر اساس کاربری در شکل ۳ ارائه شده است. بر این اساس، میانگین تصاعد این گاز در فصل بهار در کشت‌های مختلف به ویژه در کشت جو و ذرت علوفه‌ای بیشتر از فصل پاییز می‌باشد که دمای بالای خاک در فصل بهار باعث افزایش تنفس ریشه گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک شده و تصاعد بیشتر گاز را سبب شده است. در بقیه کشت‌ها مانند گندم، زردآلو و حتی مراتع اطراف بسطام این نتیجه مشاهده می‌گردد اما در مورد کشت انگور این تفاوت بسیار ناچیز است. صادقی پور و همکاران (۲۰۱۳) نیز افزایش دما را عامل افزایش تنفس ریشه گیاهان دانسته و آن را دلیل اصلی افزایش میزان تصاعد گاز اعلام نمودند. نگاسا و همکاران (۲۰۱۵) هم همبستگی مثبت و شدیدی بین دمای خاک و میزان انتشار گاز دی اکسید کربن پیدا کردند. چن و همکاران (۲۰۱۹) نیز اعلام نمودند که دمای بالا و شرایط مناسب آب می‌تواند تنفس خاک را به شدت ارتقا بخشد و اعلام نمودند که آب زیاد در خاک و اشباع شدن آن سبب کاهش سرعت تنفس و کاهش میزان تصاعد از خاک می‌شود. تنفس و فتوسنتز مهم‌ترین عوامل در تبادل گاز دی اکسید کربن بین اتمسفر و خاک هستند و تغییرات هر یک از آن‌ها می‌تواند در تغییر غلظت این گاز نقش

قابل توجهی داشته باشد (سان ۲۰۰۱). در فصل بهار با گرم شدن هوا فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تنفس آن‌ها افزایش یافته درحالی‌که همزمان رشد پوشش گیاهی و میزان فتوسنتز به حداکثر مقدار نرسیده است. بنابراین شدت تنفس نسبت به فرایند غالب بوده و میزان تولید گاز دی اکسید کربن نسبت به مصرف آن بیشتر است که سبب به افزایش حداکثری این گاز در فصل بهار می‌گردد (اچل و همکاران ۱۹۹۵).

در شکل ۴ نتایج مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۰/۰۵ برای تصاعد گاز متان در دو فصل پاییز و بهار ارائه شده است. با توجه به شکل ۴ به جز جو و ذرت علوفه‌ای که میزان تصاعد متان در دو فصل تقریباً مساوی است، در بقیه کشت‌ها در فصل پاییز تصاعد گاز متان افزایش دارد. بر اساس نتایج میزان تصاعد گاز متان خصوصاً در مورد گندم، انگور و زردآلو در فصل پاییز از بهار بیشتر است. بیلان متان در شالیزارها متأثر از ساختمان خاک و دینامیک شرایط بی‌هوازی-هوازی است با این وجود عوامل دیگری مانند دما نیز در رفتار گاز اثر دارد. بخت فیروز و رائینی سرجاز (۲۰۱۳) نیز در نتایج خود به این نکته اشاره می‌کنند که دمای محیط و دمای خاک و آب می‌تواند در تولید گاز متان نقش داشته باشد. نتایج تحقیقات موسوی و همکاران (۲۰۱۷) نیز مشاهده کردند که میزان تصاعد گاز متان در فصل پاییز که خاک مرطوب است بیشتر از اوایل اسفند تا اوایل فروردین است. بگام و همکاران (۲۰۱۸) نیز به این نتیجه رسیدند که شار گاز متان در زمین‌های مختلف و با فصول رشد مختلف متفاوت است.

