مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره نه، آذرماه ۱۴۰۰(۲۶۱-۲۵۱)

کاربرد داده های سنجش از دور ماهواره ای در پایش آلاینده های محیط زیست زراعی و باغی ایران (مطالعه موردی دی اکسید نیتروژن)

محمد شجاع الدینی [1*]

shojaaddini@tvu.ac.ir

سید اشکان موسویان [1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۹**

چکیده

زمینه و هدف: آلاینده دی اکسید نیتروژن اثرات نامطلوبی بر تولید محصولات کشاورزی دارد اما سطوح این آلاینده تاکنون برای مناطق تولید کشاورزی ایران مطالعه نشده است. هدف از این پژوهش، بررسی سطوح آلاینده جوی دی اکسید نیتروژن در محیط زیست زراعی و باغی ایران طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در پنج زیست‌بوم اصلی کشاورزی، دارای بالاترین سطوح اراضی زیرکشت محصولات باغی و زراعی و همچنین بیشترین میانگین کل محصولات بین تمامی استان‌ها بود.

روش بررسی: میانگین سطوح آلاینده دی اکسید نیتروژن در مرکز جغرافیایی پنج زیست بوم کشاورزی شامل استان های خوزستان، فارس، خراسان رضوی، آذربایجان غربی و مازندران بر اساس داده های خام دریافت شده در اردیبهشت ۱۴۰۰ از ماهواره سنجش از دور تروپوسفری (TROPOMI) محاسبه شد. داده‌ها به وسیله ابزار سنجش اُزون (OMI) و در فواصل زمانی هر دو هفته یک بار از آغاز فصل رشد گیاهی (بهار و تابستان) ثبت شد.

یافته ها: بررسی نوسانات آلاینده در شش ماهه اول سه سال مورد مطالعه نشان داد که حداکثر میزان آلاینده دی اکسید نیتروژن در سال ۱۳۹۷ با مقدار ۸۰ میکرومول بر متر مربع متعلق به اراضی کشاورزی استان فارس بود. در اواسط خرداد ۱۳۹۹ میزان انتشار آلاینده مورد مطالعه از اراضی کشاورزی استان مازندران بیش از ۴۰۰ درصد نسبت به زمان مشابه در سال ۱۳۹۸ افزایش نشان داد و به سطح ۱۶۰ میکرومول بر مترمربع رسید. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان داد که میانگین آلاینده استان‌ها، بین سه سال تفاوت معنی-داری وجود نداشت، اما بین استان‌ها متفاوت بود.

بحث و نتیجه گیری: تحلیل داده‌ها نشان داد که بیشینه سطح آلاینده دی اکسید نیتروژن در طول فصل رشد طی سال‌های مورد مطالعه مربوط به زیست‌بوم های زراعی-باغی استان‌های فارس، خوزستان و مازندران با مقادیر به ترتیب ۷۱، ۸۰ و ۱۶۰ میکرومول بر متر مربع بوده است.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، اُزون، دی اکسید نیتروژن، کشاورزی، ماهواره.

۱- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای کشور، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 9, December, 2021

Application of Satellite Remote Sensing Data in Monitoring Iran's Agricultural and Horticultural Environmental Pollutions

(A Case Study of Nitrogen Dioxide)

Mohammad Shojaaddini [1*]
shojaaddini@tvu.ac.ir
Ashkan Moosavian [1]

Admission Date: July 31, 2021 Date Received: May 30, 2021

Abstract

Background and objective: Nitrogen dioxide pollutant has adverse effects on agricultural production, but the levels of this pollutant have not yet been studied for agricultural production areas in Iran. The aim of this research was investigating the atmospheric levels of nitrogen dioxide in the main agricultural and horticultural environments of Iran, during the years 2018-2020. The main agricultural provinces were determined with regards to quantitative comparison of reference statistics of areas under cultivation for the agricultural and horticultural lands of Iran as well as the annual agricultural yield of different provinces of this country.

Material and Methodology: The average levels of nitrogen dioxide pollutant in the geographical center of five agricultural ecosystems including Khuzestan, Fars, Khorasan Razavi, West Azerbaijan and Mazandaran provinces were calculated based on raw data received in May 2021 from the tropospheric remote sensing satellite (TROPOMI). Data were recorded by the Ozone Assessment Tool (OMI) at intervals of two weeks from the starting plant growing season (spring and summer).

Findings: The study of pollutant fluctuations in the first six months of the three years studied showed that the maximum amount of nitrogen dioxide in 2018 with a value of 80 micromoles per square meter belonged to agricultural lands in Fars province. In mid-June 2020, the amount of pollutants emitted from agricultural lands of Mazandaran province increased by more than 400% compared to the same time in 2019 and reached the level of 160 micromoles per square meter.

