

Variazioni climatiche, inquinamento atmosferico, eventi atmosferici estremi e asma bronchiale allergico

Climate variations, air pollution, extreme atmospheric events and allergic bronchial asthma

Gennaro D'Amato

Già Direttore Divisione di Malattie Respiratorie e Allergiche, Dipartimento di Malattie Respiratorie, High Specialty "A. Cardarelli", Napoli

Riassunto

C'è una correlazione tra variazioni climatiche, inquinamento atmosferico [biologico (pollini e miceti) e chimico (polveri e gas)] e manifestazioni cliniche di allergopatie respiratorie. Le variazioni climatiche inducono e si associano a variazioni qualitative e quantitative del contenuto allergenico atmosferico con la conseguente maggiore aggressività nelle vie aeree degli allergeni aerotrasportati e loro maggiore effetto asmogeno. Nel contesto dei fattori biologici scatenanti le crisi allergiche, in particolare quelle rinitiche ed asmatiche, troviamo i pollini allergenici che oltre a penetrare nel naso, in condizioni particolari possono raggiungere le vie aeree inferiori inducendo crisi asmatiche a volte anche molto gravi. Le variazioni climatiche sono caratterizzate da eventi meteorologici che inducono incremento della produzione ed emissione della CO₂ antropogenica in atmosfera. Come risposta agli elevati livelli atmosferici di CO₂, le piante allergeniche producono una quantità maggiore di polline e con un contenuto allergenico più elevato ma le variazioni climatiche inducono anche eventi atmosferici maggiori come ondate di calore, temporali, cicloni, inondazioni e uragani. Questi eventi climatici, in particolare i temporali nelle stagioni polliniche, possono aumentare l'intensità degli attacchi asmatici nei soggetti pollinosici con un meccanismo di rottura dei granuli pollinici e liberazione in atmosfera di componenti citoplasmatiche veicolanti allergeni.

Parole chiave: allergia respiratoria, pollini allergenici, variazioni climatiche e allergia, asma allergico grave, asma da temporale

Summary

Respiratory allergy has a strict correlation with air pollution and climate change increasing the presence in atmosphere of trigger factors such as pollens and molds able to induce rhinitis and asthma in sensitized patients with IgE-mediated allergic reactions.

Pollen allergy is frequently used to evaluate the interrelation between air pollution and allergic respiratory diseases. Pollen allergens have been shown to trigger the release of immunomodulatory and pro-inflammatory mediators that accelerate the onset of respiratory allergy in children and adults. Lightning storms during pollen seasons can cause exacerbation of respiratory allergy and asthma in adults but also in children with pollinosis.

Environmental pollution and climate change have harmful effects on human health, particularly on respiratory system, with frequent repercussions also on social systems.

Climate change is characterized by physic meteorological events inducing increase of production and emission in atmosphere of anthropogenic carbon dioxide (CO₂).

Studies show that allergenic plants produce more pollen as a response to high atmospheric levels of carbon dioxide (CO₂). Climate change affects also extreme atmospheric events such as heat waves, droughts, thunderstorms, floods, cyclones and hurricanes, increasing the intensity of asthma attacks in pollinosis patients during these events.

Climate change has important effects on the start and pathogenetic aspects of hypersensitivity of pollen allergy. Climate change causes an increase in the production of pollen and

Ricevuto/Received: 14/03/2023
Accettato/Accepted: 03/05/2023

Corrispondenza

Gennaro D'Amato
via Rione Sirignano 10, 80121 Napoli, Italia
gdamatomail@gmail.com

Conflitto di interessi

L'autore dichiara di non avere nessun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.

Come citare questo articolo:

D'Amato G. Variazioni climatiche, inquinamento atmosferico, eventi atmosferici estremi e asma bronchiale allergico. Rassegna di Patologia dell'Apparato Respiratorio 2023;38:37-42. <https://doi.org/10.36166/2531-4920-N681>

© Copyright by Associazione Italiana Pneumologi Ospedalieri – Italian Thoracic Society (AIPO – ITS)



OPEN ACCESS

L'articolo è open access e divulgato sulla base della licenza CC-BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

a change in the aspects increasing their allergenic properties. Through the effects of climate change plant growth can be altered so that the new pollen produced are modified affecting more the human health. The need for public education and adoption of governmental measures to prevent environmental pollution and climate change are urgent. Efforts to reduce greenhouse gases, chemical and biologic contributors to air pollution are of critical importance. Extreme weather phenomena such as thunderstorms can trigger exacerbations of asthma attacks and need to be prevented with a correct information and therapy