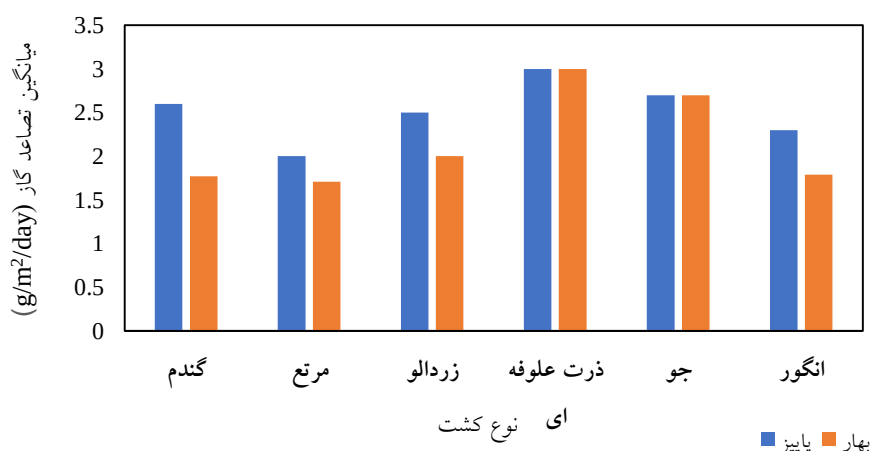


شکل ۳- میانگین تصاعد گاز دی اکسید کربن و متان در فصل پاییز و بهار در کاربری‌های مختلف

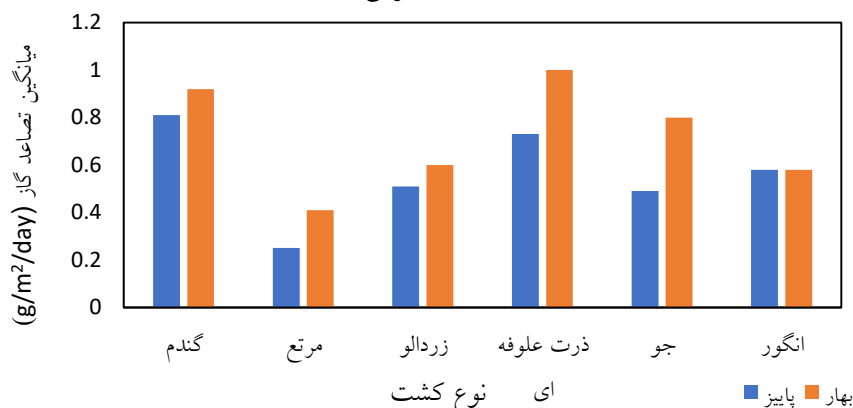
گرمایش جهانی برای کشت ذرت علوفه‌ای در فصل بهار با میزان ۸۴/۷۳ تن معادل دی اکسید کربن که بعد از آن به ترتیب در فصل پاییز کشت جو، گندم، زردآلو، انگور و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی برای مرتع با میزان ۵۶/۲۵ تن معادل دی اکسید کربن به دست آمد (شکل ۵). در جمع‌بندی کلی همان طور که در جدول ۵ نشان داده شده بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در فصل پاییز به دلیل انتشار بیشتر گاز متان می‌باشد.

نتایج حاصل از پتانسیل گرمایش جهانی (GWP): نتایج به دست آمده از محاسبات ضریب پتانسیل گرمایش جهانی (جدول ۶) متان و دی اکسید کربن نشان داد که بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی برای کشت ذرت علوفه‌ای در فصل بهار با میزان ۸۵ تن معادل دی اکسید کربن است. بعد از آن به ترتیب در فصل بهار کشت جو، زردآلو، گندم، انگور و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی برای مرتع در فصل بهار با میزان ۴۸/۰۱ تن معادل دی اکسید کربن تعیین شد. همچنین بیشترین پتانسیل