Discussion and Conclusion: Data analysis showed that the mean pollutants of the provinces were not significantly different between the three years but were different between the provinces. Analysis of variance showed that the maximum amount of NO_2 pollutants in the cultivation months of the three years was belonged to the agro-horticultural ecosystems of Fars, Khuzestan and Mazandaran provinces with the values of 71, 80 and 160µmol/m^2, respectively.

Keywords: Pollutant, ozone, nitrogen dioxide, agriculture, satellite.

1 - Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)

مقدمه

نیتروژن یکی از عناصر ضروری بدن موجودات زنده است که در ملکول‌های زیستی مهم از جمله پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل یافت می شود (۱). در چرخه نیتروژن دنیتریفیکاسیون فرآیندی است که نیترات را به شکل در دسترس زیستی یعنی گاز نیتروژن (N_2) در می آورد و آن را به جو باز می گرداند. دیگر اشکال واسطه‌ای گازهای حاوی نیتروژن از جمله دی اکسید نیتروژن (N_2O) به عنوان گازهای گلخانه ای در نظر گرفته می شوند که همگی قادرند با اُزون (O_3) واکنش داده و تبدیل به آلاینده جوی تبدیل شوند. سطح اُزون (O_3) در نتیجه افزایش فعالیت‌های انسانی در نیم‌کره شمالی با نرخ ۰,۵ تا ۲ درصد در سال در حال افزایش است (۲). گاز اُزون مهم‌ترین عامل اکسید کننده در تروپوسفر[1] است که از طریق اکسیداسیون شیمیایی-نوری پیش‌سازهای آلاینده-ها از جمله اکسیدهای نیتروژن ($NOx=NO+NO_2$)، ترکیبات آلی فرار (VOCs)، متان (CH_4) و مونو اکسید کربن (CO) توسط نور خورشید ایجاد می شود (۳). تحقیقات نشان داده است که در بین پیش‌سازهای آلاینده‌ها، یک همبستگی بین سطوح گاز اُزون و کُل نیتروژن فعال وجود دارد که این بخش فعال شامل مجموعه‌ای از ترکیبات نیتروژن و اکسیژن مانند دی اکسید نیتروژن است (۴).

سازمان بهداشت جهانی سازمان ملل متحد در سال 2020 میلادی اعلام کرد که انتشار دی اکسید نیتروژن به علت اثرات منفی بر سلامت انسان نباید از مقدار 40 میکروگرم در متر مکعب هوا بیشتر باشد (۵). از سوی دیگر، تحقیقات پیشین نشان داده است که گاز اُزون همچنین دارای اثرات مستقیم بر محصولات کشاورزی است. به عنوان نمونه، امان و همکاران (۶) گزارش کردند که تماس با مقادیر اُزون بیش از ۹۰ قسمت در میلیارد در ساعت (ppb/h) منجر به مشکلات تنفسی در انسان می شود. به طریق مشابه، با توجه به ماهیت گیاه‌سوزی گاز اُزون در سطوح بالاتر از ۴۰ قسمت در میلیارد، افزایش این آلاینده دارای قابلیت کاهش‌دهنده رشد و عملکرد در گیاهان زراعی و باغی است (۷). اُزون همچنین دارای اثر منفی بر کیفیت محصول، بیوشیمی میوه و ارزش تغذیه‌ای علوفه است (۸).

در ایالات متحده امریکا، برنامه ملی ارزیابی عملکرد محصولات کشاورزی از سال ۱۹۸۰ میلادی برای سنجش اثر اقتصادی آلاینده‌های جوی بر کشاورزی آغاز شد. این برنامه کاهش کارایی محصولات کشاورزی اصلی این کشور را در ارتباط با غلظت آلاینده‌های جوی محاسبه می کند و این نتایج را با مدل‌های اقتصادی تلفیق کرده و در نتیجه سود ناشی از کاهش اُزون را معین می کند. در سطح ملی، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی ایالات متحده امریکا ناشی از آلاینده اُزون، حدود پنج درصد تخمین زده می شود که در صورت کاهش ۴۰ درصدی این گاز، افزایش تولید محصولات کشاورزی به ارزش سه میلیارد دلار قابل تحقق است (۹). در اروپا، روش‌های مختلفی برای تخمین اثرات آلاینده اُزون بر بازده محصولات کشاورزی به کار رفته است. میزان مواجهه با اُزون به عنوان شاخصی در نظر گرفته می شود که رابطه مستقیم خطی شدید با عملکرد گندم کشت شده در مزارع آزمایشی در بخش‌های مختلف قاره اروپا دارد (۱۰). در بیشتر قسمت‌های اروپا، کاهش ۱۰ درصدی عملکرد در محصولاتی که در معرض اُزون قرار می گیرند گزارش شده است که نشان می دهد که این آلاینده قابلیت بسیاری برای اثر بر عملکرد محصولات زراعی دارد (۱۱).