Key words: respiratory allergy, allergenic pollen, climate change and allergy, severe allergic asthma, thunderstorm asthma

Introduzione

L'allergia respiratoria è correlata ai cambiamenti climatici (CC) e all'inquinamento atmosferico. L'allergia da polline è frequentemente usata per valutare il rapporto tra inquinamento atmosferico e malattie respiratorie allergiche quali la rinite e l'asma. Gli allergeni pollinici inducono il rilascio da cellule infiammatorie quali i mastociti ed i basofili di mediatori chimici proinfiammatori come istamina, leucotrieni ed altri mediatori ed accelerano le esacerbazioni asmatiche nei soggetti con ipersensibilità immunologica IgE-mediata, non solo adulti ma anche di età pediatrica.

I CC sono caratterizzati da eventi fisici meteorologici che inducono aumento della produzione e della emissione di CO₂ antropogenico in atmosfera. Le piante allergeniche producono più polline in risposta agli elevati livelli di CO₂. D'altra parte i CC inducono una maggior frequenza di eventi atmosferici estremi come temporali, cicloni, inondazioni ed uragani. Questi eventi climatici, in particolare temporali durante le stagioni polliniche, possono incrementare la frequenza e l'intensità delle manifestazioni asmatiche a substrato allergico.

La prima descrizione degli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sull'apparato respiratorio

Plinio il Giovane. Lettera a Tacito. VI, 16,105 AD, Roma. Nella sua lettera a Tacito, Plinio il Giovane parla di Plinio il Vecchio, descrive il primo decesso da inquinamento atmosferico naturale. Plinio il Vecchio, oltre che storico e studioso di scienze e di matematica, era anche il comandante della flotta romana in rada a Capo Misero, alle porte di Napoli. Quando, nel 79 dopo Cristo, il Vesuvio eruttò, seppellendo Pompei ed Ercolano sotto una coltre di lava, Plinio il Vecchio ordinò alla flotta romana di salpare l'ancora e di dirigersi verso Pompei, sia per portare aiuto alla popolazione che cercava scampo anche in mare, sia per osservare da vicino l'evento.

Purtroppo morì per insufficienza respiratoria acuta da inalazione di gas tossici e di polveri emessi dal Vesuvio. Non è ovviamente dato sapere se la malattia respiratoria da cui era affetto Plinio il Vecchio fosse bronchite cronica o asma bronchiale allergico. In ogni caso queste patolo-

gie respiratorie nell'antichità non erano tanto frequenti come lo sono attualmente e ciò soprattutto per l'azione congiunta di allergeni ed inquinamento atmosferico. Si sa infatti che attualmente a Napoli molti abitanti, sia giovanissimi che adulti, sono affetti da malattie allergiche respiratorie ad interessamento sia nasale con starnutazione sia bronchiale con asma. Tra gli allergeni più diffusi ci sono quelli emessi dal polline di Parietaria, una erbaccia che cresce spontaneamente ai lati delle strade e sui muri.

Gli allergeni di questa erbaccia sono molto aggressivi per le vie aeree e sono in grado di penetrare nei bronchi con l'aria inalata. L'azione allergenica è potenziata dall'interazione con gli agenti dell'inquinamento atmosferico, sia gassosi come l'ozono, sia particolati come le polveri inalate e il PM (PM₁₀ e 2,5).

L'inquinamento atmosferico ha effetti dannosi sulla salute umana in particolare sul sistema respiratorio

I CC sono caratterizzati da eventi fisici meteorologici che spesso incidono sulla salute umana. Evidenza si sta accumulando che i CC influenzano non solo la qualità dell'aria ma anche quella dell'acqua (mari, oceani, fiumi, ghiacciai, etc.) nonché catene alimentari e suoli. La conoscenza attuale sui rapporti tra le malattie allergiche respiratorie come l'asma ed i fattori ambientali come le variabili meteorologiche, allergeni anemofili ed inquinamento atmosferico sono oggetto di studi sperimentali ed epidemiologici¹⁻¹⁵. Fattori climatici (temperature, umidità, forza del vento, temporali etc.) possono influenzare le componenti chimiche e biologiche dell'atmosfera con la loro interazione con le vie aeree inducendo sintomi clinici respiratori^{1-3,15}.