متان

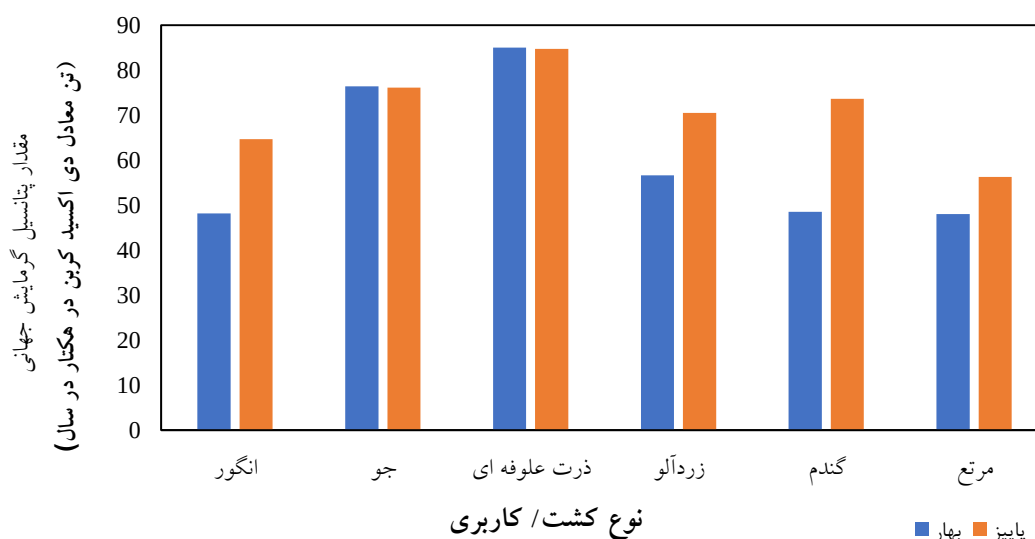


دی اکسید کربن



شکل ۴- مقایسه ترکیبات تیماری میانگین تصاعد گاز دی اکسید کربن و متان در فصل پاییز و بهار در کشت‌های مختلف
جدول ۶- پتانسیل گرمایش جهانی دو گاز مورد نظر در کشت‌های مورد مطالعه

پاییز		بهار		کشت	متغیر
پتانسیل گرمایش جهانی GWP	محاسبه شده در ضریب GWP	پتانسیل گرمایش جهانی GWP	محاسبه شده در ضریب GWP		
۶۴/۶۲	۶۴/۴ ۰/۵۸	۴۸/۱۸	۴۷/۶ ۰/۵۸	انگور	شار متان شار دی اکسید کربن
۷۶/۰۹	۷۵/۶ ۰/۴۹	۷۶/۴	۷۵/۶ ۰/۸	جو	شار متان شار دی اکسید کربن
۸۴/۷۳	۸۴ ۰/۷۳	۸۵	۸۴ ۱	ذرت علوفه‌ای	شار متان شار دی اکسید کربن
۷۰/۵۱	۷۰ ۰/۵۱	۵۶/۶	۵۶ ۰/۶	زردآلو	شار متان شار دی اکسید کربن
۷۳/۶۱	۷۲/۸ ۰/۸۱	۴۸/۵۲	۴۷/۶ ۰/۹۲	گندم	شار متان شار دی اکسید کربن
۵۶/۲۵	۵۶ ۰/۲۵	۴۸/۰۱	۴۷/۶ ۰/۴۱	مرتع	شار متان شار دی اکسید کربن



شکل ۵ - مقایسه پتانسیل گرمایش جهانی دو گاز مورد نظر در کشت‌های مورد مطالعه

نتایج هزینه محیطی زیستی انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه بسطام: محاسبه هزینه‌های محیط‌زیستی انتشار گازهای گلخانه‌ای در نتیجه فعالیت‌های کشاورزی، یک فاکتور اصلی در زمینه ایجاد احساس و هشدارهای لازم برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست است. با توجه به این‌که مطالعه‌ای تاکنون در زمینه‌ی برآورد ارزش اقتصادی گازهای گلخانه‌ای بخش کشاورزی و باغداری کشور و محصولات منتخب صورت نگرفته است، لذا در این مطالعه برای برآورد هزینه‌ی محیط‌زیستی انتشار گازهای متان و دی اکسیدکربن