در حالی که کشورهای غرب اروپا و امریکای شمالی تمرکز قابل توجهی بر کاهش انتشار آلاینده های جوی وجود دارند، افزایش قابل توجه این آلاینده‌ها در کشورهای جهام سوم مشاهده می شود. در هند، چین و افریقای جنوبی، اغلب مزارع زیر کشت در معرض خطر جدی آلایندهای جوی هستند. در بسیاری از کشورهای دیگر از جمله مصر، مالزی، بنگلادش، فیلیپین و اندونزی اراضی کشاورزی در معرض خطر جدی آلاینده ها هستند. کشورهای دیگر شامل مکزیک، نیجریه و زیمباوه دارای

۱- پایین ترین لایه اتمسفر است که تا ارتفاع ۲۰ کیلومتر از سطح زمین را شامل می شود و تمامی بخار اب و ذرات معلق جو را در خود نکه می دارد.

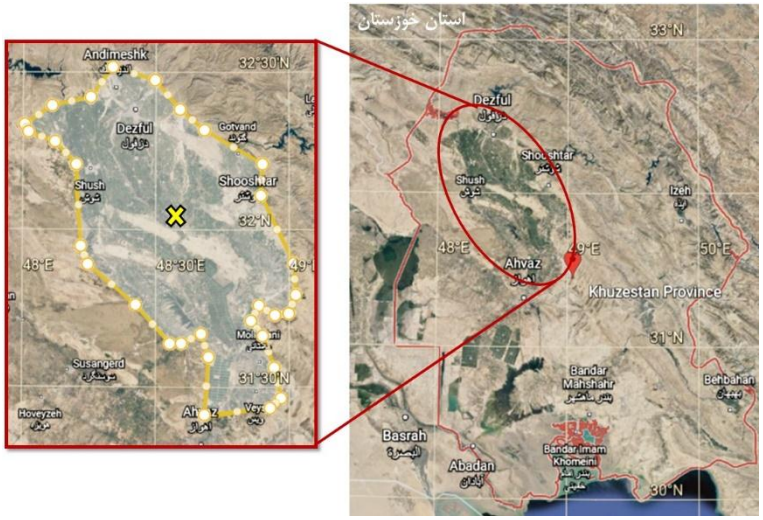
اراضی با ریسک متوسط هستند (۱۲). در مناطق روستایی هند، گندم زمستانه و محصولات زراعی در اثر این آلاینده به ترتیب حدود ۱۰ و ۱۵ درصد کاهش عملکرد نشان داده‌اند (۱۳). مطالعات در پاکستان نشان داده است که کاهش محصولات کشاورزی ناشی از آلاینده اُزون در گونه‌های حساس گیاهی تا ۴۰ درصد و بیشتر در مناطق روستایی مجاور شهر لاهور وجود دارد. این نتایج این فرضیه را تایید می کند که اثر این آلاینده در نواحی روستایی مجاور شهرهای بزرگ از اثر آنها در درون این شهرها بیشتر است (۱۴).

بر طبق نتایج تحقیقات موجود در دنیا، آلاینده دی اکسید نیتروژن دارای اثرات نامطلوب بر محصولات کشاورزی است، اما این اثرات تاکنون حتی برای مناطق اصلی (زیست‌بوم های) تولید کشاورزی ایران مطالعه نشده است. تحقیق حاضر، به عنوان یک پژوهش نو، با دو هدف انجام شد: ۱- جلب توجه متخصصان علوم کشاورزی به مساله آلاینده‌ها و اثرات آن‌ها بر تولید محصولات؛۲- مطالعه وضعیت کنونی آلاینده دی اکسید نیتروژن در زیست‌بوم های کشاورزی ایران.