Climate change, inquinamento atmosferico e salute umana nelle aree urbane

La CO₂, primariamente emessa dall'uso dei combustibili fossili (petrolio ed altri composti) è il gas predominante e la causa più significativa di CC. Le altre componenti gassose che contribuiscono ai CC includono il meta-

no (CH₄), l'ossido nitrico (NO₂) ed i gas fluorinati ^{4,15}. L'incremento delle concentrazioni atmosferiche di CO₂ porta ad una maggiore produzione di polline per tempi più lunghi di quanto avveniva in precedenza ^{5,15}.

Con l'incremento delle emissioni in atmosfera di CO₂ è aumentata la fotosintesi di piante allergeniche e la produzione di componenti allergeniche come i pollini ^{11,15}. Le strade urbane delle vecchie città come tante dell'area mediterranea appaiono come dei "canyons" delimitati da palazzi e con effetti negativi sulla dispersione di inquinanti, così da favorire l'accumulo di inquinanti a livello del suolo.

I CC variano da regione a regione nei vari Paesi in dipendenza di latitudine, altitudine, pioggia e temporali, urbanizzazione, trasporti e produzione di energia ^{4,15}. Attualmente milioni di tonnellate di CO₂ vengono prodotte nel mondo industrializzato per consumo di combustibili fossili, in particolare petrolio ma anche per gli incendi di alberi e foreste che sono spesso di origine volontaria e quindi criminale ¹⁵. Queste attività umane inducono emissioni di CO₂ ¹²⁻²⁷, ma anche di particolato e di ozono. Le misure per ridurre le emissioni di CO₂ e di altri gas inquinanti l'atmosfera si traducono in effetti positivi sulla salute umana. In ogni caso anche dopo che le emissioni di CO₂ verranno auspicabilmente ridotte e le concentrazioni atmosferiche si stabilizzeranno, la temperatura del globo continuerà ad essere elevata per anni. Ciò significa che è davvero urgente attuare misure di riduzione della CO₂ atmosferica e quindi interrompere il trend in incremento peggiorativo delle variazioni climatiche ¹⁵.

Effetti delle variazioni climatiche sui fattori scatenanti crisi allergiche come i pollini allergenici

Wayne et al. ¹⁰ hanno osservato che il raddoppio delle concentrazioni atmosferiche di CO₂ potenzia la produzione di polline di una composita, l'ambrosia (il Ragweed degli autori anglosassoni) in media del 61% per pianta. In aggiunta, il polline di ambrosia prelevato ai bordi di strade trafficate da veicoli a motore mostra una maggiore allergenicità rispetto alle erbe delle aree extraurbane ¹⁰.

Le variazioni nella componente agronomica nella distribuzione di piante e di erbe sul territorio svolgono un ruolo importante nella diffusione di erbe allergeniche come le graminacee ¹².

Gli effetti dei CC sulla forza dei venti, sul tempo e sull'intensità delle piogge e dei temporali e sull'aumento della temperatura possono influenzare la frequenza e la gravità degli episodi di inquinamento atmosferico.

Climate change e i suoi effetti sull'inquinamento atmosferico

I CC insieme con l'esposizione agli inquinanti chimici e biologici sono stati dimostrati avere conseguenze allarmanti sulla salute umana e nell'aumentare le esacerbazioni asmatiche. L'incremento dell'ozono atmosferico si associa con un decremento acuto nella funzione polmonare e in un aumento dell'iperreattività delle vie aeree legata ad infiammazione e stress sistemico ossidativo bronchiale ^{7,10,12}. In particolare, l'ozono è significativamente associato con la presentazione di sintomi respiratori e con la necessità di usare farmaci adeguati alla terapia degli attacchi asmatici anche gravi. In breve, alti livelli di ozono, favoriti da alte temperature, si associano ad aumentata dispnea e necessità di usare medicinali di emergenza ^{3,8,15}.

Agenti dell'inquinamento atmosferico come ozono, particolato (PM) e soprattutto derivati incombusti del diesel (DEP) oltre a NO₂ e SO₂, aumentano la permeabilità del tratto respiratorio facilitando la penetrazione di allergeni nelle membrane mucose così facilitando l'interazione degli allergeni inalati con le cellule del sistema immunitario in soggetti allergopatici ^{1,2,12,15}.