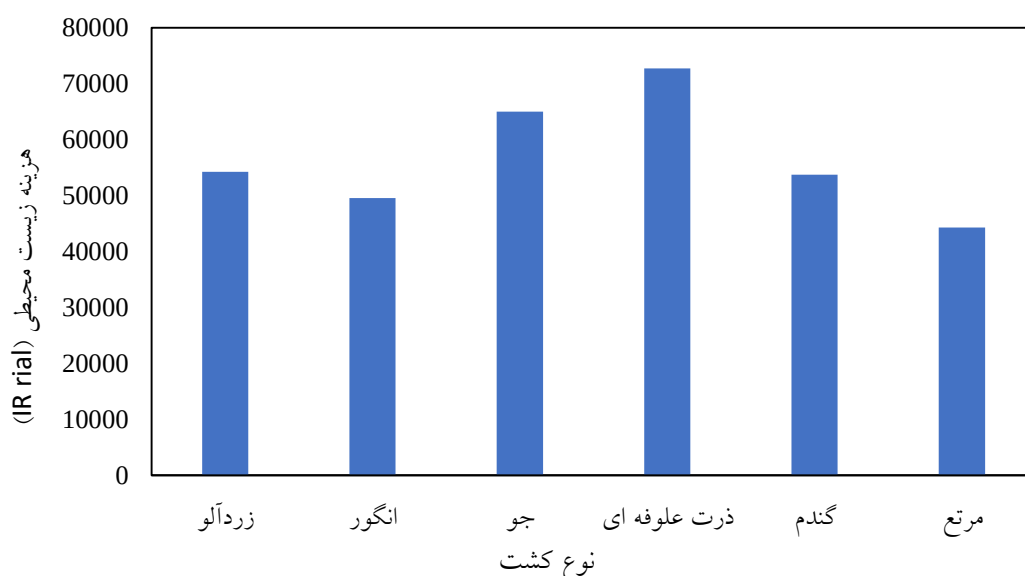
کشت‌های منتخب تولیدی از مطالعات (جمالی پور و همکاران ۲۰۱۶؛ قربانی و مطلبی ۲۰۰۹) استفاده شده است. در واقع قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای متان و دی اکسید کربن با به‌روزرسانی آن، به ترتیب معادل ۱۱۶۶۱- و ۱۵۹۷- ریال، تعیین گردید. هزینه‌ی محیط‌زیستی انتشار گازهای گلخانه‌ای انتشار متان و دی اکسید کربن حاصل از کشت زردآلو، انگور، گندم، جو، ذرت علوفه‌ای و مرتع در منطقه مورد مطالعه بر اساس داده‌های مشاهداتی محاسبه و در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۷- هزینه محیط‌زیستی انتشار متان و دی اکسید کربن

کشت	انتشار گاز	فصل بهار	فصل پاییز	هزینه انتشار (IR rial)	مجموع هزینه‌ها در هکتار
زردآلو	متان	۲۳۳۲۲	۲۹۱۵۲/۵	۵۲۴۷۴/۵	۵۴۲۴۷/۱۷
	دی اکسیدکربن	۹۵۸/۲	۸۱۴/۴۷	۱۷۷۲/۶۷	
انگور	متان	۲۰۸۷۳/۱۹	۲۶۸۲۰/۳	۴۷۶۹۳/۴۹	۴۹۵۴۶/۰۱
	دی اکسیدکربن	۹۲۶/۲۶	۹۲۶/۲۶	۱۸۵۲/۵۲	
جو	متان	۳۱۴۸۴/۷	۳۱۴۸۴/۷	۶۲۹۶۹/۴	۶۵۰۲۹/۵۳
	دی اکسیدکربن	۱۲۷۷/۶	۷۸۲/۵۳	۲۰۶۰/۱۳	
ذرت علوفه‌ای	متان	۳۴۹۸۳	۳۴۹۸۳	۶۹۹۶۶	۷۲۷۲۸/۸۱
	دی اکسیدکربن	۱۵۹۷	۱۱۶۵/۸۱	۲۷۶۲/۸۱	
گندم	متان	۲۰۶۳۹/۹۷	۳۰۳۱۸/۶	۵۰۹۵۸/۵۷	۵۳۷۲۱/۳۸
	دی اکسیدکربن	۱۴۶۹/۲۴	۱۲۹۳/۵۷	۲۷۶۲/۸۱	
مرتع	متان	۱۹۹۴۰/۳۱	۲۳۳۲۲	۴۳۲۶۲/۳۱	۴۴۳۱۶/۳۳
	دی اکسیدکربن	۶۵۴/۷۷	۳۹۹/۲۵	۱۰۵۴/۰۲	

پیش‌بینی می‌باشد. شکل ۶ مقایسه هزینه محیط‌زیستی انتشار دو گاز متان و دی اکسید کربن نشان می‌دهد. در پژوهش‌های مشابه نظام الاسلامی و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیش‌ترین برآورد هزینه زیست‌محیطی انتشار گاز درکشت زعفران را از گاز متان به دست آورده است. همچنین جمالی پور و همکاران (۲۰۱۶) نیز کمترین برآورد هزینه زیست‌محیطی انتشار گاز برای کشت دانه‌های روغنی در ایران را از گاز دی اکسید کربن تعیین کردند.

