الهباء الجوي وتأثيراته على مناخ شبه الجزيرة العربية

الطالب: فيصل مكي محسن آل زواد
إشراف: أ. د. ممدوح إبراهيم خضير، أ. د. منصور عطية المزروعي، أ. د. منصور أحمد الغامدي

يؤثر الهباء الجوي على كل من صحة الإنسان، والاتزان الإشعاعي العالمي ومناخ الكرة الأرضية، والدورة الهيدرولوجية. الدراسات المتعلقة بتقصي آثار الهباء الجوي على مناخ شبه الجزيرة العربية قليلة جداً. في هذا البحث عمدنا لعمل قياسات آنية لكل من هباء العمق البصري، والجسيمات العالقة التي يقل قطرها عن ١٠ ميكرو متر، والجسيمات العالقة التي يقل قطرها عن ٢،٥ ميكرو متر، والكربون الأسود ابتداءً من شهر ديسمبر ٢٠١٢ ميلادي وإلى شهر ديسمبر ٢٠١٣ ميلادي في موقع ريفي على بعد ٦٠ كم شرق مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية تسمى هدى الشام. معدلات التراكيز اليومية للجزيئات العالقة والتي يقل قطرها عن ١٠ كم تتراوح بين ٢٢،٦ و٤٠٦،٦ بمتوسط ٩٤،٧ ميكروغرام/م٣. وتراوحت معدلات تركيزات الجسيمات العالقة التي يقل قطرها عن ٢،٥ ميكروغرام بين ٧،٥ و١٥٧،٣ بمتوسط ٢٩،٨ ميكرو غرام/م٣. وتراوحت المعدلات اليومية لتركيزات الكربون الأسود بين ١٥،٠ و٦٣٧٢ بمتوسط ١٨٩٩ نانو غرام/م٣. بالإضافة إلى ذلك تم استخدام نموذج عالمي مناخي يحاكي الهباء الجوي مشهود له بتقنيته العالية والحديثة وهو (إكام – ٥ – هام) لتحليل مناخ خمسة أنواع من الهباء الجوي وهي الغبار، والكبريتات، والجسيمات العضوية، وملح البحر، والكربون الأسود، وكذلك لتقصي آثار الهباء الجوي المباشرة وغير المباشرة على مناخ شبه الجزيرة العربية خلال السنوات (٢٠٠٥ – ٢٠١١م). استخدمت قيم هباء العمق البصري المقاسة بالمحطات الأرضية، والمستخلصة من صور الأقمار الصناعية لمقارنتها مع قيم هباء العمق البصري المستخرجة من نموذج الهباء المناخي. وجد أن النموذج (إكام – ٥ – هام) يقلل من تركيز الهباء الجوي ويزيد من معامل الإنجستروم، إلا أن قيم العمق البصري المستخرجة من النموذج ترتبط جيداً مع القياسات الأرضية (٠،٥٨)، ومع القيم المستخلصة من الأقمار الصناعية (٠،٦٦). يشكل الغبار والكبريتات ٨٦% من كتلة الهباء الجوي بشبه الجزيرة العربية. النسب المئوية لكل من الغبار، والكبريتات، والجسيمات العضوية، وأملاح البحر، والكربون الأسود حسب كتلتها ٤٣،٧، ٤٢،٥، ٧،٧، ٤،٥، و١،٧% على التوالي. تختلف مواسم أنواع الهباء الجوي من منطقة للأخرى، إلا أن أطول المواسم هو موسم الغبار الذي يستمر لسبعة أشهر ابتداءً من شهر مارس وإلى سبتمبر بشبه الجزيرة العربية. كما يستمر موسم الكبريتات لأربعة أشهر ابتداءَ من شهر يونيو. معظم أحجام جسيمات الهباء الجوي بشبه الجزيرة العربية (٥٣ %) ما بين ٠،٠٥ و٠،٥ ميكرو متر. كما تمثل جسيمات الهواء الجوي ذوات الأحجام التي تزيد عن ٠،٥ ميكرو متر القابلة الذوبان بنسبة ٣٣%، وغير القابلة للذوبان بنسبة ١٢%. يختلف تأثير الهباء الجوي من منطقة لأخرى على كل من الحرارة، وصافي إشعاع الموجات العلوية القصيرة في حالة تواجد الهباء وحالة صفاء السماء، والأمطار، وغطاء السحب، والتبخر. تأثير الهباء الجوي على كل من الحرارة والأمطار كان سالباً بمقدار -٠،٤٥ درجة مئوية و-١،٧٦ مم/شهر على التوالي، إلا أن التأثير الإجمالي للهباء الجوي كان موجباً (٠،٠٩ درجة مئوية، و٠،١٧ مم/شهر) بسبب التأثير غير المباشر للهباء الجوي على كل من الحرارة والأمطار. النتائج تدعم النظرية المتعلقة بالجليد المحيط بالنواة داخل السحب حيث تزداد كمية الأمطار والحرارة بالسحب الدافئة وغير الكثيفة بسبب عدة ردود فعل ديناميكية ناجمة عن تداخل الهباء الجوي بالسحب. إن إنشاء شبكة مراقبة للهباء الجوي على مستوى الوطن سيؤدي إلى تقييم أفضل لجودة الهواء في المنطقة خاصة أثناء فترة الحج وشهر رمضان المبارك. المزيد من الأبحاث في