روش بررسی

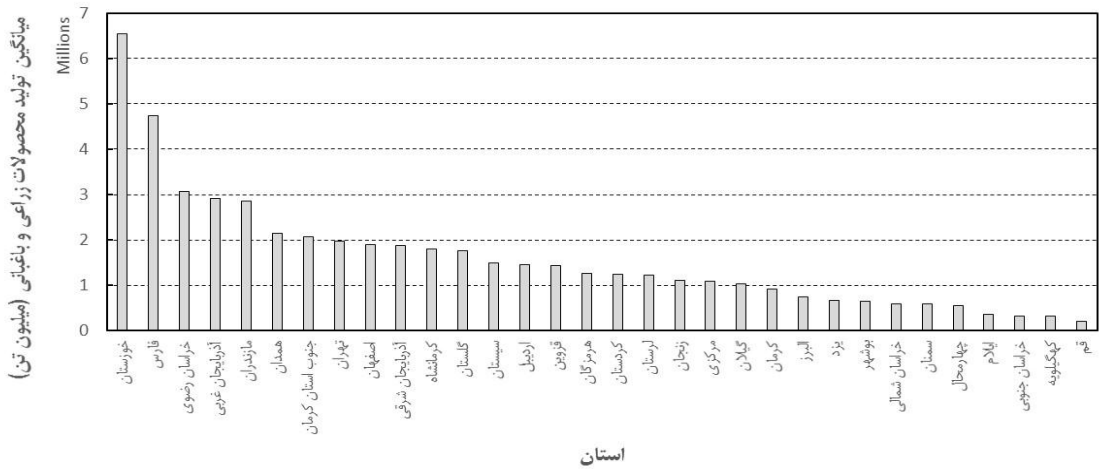
تعیین زیست‌بوم های اصلی کشاورزی ایران

ایران با برخورداری از شرایط اقلیمی متفاوت، دارای اراضی گسترده‌ی کشاورزی در همه‌ی استان‌ها است که هر کدام از این مناطق، هر ساله، محصولات متنوعی را تولید می کنند. به منظور تعیین مهم‌ترین استان ها از نظر حجم تولیدات کشاورزی، ابتدا تمامی استان‌ها بر اساس دو شاخص شامل: ۱- سطح زیرکشت اراضی و ۲- میانگین مجموع تولیدات سالانه کشاورزی -شامل زراعی و باغی- رتبه بندی شدند. به این منظور شاخص مشترک (= محصول × سطح زیرکشت) برای همه استان ها محاسبه شد و سپس پنج استان اول دارای بیشترین شاخص طبق آمار ارایه شده توسط مرکز آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی (۱۵) به عنوان مرجع مقایسه استان ها به کار برده شد. پس از تعیین پنج استان اول زیست‌بوم کشاورزی، مرکز جغرافیایی اراضی کشاورزی هر یک از استان‌های منتخب بر طبق نقشه هوایی به عنوان نقطه مرجع (نماینده اراضی آن استان) برای استخراج داده های آلاینده از پایگاه اطلاعاتی مد نظر قرار گرفت. به منظور به دست آوردن مقدار آلاینده دی اکسید نیتروژن در مراکز جغرافیایی زیست‌بوم های زراعی-باغی، از روش «درون‌یابی با تکنیک مکعبی» بر طبق روش توصیف شده توسط نورآزیان و همکاران (۱۶) استفاده شد. به عنوان نمونه، مختصات جغرافیایی مرکز اراضی کشاورزی (نماینده کُل اراضی) برای استان خوزستان در شکل ۱ نشان داده شده است. شکل ۲ رتبه‌بندی استان های ایران را بر حسب میانگین سطح زیر کشت و مجموع تولید سالانه محصولات کشاورزی (زراعی و باغی) نشان می دهد. استان خوزستان با میانگین کُل ۶/۵ میلیون تُن محصولات کشاورزی در رتبه اول و استان قم با تولید مجموع ۲۰۰ هزار تن محصول در پایین ترین رتبه بین استان ها قرار داشت. پنج استان اول زیست‌بوم کشاورزی شامل خوزستان، فارس، خراسان رضوی، آذربایجان غربی و مازندران بود. شکل ۳ رتبه بندی زیست‌بوم های کشاورزی را بر اساس میانگین سطح زیر کشت اراضی این پنج استان نشان می دهد.



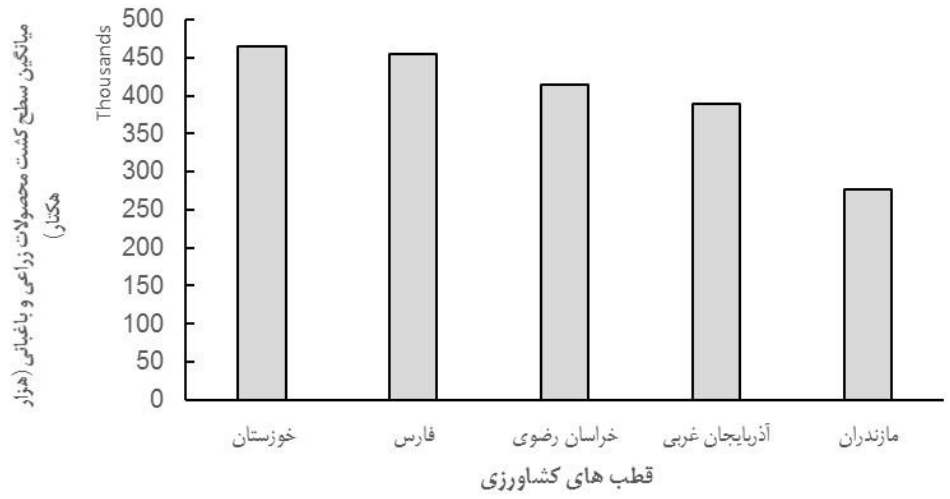
شکل ۱- روش تعیین مرکز جغرافیایی زیست بوم زراعی-باغی استان خوزستان برای محاسبه آلاینده

