

مطالعه آزمایشگاهی تأثیر هواییز نمک نمونه برداری شده از دریاچه ارومیه بر شعاع مؤثر قطرک‌های ابر

امیر باقری مصلح‌آبادی^۱، عباسعلی علی‌اکبری بیدختی^۲، مریم قرایلو^۳

۱/دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، amir.bagheri@ut.ac.ir

۲/استاد موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، bidokhti@ut.ac.ir

۳/استادیار موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، gharaylo@ut.ac.ir

چکیده

هواییزهای نمک، که از طریق دریاچه ارومیه وارد جوّ می‌شوند می‌توانند بر روی قطرک‌های ابر و شعاع مؤثر آن‌ها تأثیرگذار باشند و میزان بارش منطقه را دستخوش تغییرات کنند. از نمک‌های این دریاچه نمونه برداری شده است و با تشکیل ابر مصنوعی از طریق انساط شبیه به دررو، نتایج حاصل از تزریق نمک با غلظت‌های متفاوت به ابر با هواییزهای زمینه که بیانگر حذف نمک دریاچه است، مقایسه شده است. طبق نتایج به دست آمده با تزریق ذرات نمک به درون محفظه ابر، غلظت قطرک‌های ابر کاهش یافته و قطرک‌ها بزرگتر می‌شوند. همچنین افزایش غلظت هواییزهای نمک درون محفظه ابر، شعاع مؤثر قطرک‌های ابر را افزایش داده و از این رو می‌تواند تأثیر مثبتی بر روی بارش منطقه بگذارد.

واژه‌های کلیدی: شعاع مؤثر، دریاچه ارومیه، نمک، مطالعه آزمایشگاهی، توزیع اندازه، محفظه ابر

Laboratory study of the effect of salt aerosols sampled from Lake Urmia on the effective radius of cloud droplets

Bagheri Mosleh-Abadi, A. ¹, Ali-Akbari Bidokhti, A. A. ², Gharaylou, M. ³

¹ M.Sc. Student, Space physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

² Professor, Space physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

³ Assistant Professor, Space physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

Abstract

Salt aerosols entering the atmosphere through the Lake Urmia can affect the cloud droplets and their effective radius and hence can change the amount of rainfall in this area. Salt aerosols sampled from this lake and injected to cloud chamber for the formation of artificial cloud through the quasi-adiabatic expansion. The results of salt injection with different concentration to cloud chamber associated with cloud formation with background aerosol representative of the salt removal from the lake, have been compared. According to the results, with the injection of salt aerosols into the cloud chamber, the number concentration of cloud droplets is reduced but resulted in the larger droplets. Also, by increasing the concentration of salt aerosols in the cloud chamber, the effective radius of cloud droplets increases and therefore can have a positive effect on the precipitation of the area.

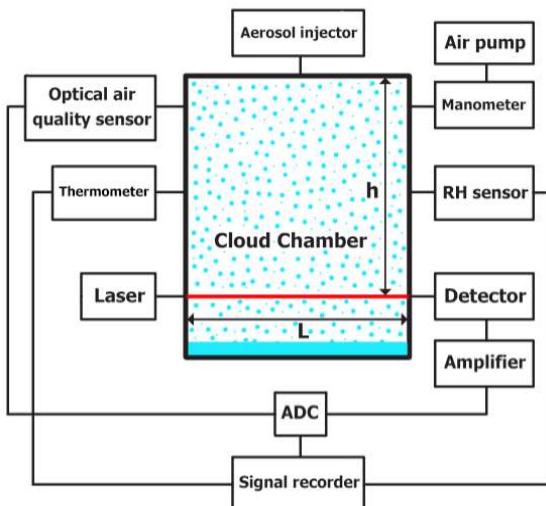
Keywords: effective radius, Urmia Lake, salt, laboratory study, size distribution, cloud chamber

۱ مقدمه

مطالعات متعددی در مورد غلظت قطرک‌های ابر در حضور هواییزها صورت گرفته است (فانتیوکیس و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین تأثیری که هواییزهای جوّ بر روی تشکیل ابرها و ویژگی‌های ابر می‌گذارند از نظر مشاهداتی بررسی شده است (هایبود و بوچر، ۲۰۰۰). کارهای میدانی نیز از جمله در آفریقای جنوبی روی کارایی هسته‌زایی پرهای نمک حاصل از خمیر کاغذ صورت گرفته است (ماتر و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین نقش هواییز نمک در بارورسازی ابرهای همرفتی مورد مطالعه قرار گرفته است (دروفا و همکاران، ۲۰۱۰). شناخت توزیع اندازه قطرک‌ها نیز برای فرایند بارش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (تمامپیری و توماسی، ۱۹۷۶). شوشتري و همکاران (۱۳۹۳) نیز نقش توأم نمک و یون را در تشکیل ابر گرم بررسی کردند.

۲ روش تحقیق

درون محفظه ابر استوانه ای شکل به ارتفاع ۴۱cm و شاعع ۱۴cm، یک لیتر آب به منظور فراهم کردن رطوبت لازم برای تشکیل قطرک های ابر ریخته می شود. فاصله بین پرتوی لیزر تا بالای محفظه ۲۸cm است. ذرات هواییز به درون محفظه تزریق می شوند و غلظت آنها از طریق حسگر اندازه گیری غلظت ذرات به دست می آید. به وسیله پمپ هوا فشار درون محفظه تا ۱۲۰ میلی بار افزایش داده می شود، بنابراین دمای درون محفظه افزایش می یابد. سپس سریعاً و به صورت شبه بی دررو فشار کاهش می یابد. در نتیجه دما افت می کند و قطرک های ابر بر روی هواییز های درون محفظه تشکیل می شوند و با عبور از پرتوی لیزر، شدت سیگنال ثبت شده کاهش پیدا می کند. بعد از مدتی، هنگامی که همه قطرک ها سقوط کردند، شدت سیگنال به مقدار اولیه خود باز می گردد.