I componenti dell'inquinamento atmosferico aderiscono alla superficie dei pollini emofili e sono in grado di modificarne non solo l'aspetto ma anche il loro potenziale allergenico. In aggiunta, l'infiammazione delle vie aeree incrementa la loro permeabilità facilitando la penetrazione della barriera mucosa e quindi potenziando la risposta agli allergeni nei pazienti atopici ^{15,23-29}.

Asma e rinite da temporali nelle stagioni polliniche (asma grave indotto da eventi atmosferici estremi)

L'asma da temporali (TA) è un evento che rappresenta un rischio per la salute umana nei pazienti pollinosici durante le stagioni polliniche (Fig. 1). Nell'area mediterranea questi eventi si verificano soprattutto in primavera da marzo a fine giugno. La TA può associarsi ad attacchi asmatici gravi ed anche a decessi nei soggetti con allergia da pollini ³⁰⁻³⁷.

TA è un termine usato per descrivere casi di broncospasmo acuto indotto dall'insorgenza di un temporale in presenza di graminacee o di altre piante allergeniche come ad esempio la Parietaria (volgarmente definite erba da muro che inizia ad emettere pollini a marzo e continua ad impollinare per molti mesi) ³⁰⁻³⁷.

Le esacerbazioni dell'asma dovute ai temporali sono caratterizzate, all'inizio della pioggia intensa, da un rapido incremento nelle visite ai GP o nei dipartimenti di



Figura 1. Durante i temporali improvvisi nelle stagioni del polline i granuli pollinici allergenici (in particolare graminacee e parietaria) possono rompersi dopo di essersi imbibiti di acqua piovana rilasciando il contenuto citoplasmatico che veicola allergeni e potendo così indurre crisi di asma allergico a volte anche grave nei soggetti pollinosici.

emergenza ospedalieri per attacchi asmatici. I pazienti pollinosici, non affetti da asma ma solo da rinite, possono presentare attacchi asmatici per inalazione del microparticolato allergenico.

La spiegazione più verosimile della TA è relativa appunto alla dispersione in atmosfera di particelle inalabili per azione delle piogge intense.

TA occorrono, in genere nei primi minuti di pioggia, verso la fine della primavera ed in estate in concomitanza con elevate concentrazioni atmosferiche di pollini allergenici^{30,31}. Le esacerbazioni dell'asma in forma epidemica correlate ai temporali sono state descritte in diverse città non solo in Europa (Birmingham e Londra nel Regno Unito e Napoli in Italia) ma anche in Australia (in particolare a Melbourne dove è stato registrato nel 2016 il peggiore evento mai visto con dieci decessi e circa 10.000 pazienti in crisi asmatica in una sola giornata)³⁴⁻³⁶.

Per uno *shock* osmotico indotto dall'assorbimento di acqua piovana i pollini possono esplodere con rottura dei granuli rilasciando componenti citoplasmatiche veicolanti allergeni di dimensioni molto ridotte (microparticolato) in grado di penetrare con l'aria inalata nelle vie aeree inferiori scatenando asma talvolta anche grave^{30,31,36,37}.

Considerazioni conclusive

I CC hanno effetti importanti sull'inizio e sugli aspetti patogenetici della ipersensibilità ai pollini allergenici nei soggetti predisposti alle risposte allergiche IgE mediate delle vie aeree.

CC causano un aumento nella produzione e nelle caratteristiche dei pollini allergenici.

Per l'effetto dei CC la crescita delle piante è alterata con produzione aumentata di pollini allergenici e con influenza maggiore sulla salute umana.

Fenomeni estremi come i temporali nelle stagioni polliniche possono indurre l'insorgenza di attacchi asmatici anche violenti nei soggetti con allergia da pollini. L'informazione su questi eventi è importante per un'adeguata prevenzione e terapia di queste occorrenze^{30-33,38-42}. Rompendosi per *shock* osmotico indotto dall'assorbimento di acqua da pioggia durante un temporale o una pioggia forte stagionale i pollini allergenici, soprattutto quelli di graminacee e di parietaria, possono scoppiare rilasciando il contenuto citoplasmatico ricco di componenti allergenici in modo tale da indurre il costituirsi di un aerosol allergenico composto appunto da particelle biologiche di derivazione dal citoplasma

pollinico veicolante allergeni. È urgente la necessità di misure di educazione pubblica onde prevenire e ridurre l'inquinamento atmosferico e le variazioni climatiche. Gli sforzi per ridurre l'inquinamento da polveri e da gas vanno messi in atto ai massimi livelli ed al più presto per indurre una mitigazione delle condizioni climatiche e ridurre la frequenza attualmente in incremento delle crisi di asma bronchiale allergico.