Figure 1. Method of selecting the geographical center of agricultural-horticultural ecosystem of Khuzestan province for calculating pollutants



شکل ۲- رتبه‌بندی استان ها بر حسب مجموع تولید سالانه محصولات زراعی و باغبانی (۱۵)

Figure 2. Ranking of provinces according to the total annual production of agricultural and horticultural products (15)



شکل ۳- رتبه‌بندی زیست بوم های زراعی-باغی بر مبنای میانگین اراضی کشت شده (۱۵)

Figure 3. Ranking of agricultural-horticultural ecosystems based on the average cultivated lands (15)

داده های سنجش از راه دور دی اکسید نیتروژن

در این تحقیق از داده های تروپوسفری ستون دی اکسید نیتروژن دریافت شده از ماهواره کوپرنیک Sentinel-5 قابل دسترسی در پایگاه اطلاعاتی ناسا[1] با نام «مرکز آرشیو داده‌های فعال زمینی گودارد (Goddard)» بر طبق روش توصیف شده توسط کوهل و همکاران (۱۷) استفاده شد. ابزار نصب شده بر روی ماهواره فوق «ابزار سنجش از راه دور تروپوسفری[2]» یا به اختصار «تروپومی» نام دارد که درواقع نوع ویژه ای از طیف سنج حساس به طول موج ماوراء بنفش تا نور قابل مشاهده[3]، نزدیک مادون قرمز[4] و موج کوتاه مادون قرمز[5] با زاویه دید ۱۰۸ درجه است. این سنجش‌گر ماهواره‌ای قادر است سطوح گازهای اُزون، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، متان، مونواکسید کربن، فرمالدهید، ذرات معلق و ابر (بخار آب) را با وضوح مکانی، زمانی و طیفی بالا اندازه‌گیری کند. داده‌های موجود از سنجش دی اکسید نیتروژن این ماهواره در دنیا به عنوان یکی از مراجع معتبر میزان انتشار گازهای NOx است که تاکنون توسط محققان بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است (۱۸-۲۱). از آنجا که هدف اصلی از این پژوهش، ارزیابی آلاینده دی اکسید نیتروژن با اهداف مطالعات کشاورزی است، مقادیر این آلاینده فقط برای دوره رشد فعال اغلب گیاهان زراعی و باغی شامل شش ماه اول هر سال (فصل بهار و تابستان) و برای سال های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ با فواصل زمانی هر دو هفته یک بار ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه سطوح آلاینده دی اکسید نیتروژن در بین استان های مورد مطالعه در سه سال، از روش تجزیه واریانس یک طرفه در نرم افزار SPSS 17.0 استفاده شد. میانگین آلاینده پنج استان با متغیرهای مستقل شامل متغیر محل (استان) و سال (یکی از سه سال مورد مطالعه) به روش آزمون توکی (α=0.05) انجام شد.

یافته ها

شکل ۴ نوسانات سطح آلاینده دی اکسید نیتروژن را در طی فصل رشد گیاهان از ابتدای فصل بهار تا پایان تابستان در سه سال مورد مطالعه نشان می دهد. در شکل ۴ (قسمت الف) دیده می شود که بیشینه مقدار آلاینده در سال ۱۳۹۷ در استان

1- National Aeronautics and Space Administration
2-Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI)
3- UV-VIS, 270nm to 495nm
4- Near infrared (NIR, 675nm to 775nm)
5- Shortwave infrared (SWIR, 2305nm-2385nm)

فارس با مقدار ۸۰ میکرومول در متر مربع در هفته دوم خرداد ۱۳۹۷ ثبت شده است، در حالی که کمینه مقدار آلاینده در استان خراسان رضوی در هفته سوم خرداد ثبت شده است. همچنین در استان خوزستان، آلاینده جوی اراضی کشاورزی روند افزاینده ای را تا پایان فصل بهار نشان داده است و سپس در طی تابستان کاهش یافته است (شکل ۴).