بر اساس میانگین خروجی، بیش‌ترین هزینه انتشار محیط‌زیستی گاز متان در کشت ذرت علوفه‌ای (۶۹۹۶۶) و برای گاز دی اکسید کربن در کشت ذرت علوفه‌ای (۲۷۶۲/۸۱) و گندم (۲۷۶۲/۸۱) تعیین شد، همچنین کمترین سهم از هزینه‌ی محیط‌زیستی انتشار گاز گلخانه‌ای متان و دی اکسید کربن در مراتع به ترتیب ۴۳۲۶۲/۳۱ و ۱۰۵۴/۰۲ تعیین به دست آمد. که بالا بودن هزینه محیط‌زیستی انتشار با توجه به تصاعد زیاد گازهای متان و دی اکسید کربن در این کشت قابل



شکل ۶- مقایسه هزینه محیط‌زیستی انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت‌های مورد مطالعه

گرمایش جهانی برای کشت ذرت علوفه‌ای در فصل بهار و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی برای مرتع بود. در نهایت بیش‌ترین هزینه محیط‌زیستی انتشار در کشت ذرت علوفه‌ای و کمترین هزینه محیط‌زیستی انتشار در مراتع به دست آمد. با توجه خشک و استپی بودن منطقه بسطام و به دلیل اکوسیستم ناپایدار این منطقه، جبران خسارات ناشی از هدر رفت کربن در چنین اکوسیستم‌هایی با توجه به روند کند ترسیب و ذخیره کربن، غیرقابل جبران خواهد بود.

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی ویژگی‌های خاک و ارزیابی میزان تأثیر آن‌ها در روند تصاعد گازهای دی اکسیدکربن (CO_2) و متان (CH_4) در بخشی از اراضی شهرستان بسطام واقع در استان سمنان بود. نتایج نشان داد، که میانگین تصاعد گازهای گلخانه‌ای در بین اراضی مذکور، دارای اختلاف معنی‌دار بوده و بیش‌ترین تصاعد گاز دی اکسید کربن در ذرت علوفه‌ای و گندم تعیین شد. بیش‌ترین شار گاز متان نیز در کشت ذرت علوفه‌ای و جو به دست آمد. همچنین میزان تصاعد گازها در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز می‌باشد که به دلیل افزایش دما قابل پیش‌بینی است. در ادامه بیش‌ترین ضریب پتانسیل

سیاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از داده‌های طرح تحقیقاتی ملی به شماره مصوب ۹۴۵۲-۱۰-۱۰-۰۱۴ بوده که با حمایت مالی معاونت امور زراعت جهاد کشاورزی در موسسه

تحقیقات خاک و آب انجام شده است. بدین وسیله از حمایت‌های وزارت جهاد کشاورزی و موسسه تحقیقات خاک و آب، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Aigner D J and Chu S F. 1968. On estimating the industry production function. The American Economic Review 58 (4): 826-839.
- Aqkhani MH, Sultan AH Ahmadipour S and Rouhani A. 2018. Investigation of greenhouse gas emissions, energy consumption and citrus production costs Case study: Mazandaran province. Journal of Energy Policy and Planning Research, 4 (12): 181-229. (In Persian).
- Amirnejad H and AsadpourKordi M. 2017. Investigation of the effect of climate change on Iranian wheat production. Agricultural Economics Research, 9 (3): 163-182. (In Persian).
- Amirnejad H and Atai Salout K. 2018. Estimation of economic value of gas regulation function by rangeland ecosystem of Bamo national park Case study: Stabilization of carbon monoxide and oxygen supply, Environmental Research, 8 (15) : 193-202. (In Persian).
- Babaian A and Kohi M. 2012. Evaluation of agricultural climate indicators under climate change scenarios in selected stations of Khorasan Razavi. Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries), 26 (4): 953-967. (In Persian).
- BakhtFirooz A and RaeiniSarjaz M. 2013. Effect of paddy drainage systems on methane emission reduction in greenhouse gases. Iranian Soil and Water Research, 44 (1): 1-10. (In Persian).
- Begum K, Kuhnert M, Yeluripati J, Ogle S, Parton W Kader M A and 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.
- Chen W, Zheng X, Wolf B, Yao Z Liu C Butterbach-Bahl K and Brüggemann, N. 2019. Long-term grazing effects on soil-atmosphere exchanges CO₂, CH₄ and N₂O at different grasslands in Inner Mongolia: A soil core study. Ecological indicators, 105, 316-328.
- Christenson L R, Jorgenson D W and Lau L J. 1971. Conjugate duality and the transcendental logarithmic function. Econometrica, 39 (4): 255-256.
- Coelli, T, Perelman S and Romano E. 1999. Accounting for environmental influences in stochastic frontier models: with application to international airlines. Journal of Productivity Analysis, 11 (3): 251-273.
- Collier SM, Ruark MD, Oates LG Jokela WE Curtis J and Dell C J. 2014. Measurement of Greenhouse Gas Flux from Agricultural Soils Using Static Chambers. Journal of Visualized Experiments. 2014; (90): 52110. doi: 10.3791/52110.
- Doran J, Elliott E and Paustian K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. Soil and Tillage Research, 49(1-2), 3-18
- Fare R, Grosskopf S, Lovell CK and Yaisawarng S. 1993. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. The Review of Economics and Statistics 374-380
- Fare R and Primont D. 1995. Multi-output Production and Duality: Theory and Applications. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Ghorbani M and Matlabi M. 2009. Study on the shadow price of greenhouse gas emissions in Iran: (Case study) Dairy farms. Journal of Environmental Research, 3: 466-475. (In Persian).