Bibliografia

- 1 D'Amato G, Akdis C. Global warming, climate change, air pollution and allergies. Editorial. *Allergy* 2020;75:2158-2160. <http://dx.doi.org/10.1111/all.14527>
- 2 D'Amato G, Pawankar R, Vitale C, et al. Climate change and air pollution: effects on respiratory allergy. *Allergy Asthma Immunol Res* 2016;8:391-395. <http://dx.doi.org/10.4168/aaair.2016.8.5.391>
- 3 D'Amato G, Vitale C, Lanza M, et al. Climate change, air pollution, and allergic respiratory diseases: an update. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2016;16:434-440. <http://dx.doi.org/10.1097/ACI.0000000000000301>
- 4 Hegerl GC, Zwiers FW, Braconnot P, et al. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press 2007; p.663-746.
- 5 Bielory L, Lyons K, Goldberg R. Climate change and allergic disease. *Curr Allergy Asthma Rep* 2012;12:485-494. <http://dx.doi.org/10.1007/s11882-012-0314-z>
- 6 Silverberg JI, Braunstein M, Lee-Wong M. Association between climate factors, pollen counts and childhood hay fever prevalence in United States. *J Allergy Clin Immunol* 2015;135:463-469. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.08.003>
- 7 Gent JF, Triche EW, Holford TR, et al. Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA* 2003;290:1859-1867. <https://doi.org/10.1001/jama.290.14.1859>
- 8 Rogers HH, Runion GB, Krupa SV. Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment with emphasis on roots and the rhizosphere. *Environ Pollut* 1994;83:155-189. [http://dx.doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)90034-5](http://dx.doi.org/10.1016/0269-7491(94)90034-5)
- 9 Lindsey R. Climate change: atmospheric carbon dioxide. *Climate Gov*. Accessed August 17, 2019.
- 10 Wayne P, Foster S, Connolly J, et al. Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2002;88:279-282. [http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)62009-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206(10)62009-1)
- 11 Cecchi L, D'Amato G, Annesi-Maesano I. External exposure and allergic respiratory and skin diseases. *J Allergy Clin Immunol* 2018;141:846-857. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.01.016>
- 12 D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, et al. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007;62:976-990. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>
- 13 Ziska LH, Bunce JA, Goins EW. Characterization of an urban-rural CO₂/temperature gradient and associated changes in initial plant productivity during secondary succession. *Oecologia* 2004;139:454-458. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-004-1526-2>
- 14 Cecchi L, Morabito M, Domeneghetti MP, et al. Long distance transport of ragweed pollen as a potential cause of allergy in central Italy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2006;96:86-91. [http://dx.doi.org/10.1016/s1081-1206\(10\)61045-9](http://dx.doi.org/10.1016/s1081-1206(10)61045-9)
- 15 D'Amato G, Holgate ST, Pawankar R, et al. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organ J* 2015;8:25. <http://dx.doi.org/10.1186/s40413-015-0073-0>
- 16 Davies JM. Grass pollen allergens globally: the contribution of subtropical grasses to burden of allergic respiratory diseases. *Clin Exp Allergy* 2014;44:790-801. <http://dx.doi.org/10.1111/cea.12317>
- 17 Osborne NJ, Alcock I, Wheeler BW, et al. Pollen exposure and hospitalization due to asthma exacerbations: daily time series in a European city. *Int J Biometeorol* 2017;61:1837-1848. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-017-1369-2>
- 18 Biganzoli F, Zuloaga F. Analysis of Poaceae biodiversity in austral South America. *Rodriguésia* 2015;66:337-351. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566205>
- 19 Soreng RJ, Peterson PM, Romaschenko K, et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). *J Syst Evol* 2015;53:117-137. <https://doi.org/10.1111/jse.12150>
- 20 Soreng RJ, Peterson PM, Romaschenko K, et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) II: an update and a comparison of two 2015 classifications. *J Syst Evol* 2017;55:259-290. <https://doi.org/10.1111/jse.12262>
- 21 Davies J, Timbrell V, Reibelt L, et al. Regional variation in allergic sensitivity to subtropical and temperate grass pollen allergens; outcomes of the multicenter cross-sectional Grass Pollen Allergy Survey (GPAS). *Eur J Immunol* 2016;46:841.
- 22 Rogers CA, Wayne PM, Macklin EA, et al. Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO₂ on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) Pollen Production. *Environ Health Perspect* 2006;114:865-869. <https://doi.org/10.1289/ehp.8549>
- 23 Albertine JM, Manning WJ, DaCosta M, et al. Projected carbon dioxide to increase grass pollen and allergen exposure despite higher ozone levels. *PLoS One* 2014;9:e111712. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111712>
- 24 Sorokin Y, Zelikova TJ, Blumenthal D, et al. Seasonally contrasting responses of evapotranspiration to warming and elevated CO₂ in a semiarid grassland. *Ecophysiology* 2017;10:e1880. <https://doi.org/10.1002/eco.1880>
- 25 Augustine DJ, Derner JD, Milchunas D, et al. Grazing moderates increases in C3 grass abundance over seven decades across a soil texture gradient in shortgrass steppe. *J Veget Sci* 2017;28:562-572. <https://doi.org/10.1111/jvs.12508>
- 26 Willer H, Lernoud J. *The World of Organic Agriculture. Statistics and emerging trends* 2016. 17 editions. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International, Frick and Bonn.