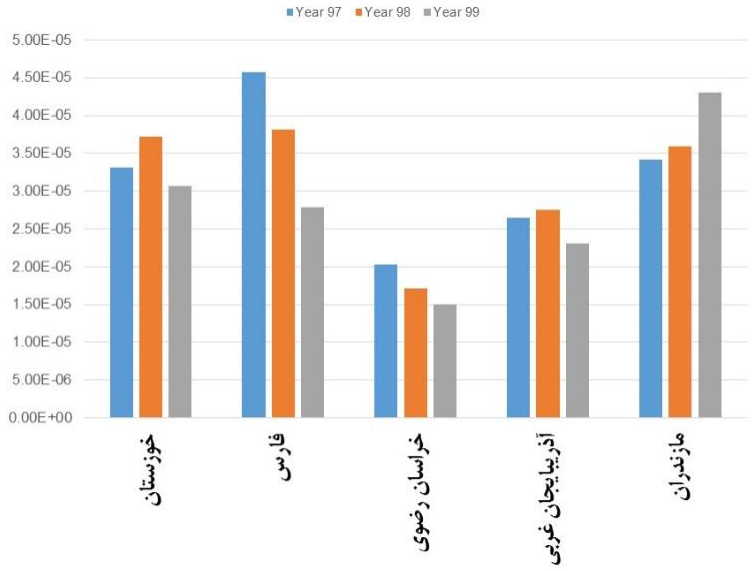
در سال ۱۳۹۸ شکل ۴ (قسمت ب) بیشینه آلاینده دی اکسید نیتروژن بر روی اراضی کشاورزی استان خوزستان با مقدار ۷۱ میکرومول بر متر مربع در انتهای هفته اول تیر ماه ثبت شده است که این مقدار نسبت به مدت مشابه در سال قبل ۱۳۰ درصد افزایش نشان داده است. کمینه مقدار آلاینده در این سال در اراضی کشاورزی خراسان رضوی با مقدار شش میکرومول بر متر مربع در هفته سوم اردیبهشت ثبت شده است.

در سال ۱۳۹۹، شکل ۴ (قسمت ج) استان مازندران بیشترین سطح آلاینده دی اکسید نیتروژن معادل ۱۶۰ میکرومول بر متر مربع را در هفته سوم خرداد داشته است که نسبت به همین تاریخ در سال قبل ۴۰۰ درصد افزایش داشته است. به نظر می رسد یکی از دلایل افزایش این آلاینده افزایش حجم مسافرت ها در تعطیلات تابستان بعد از دوره طولانی محدودیت های اعمال شده به علت همه گیری کووید-۱۹ بوده است. کمینه مقدار این آلاینده در این سال همانند سال گذشته به اراضی کشاورزی استان خراسان رضوی با یک میکرومول بر متر مربع در ۱۵ فروردین است.

شکل ۴- تغییرات آلاینده دی اکسید نیتروژن در زیست بوم های اصلی کشاورزی ایران در شش ماهه اول ۱۳۹۷ (الف)- ۱۳۹۸ (ب) - ۱۳۹۹ (ج)

Figure 4. Changes in nitrogen dioxide pollutant in the main agro-ecosystems of Iran in the first six months of 2018 (a) - 2019 (b) - 2020 (c)

نتایج آماری مقایسه سطوح میانگین آلاینده پنج استان در جدول ۱ آمده است. بر این اساس فرض یکسان بودن میانگین آلاینده ها بین سال های مورد مطالعه رد نشد و بنابراین تفاوت معنی داری بین سطوح این آلاینده در سه سال مشاهده نشد. در مقابل، تفاوت معنی دار آماری بین استان های مختلف از نظر سطح آلاینده دی اکسید نیتروژن وجود داشت. به منظور فهم بهتر تفاوت میان سطوح دی اکسید نیتروژن بین زیست‌بوم های کشاورزی ایران در بین سال های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹؛ میانگین مقادیر این آلاینده در قالب نمودار ستونی در شکل ۵ نشان داده شده است. به طور خلاصه، سطوح آلایندگی به جز در استان مازندران، در چهار استان دیگر، در سال ۱۳۹۹ کمتر از دو سال قبل از آن بوده است. بنابه آمار در طول یک سال اول شیوع کرونا، میزان ورود و اقامت رسمی گردشگران به این استان ۵۸ درصد کاهش داشته است (۲۲) و بنابراین کاهش آلاینده ناشی از محدودیت های همه گیری کووید-۱۹ بوده است و این احتمال وجود دارد که این کاهش ها همراه با افزایش تولیدات کشاورزی در این چهار استان باشد.