مجال فيزيائية ونمذجة الهباء الجوي سيساعد المختصين في تحسين تمثيل الهباء الجوي بشبه الجزيرة العربية .

ATMOSPHERIC AEROSOLS AND THEIR CLIMATE IMPACTS ON THE ARABIAN PENINSULA

By: Faisal Makki Al Zawad

Supervisor: Prof. Mamdouh I. Khoder, Prof. Mansour A. Almazroui, Prof. Mansour A. Alghamdi

Aerosols affect human health, the global radiation budget, hydrological cycle, and the earth's climate. Very few studies have investigated the significance of aerosols on the climate over the Arabian Peninsula. In the present research, real-time measurements for aerosol optical depth (AOD), particulate matter (PM) with diameters of <10 and 2.5 μm (PM_{10}, and $PM_{2.5}$, respectively), and black carbon (BC) were performed from December 2012 to December 2013 at Hada Al-Sham, a rural location approximately 60 km west of Jeddah, Saudi Arabia. The daily mean PM_{10}, $PM_{2.5}$, and BC concentrations were 94.7 $\mu g/m^3$ (range, 22.6–406.6 $\mu g/m^3$), 29.8 $\mu g/m^3$ (range, 7.5–157.3 $\mu g/m^3$), and 1899 ng/m^3 (range, 15.0–6372 ng/m^3), respectively. In addition, the following five types of aerosol were studied: mineral dust (DU), sulfate (SU), particulate organic matter (POM), sea salt (SS), and BC. Their direct and indirect effects on the climate of the Arabian Peninsula were analyzed over a 7-year period (2005–2011) by using the state-of-the-art global aerosol-climate model (ECHAM5-HAM) with the Greenhouse Gas—Air Pollution Interactions and Synergies inventory representing anthropogenic emissions. Deep Blue satellite data and AOD observations were used to validate the model, which underestimated the concentration of aerosols and angstrom components. AOD values extracted from the ECHAM5-HAM correlated favorably with AOD values measured at the ground (0.58) or by satellite (0.66). DU and SU were found to constitute more than 86% of the total mass of aerosols over the Arabian Peninsula. The mean mass

percentages of DU, SU, POM, SS, and BC were 43.7%, 42.5%, 7.7%, 4.5%, and 1.7% respectively. Seasonality varied for each aerosol and for each region. The longest season was observed for DU, which lasted for 7 months starting from March, and SU had a season of 4 months starting from June. Most of the aerosols were in the accumulation modes (53%), soluble coarse mode (33%), and insoluble coarse mode (12%). The direct and indirect aerosol effects on temperature, net top-of-the-atmosphere shortwave radiation for clear and all-sky cases, precipitation, cloud cover, and evaporation varied slightly between regions. The mean direct aerosol effects for temperature and precipitation were negative (−0.45 °C and −1.76 mm/month, respectively), but they were offset by the indirect aerosol effect, resulting in a positive total effect (0.09 °C and 0.17 mm/month, respectively). The results support icing theory because the total effects of aerosols in warm thin clouds can increase precipitation and temperature as a result of various cloud feedback mechanisms. A national aerosol monitoring network program could lead to a more accurate assessment of air quality in the region to protect human health, especially during Hajj and Ramadan. Further research into aerosol physics and modeling are required to guide programmers to improve their models so that climate simulations can more accurately represent aerosols over the Arabian Peninsula.