- Griffin RC, Montgomery JM and Rister ME. 1987. Selecting functional form in production function analysis. *Western Journal of Agricultural Economics*, 216-227.
- Galbally IE, Kirstine WV, Meyer C and Wang YP. 2008. Soil-atmosphere trace gas exchange in semiarid and arid zones. *Journal of Environmental Quality*, 37(2): 599-607.
- Halter AN, Carter HO and Hocking JG. 1957. A Note on the Transcendental Production Function $Cx^1 a^1 e^b$
 $1 \times 1 \times 2a^2 e^b 2 \times 2$. *Journal of Farm Economics*, 39(4):966-974.
- Henderson DC, Ellert BH and Naeth MA. 2004. Grazing and soil carbon along a gradient of Alberta rangelands. *Journal of Range Management*, 57(4): 402-411.
- Huang H and Leung P. 2007. Modeling protected species as an undesirable output: The case of sea turtle interactions in Hawaii's longline fishery. *Journal of Environmental Management*, 84 (4): 523-533.
- Jamalipour M, Ghorbani M, Kochaki AR and Shahnoshi N 2016. Estimation of economic cost of greenhouse gas emissions in Iran. *Iranian Journal of Grain Research*, 7 (2): 59-77. (In Persian).
- Kurganova I, DeGerenyu VL, Rozanova L, Saprnov D, Myakshina T and Kudeyarov V 2003. Annual and seasonal CO₂ fluxes from Russian southern taiga soils. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 55: 338-344.
- Moradi R, Kouchki AR, NasiriMahallati M and Mansouri H. 2015. Effect of tillage, residue management and nitrogen fertilizer on carbon balance and global warming potential in corn cultivation. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25 (1): 29-44. (In Persian).
- Moradi-Majd N, Fallah-Ghalhari G, Chatrenor M. 2022. Estimation of greenhouse gas emission flux from agricultural lands of Khuzestan province in Iran. *Environ Monit Assess*. Sep 21;194(11):811. doi: 10.1007/s10661-022-10497-8. PMID: 36129556.
- Mortenson, M., and Schuman, G. 2002. Carbon sequestration in rangeland interseeded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago Sativa* Spp. *Falcata*) USDA Symposium on Natural Resource Management to Offset Greenhouse Gas Emission in University of Wyoming.
- Molinos-Senante M, Mocholí-Arce M, Sala-Garrido R. 2016. Estimating the environmental and resource costs of leakage in water distribution systems: A shadow price approach. *Science of the Total Environment*, 568, 180-188.
- Mousavi M, Falahatkar S and Farajzadeh, M. 2017. Changes in carbon dioxide and methane emissions in relation to environmental variables in Iran. *Journal of Applied Ecology*, 6 (4): 65-78. (In Persian).
- Min S, and Rulík M. 2020. Comparison of carbon dioxide (CO₂) fluxes between conventional and conserved irrigated rice paddy fields in Myanmar. *Sustainability*, 2020, 12, 5798; doi: 10.3390/su12145798.
- Navidi, M.N., Chatrenour, M., Seyedmohammadi, J. et al. 2023. Ecological potential assessment and land use area estimation of agricultural lands based on multi-time images of Sentinel-2 using ANP-WLC and GIS in Bastam, Iran. *Environ Monit Assess* 195, 36. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10659-8>
- Navidi, M., Chatrenour, M., Jamshidi, M., & Akhyani, A. (2021). Estimating Cultivation Area of Some Selected Crops in Bastam Plain by Using Multi-Temporal Sentinel-2 Images. *Iranian Journal of Soil Research*, 35(1), 41-58. doi: 10.22092/ijsr.2021.353903.592. (in Persian)
- Najmoddini, N. 2013. Effects of mechanical structural operations to improve watershed management in carbon sequestration for climate change mitigation (Case Study: Watershed Gavdareh in Kurdistan province). The 2nd National Conference on Climate Change and Agriculture, August 23, Urmia. (in Persian)
- Negassa W, Price RF, Basir A, Snapp SS and Kravchenko A. 2015. Cover crop and tillage systems effect on soil CO₂ and N₂O fluxes in contrasting topographic positions. *Soil and Tillage Research*, 154: 64-74.