شکل ۵-میانگین سالانه مقدار آلاینده دی اکسید نیتروژن در زیست بوم های کشاورزی ایران

Figure 5. Annual mean levels of nitrogen dioxide pollutant over Iranian agro-ecosystems

جدول ۱-نتایج تجزیه واریانس میانگین آلایندهٔ دی اکسید نیتروژن زیست بوم های کشاورزی ایران

Table 1. Results analysis of variance of the average nitrogen dioxide pollutant over Iranian agro-ecosystems

متغیر مستقل	درجه آزادی	F-value	مقدار احتمال (p-value)	گروه بندی با آزمون Tukey		
				استان	میانگین ($\mu mol/m^2$)	گروه بندی
استان	۴	۳/۹۳	۰/۰۰۴	فارس	۳۸	A
				مازندران	۳۷	A
				خوزستان	۳۴	A
				آذربایجان غربی	۲۶	B
				خراسان رضوی	۲۵	B

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، تغییرات آلاینده دی اکسید نیتروژن در زیست‌بوم های اصلی کشاورزی ایران طی سه سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ بررسی شد. مقادیر انتشار دی اکسید نیتروژن استان‌های خوزستان، مازندران، خراسان رضوی، فارس و آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. بیشینه مقدار آلاینده در سال ۱۳۹۷ در استان فارس (۸۰ میکرومول)، در ۱۳۹۸ در استان خوزستان (۷۱ میکرومول بر مترمربع) و در ۱۳۹۹ استان مازندران بیشترین سطح آلاینده (۱۶۰ میکرومول بر متر مربع) را داشته است.

Ramachandran و همکاران (۱۹) در مطالعه سطوح دی اکسید نیتروژن در مناطق مختلف هند نشان دادند که ۱۲ نقطه جغرافیایی بحرانی از این نظر در سرتاسر این کشور وجود دارد که اغلب آنها دارای روند مثبت افزایش آلاینده هستند. در بین این نقاط، مناطق روستایی نیز وجود داشتند که در مطالعات قبل توسط همین محققان مورد شناسایی قرار نگرفته بودند. مطالعه حاضر در ایران نشان داد که در مرکز جغرافیایی زیست بوم های کشاورزی در ایران از جمله در استان های مهم کشاورزی مانند خوزستان، فارس و مازندران نیز چنین تراکم بالایی از آلاینده جوی دی اکسید نیتروژن وجود دارد. به طریق مشابه، مطالعه‌ی دیگر در لهستان (۴) نشان داد که اوج افزایش دی اکسید نیتروژن در طی سال در هر دوی مناطق شهری و روستایی روند مشابهی داشت و در واقع نقاط روستایی از نقاط شهری تبعیت می کنند.

از نظر الگوی زمانی انتشار دی اکسید نیتروژن، بررسی نوسانات آلاینده در شش ماهه اول سه سال مورد مطالعه در ایران نشان داد که حداکثر میزان آلاینده دی اکسید نیتروژن در سال ۱۳۹۷ با مقدار ۸۰ میکرومول بر متر مربع متعلق به اراضی کشاورزی استان فارس بود. در اواسط خرداد ۱۳۹۹ میزان انتشار آلاینده مورد مطالعه از زمین های کشاورزی استان مازندران بیش از ۴۰۰ درصد نسبت به زمان مشابه در سال ۱۳۹۸ افزایش نشان داد و به سطح ۱۶۰ میکرومول بر مترمربع رسید. در لهستان، مشابه چنین سنجش های از راه دور انجام شده است که نتایج آن، تایید کننده بروز اوج آلاینده در فصل تابستان است و محققان علت این پدیده را به افزایش پیش-سازهای ازون در نتیجه فعالیت های انسانی از جمله افزایش سفرها نسبت می دهند (۴).

در توضیح دلایل افزایش دی اکسید نیتروژن در زیست بوم های کشاورزی که از نظر جغرافیایی از مراکز صنعتی و شهرهای پرتردد فاصله دارند می توان به جابجایی طولانی مدت و منطقه ای این آلاینده از مناطق آلوده و همچنین نزول آن از لایه استراتوسفر به لایه مجاور سطح زمین اشاره کرد. این مشخصه به طور خاص در فصول بهار و تابستان در عرض های جغرافیایی میانی ثابت شده است (۲۳).

در نتیجه انجام این مطالعه، پیشنهاد می شود تحقیقات جداگانه دیگری برای برآورد اثرات آلاینده های جوی از جمله دی اکسید نیتروژن بر عملکرد محصولات کشاورزی ایران در مناطق اصلی تولید انجام شود. در صورت اثبات اثرات سوء تراکم آلاینده ها بر کیفیت و کمیت محصولات می توان مزیت اقتصادی سرمایه گذاری در کاهش آلاینده را محاسبه کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله استفاده رایگان از داده‌های «ستون دی اکسید نیتروژن» قابل دسترسی در پایگاه اطلاعاتی زیر را تایید می کنند:

https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/S5P_L2__NO2____HiR_1/summary

References

1. Bernhard, A. (2010). The nitrogen cycle: Processes. Players, and Human impact. Nature Education Knowledge, 3(10) 25.
2. Vingarzan, R. (2004). A review of surface ozone background levels and trends. Atmospheric environment, 38(21) 3431-3442.
3. Lelieveld, J. O. Crutzen, P., Ramanathan, V., Andreae, M.,

Brenninkmeijer, C., Campos, T., Cass G., Dickerson, R., Fischer, H., & DeGouw, J. (2001). The Indian Ocean experiment: widespread air pollution from South and Southeast Asia. Science, 291(5506) 1031-1036.