- ²⁷ D'Amato G, Cecchi L. Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases. *Clin Exp Allergy* 2008;38:1264-1274. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2008.03033.x>
- ²⁸ Islam T, Gauderman WJ, Berhane K, et al. Relationship between air pollution, lung function and asthma in adolescents. *Thorax* 2007;62:957-963. <https://doi.org/10.1136/thx.2007.078964>
- ²⁹ D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Holgate S. Environmental risk factors and allergic bronchial asthma. *Clin Exp Allergy* 2005;35:1113-1124. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2005.02328.x>
- ³⁰ D'Amato G, Annesi-Maesano I, Urrutia-Pereira M, et al. Thunderstorm allergy and asthma: state of the art. *Multidiscip Respir Med* 2021;16:806-811. <https://doi.org/10.4081/mrm.2021.806>
- ³¹ D'Amato G, Cecchi L. Thunderstorm-related asthma, not only grass pollen and spores. *J Allergy Clin Immunol* 2008;121:537-8. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.10.046>
- ³² D'Amato G, Vitale C, D'Amato M, et al. Thunderstorm-related asthma: what happens and why. *Clin Exp Allergy* 2016;46:390-396. <https://doi.org/10.1111/cea.12709>
- ³³ D'Amato G, Cecchi L, Annesi-Maesano I. A trans-disciplinary overview of case reports of thunderstorm-related asthma outbreaks and relapse. *Eur Respir Rev* 2012;21:82-87. <https://doi.org/10.1183/09059180.00001712>
- ³⁴ Andrew E, Nehme Z, Bernard S, et al. Stormy weather: a retrospective analysis of demand for emergency medical services during epidemic thunderstorm asthma. *BMJ* 2017;359:j5636. <https://doi.org/10.1136/bmj.j5636>
- ³⁵ Lindstrom SJ, Silver JD, Sutherland MF. Thunderstorm asthma outbreak of November 2016: a natural disaster requiring planning. *Med J Aust* 2017;207:235-237. <https://doi.org/10.5694/mja17.00285>
- ³⁶ Final Report: Literature review on thunderstorm asthma and its implications for public health advice. Queensland University of Technology. Brisbane, Australia. Contracted by: Department of Health and Human Services, Victorian State Government. May 19, 2017.
- ³⁷ Ying-Yang Xu, Tao Xue, Hui-Rong Li, Kai Guan. Retrospective analysis of epidemic thunderstorm asthma in children in Yulin, northwest China. *Pediatric Research* 2021;89:958-961.
- ³⁸ Rossati A. Global warming and its health impact. *Int J Occup Environ Med* 2017;8:7-20. <https://doi.org/10.15171/ijoem.2017.963>
- ³⁹ Woodward AJ, Samet JM. Climate change, hurricanes, and health. *Am J Public Health* 2018;108:33-35. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304197>
- ⁴⁰ Waddell SL, Jayaweera DT, Mirsaeidi M, et al. Perspectives on the health effects of Hurricanes: a review and challenges. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:2756. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052756>
- ⁴¹ Annesi-Maesano I, Maesano CN, D'Amato M, D'Amato G. Pros and cons for the role of air pollution on COVID-19 development. *Allergy* 2021;76:2647-2649. <https://doi.org/10.1111/all.14818>
- ⁴² McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 2006;367:859-869. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68079-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3)