- NezamEslami A, Aboulhasani L, Shahnoshi N and Karbasi AR. 2019. Estimation of environmental costs of greenhouse gas emissions in saffron farms (Case study of TorbatHeydariyeh city). *Saffron Agronomy and Technology*, 7 (2): 245-258. (In Persian).
- Oechel WC, Vourlitis GL, Hastingsand SJ and Bochkarev SA. 1995. Change in arcticCO₂fluxover two decades: effects of climate change atBarrow.Alaska.*Ecological Applications*5 (3):846-855.
- Parhizgari A and Mozaffari MM. 2017 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 Persian)
- Robertson GP, Paul EA and Harwood RR. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*. 289: 1922-1935.
- Sadeghipour A, Kamali N and JunidiJafari, H. 2013. Investigation of the effect of mechanical operations of rangeland improvement and rehabilitation on seasonal and monthly changes of soil carbon dioxide emissions (Case study: Sorkheh rangelands, Semnan province). *Range*, 3: 222-229. (In Persian).
- Schulp, C.J.E., Naburus, G.J., Verburg, P.H., and Waal, R.W. 2008. Effect of tree species on carbon stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. *Forest Ecol. Manag.*, 256: 482-490.
- Shakarian M, Yousefi A and Amini, AM. 2017. The effect of improving energy efficiency on reducing carbon dioxide emissions in cucumber production greenhouses. *Science and Technology of Greenhouse Crops*, 8 (3): 13-24. (In Persian).
- Shafi M, Bakht J, Jan M T and Shah Z. 2007. Soil C and N dynamics and maize (*Zea may* L.) yield as affected by cropping systems and residue management in North-western Pakistan. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 520-529.
- Sun Y L. 2001. The study on CO₂of karst eco-system of vertical zone in Jinpo Mountain in summer. PhD thesis
- Tan Z and Lal R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 111 (1): 140-152.
- Takapo (Management Summary of Provincial Studies of Business Development and Sustainable Employment Plan of Semnan Province). 2018. Ministry of Cooperatives, Labor and Social Welfare. (In Persian).
- Thelen KD, Fronning BE, Kravchenko A, Min DH and Robertson GP. 2010. Integrating livestockmanure with a corn–soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. *Biomass Bioenergy*. 34: 960-966.
- Walkley A and Black IA 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-37 .
- Yarahmadi F, Landi A, Asudar M A and Moradi Sabzkoohi A. 2013. Effect of tillage and irrigation methods on carbon dioxide emissions in wheat cultivation in northern Khuzestan, *Agricultural Engineering (Journal of Agricultural Science)*, 35 (2): 71-82.
- ZarinKafsh M, Sabaghi AM and Nalbandi Ghareghie Z. 2015. Investigation and determination of organic carbon sequestration in three types of soil and with three types of vegetation in a part of lands of Qazvin and Zanjan provinces. *Environmental Research*, 6 (11), 111-113. (In Persian).