4. Wałaszek, K., Kryza, M., & Werner, M. (2018). The role of precursor emissions on ground level ozone concentration during summer season in Poland. Journal of Atmospheric Chemistry, 75(2) 181-204.
5. Anonymous. (2021). Even small increases in NO2 levels could be linked to heightened risk of heart and respiratory death: Global study calls for tightening of current air pollution limits to boost health." ScienceDaily. ScienceDaily, www.sciencedaily.com/releases/2021/03/210324195141.htm.
6. Amann, M., Dervent, D., Forsber, B., Simpson, D. (2008). Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe.
7. Fuhrer, J. (2009). Ozone risk for crops and pastures in present and future climates. Naturwissenschaften, 96(2) 173-194.
8. Booker, F., Muntifering, R., McGrath, M., Burkey, K., Decoteau, D., Fiscus, E., Manning, W. Krupa, S., Chappelka A., & Grantz, D. (2009). The ozone component of global change: potential effects on agricultural and horticultural plant yield, product quality and interactions with invasive species. Journal of Integrative Plant Biology, 51(4) 337-351.
9. Heck, W. W., & Taylor, O.C. (2012). Assessment of crop loss from air pollutants. Springer.
10. Fuhrer, J., Skärby, L., & Ashmore, M.R. (1997). Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe». Environmental pollution, 97(1-2) 91-106.
11. Schenone, G., Botteschi, G., Fumagalli, I., & Montinaro, F. (1992). Effects of ambient air pollution in open-top chambers on bean (Phaseolus vulgaris L.) I. Effects on growth and yield. New phytologist, 122(4) 689-697.
12. Marshall, F., Ashmore, M., & Hinchcliffe, F. (1997). A hidden threat to food production: Air pollution and agriculture in the developing world. International Institute for Environment and Development.
13. Debaje, S., Kakade, A., & Jeyakumar, S.J. (2010). Air pollution effect of O3 on crop yield in rural India. Journal of hazardous materials, 183(1-3) 773-779.
14. Wahid, A., Maggs, R., Shamsi, S., Bell, J., & Ashmore, M. (1995). Air pollution and its impacts on wheat yield in the Pakistan Punjab. Environmental pollution, 88(2) 147-154.
15. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdeshah, H., & Kazemian, A. (2018). Iran agriculture statistic. Tehran: Ministry of Jihad-e-Agriculture. (In Persian)
16. Norazian, M. N., Shukri, Y.A., & Azam, R.N. (2008). Estimation of missing values in air pollution data using single imputation techniques. ScienceAsia, 34(3) 341–345.

17. Kohl, A., Hart, T. J., Noonan, C., Royall, E., Roberts, L. O., & Elliott, R. M. (2004). A bunyamwera virus minireplicon system in mosquito cells. Journal of virology, 78(11) 5679-5685.
18. Zheng, F., Yu, T., Cheng, T., Gu, X., & Guo, H. (2014). Intercomparison of tropospheric nitrogen dioxide retrieved from Ozone Monitoring Instrument over China. Atmospheric Pollution Research, 5(4) 686-695.
19. Ramachandran, A., Jain, N. K., Sharma, S. A., & Pallipad, J. (2013). Recent trends in tropospheric NO2 over India observed by SCIAMACHY: Identification of hot spots. Atmospheric Pollution Research, 4(4) 354-361.
20. Lamsal, L. N., Duncan, B. N., Yoshida, Y., Krotkov, N. A., Pickering, K. E., Streets, D. G,. & Lu, Z. (2015). US NO2 trends (2005–2013): EPA Air Quality System (AQS) data versus improved observations from the Ozone Monitoring Instrument (OMI). Atmospheric environment, 110:130-143.
21. Wang, C., Wang, T., Wang, P., & Rakitin, V. (2020). Comparison and validation of TROPOMI and OMI NO2 Observations over China. Atmosphere, 11(6) 636.
22. Anonymous. 2020. Corona reduced the official tourism statistics of Mazandaran by about 60%. https://www.irna.ir/news/84246085/.
23. Hsu, J. (2005). Diagnosing the stratosphere-to-troposphere flux of ozone in a chemistry transport model. Journal of Geophysical Research, 110(D19), D19305 .