شکل ۱. طرح کلی از محفظه ابر و چیدمان کلی آزمایش

با استفاده از این روش، توزیع اندازه قطرک ها در حضور هواییز های دیگر مانند دود و خاک رس نیز بررسی شده است (وجیک و همکاران، ۱۴ ۲۰). خاموشی پرتوی لیزر از طریق معادله زیر محاسبه می شود (لیو، ۲۰۰۲).

$$(1) \quad I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-\tau(\lambda)}$$

I_0 به ترتیب مقادیر شدت پرتوی لیزر اندازه گیری شده و منتشر شده است. $\tau(\lambda)$ عمق نوری میانگین است که به طول موج بستگی دارد. با انتگرال گیری از سطح مقطع خاموشی همه ذرات مجزاً، عمق نوری بدست می آید: همچنین عمق نوری از طریق رابطه زیر نیز محاسبه می شود:

$$(2) \quad \tau(\lambda) = L \int_0^{r_m} \pi r^2 Q_{ext} \left(\frac{2\pi r}{\lambda}, m \right) n(r) dr$$

برای محدوده متوسط از شاعع قطرک های ابر و طول موج پرتوی نوری که در طیف قرمز رنگ قرار دارد، مقادیر پارامتر اندازه در معادله (2) فاکتور کارایی خاموشی به ۲ میل می کند.

$$(3) \quad \tau = 2\pi L \int_0^{r_m} r^2 n(r) dr$$

در معادله (3) عمق نوری مستقل از طول موج است. زمانی که قطرات مه در محفظه ابر تشکیل می شوند، آنها بر اثر گرانش شروع به سقوط کردن می کنند. قطرک با شاعع r با سرعت حدی ثابت

$$(4) \quad v(r) = \frac{2g}{9\eta} (\rho - \rho_a) r^2$$

سقوط می کند. ρ و ρ_a به ترتیب چگالی قطرک و چگالی هوا اطراف، g شتاب سقوط آزاد و η وشكسانی هوا در دمای مربوطه است.

با اندازه گیری تغییرات زمانی سیگنال آشکارساز $I(t)$ و ترکیب معادله های (1) و (3) معادله ای برای توزیع اندازه هی حجمی $n(r)$ به دست می آید:

$$2\pi L \int_0^{r_m} r^2 n(r) dr = -\ln \frac{I(t)}{I_0} \quad (5)$$

با حل معادله (۵) توزیع اندازه حجمی قطرک‌ها به دست می‌آید:

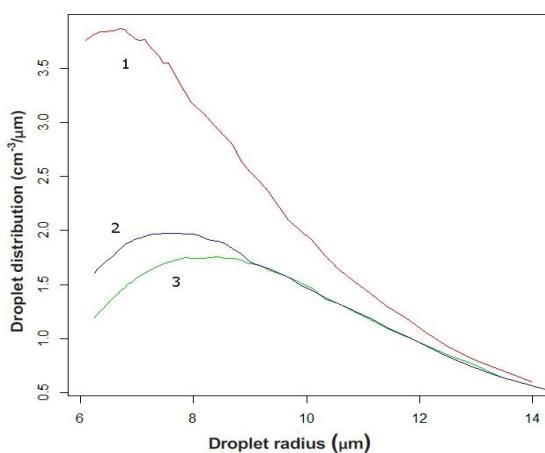
$$n(r) = -\frac{1}{2\pi L} \frac{1}{r^2} \left[\frac{1}{I(r)} \frac{dI(r)}{dr} \right] \quad (6)$$

در نتیجه شاع مؤثر مجموع قطرک‌ها می‌تواند به آسانی از طریق معادله زیر محاسبه شود:

$$r_{eff}(t) = \frac{\int_0^{r_m} r^3 n(r) dr}{\int_0^{r_m} r^2 n(r) dr} \quad (7)$$

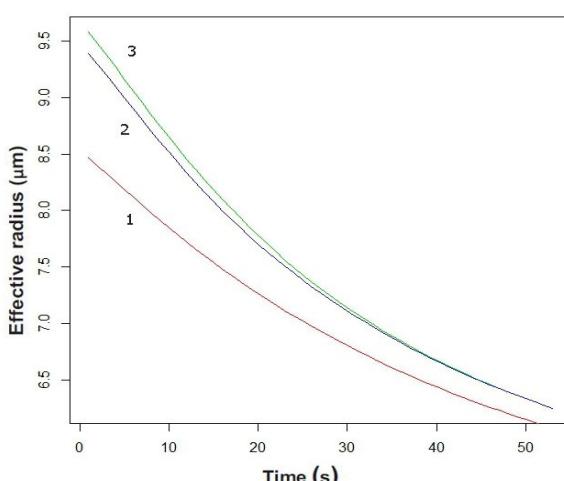
۳ نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از تزریق غلظت‌های مختلف از هوایز نمک به محفظه ابر که در شکل ۲ نشان داده شده است (منحنی‌های بدست آمده از سه آزمایش با هوایزهای زمینه به میزان $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ، هوایزهای زمینه و نمک با غلظت $390 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و هوایزهای زمینه و نمک با غلظت $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) نشان می‌دهند که با افزایش غلظت ذرات نمک، غلظت قطرک‌های ابر کاهش می‌یابد. همچنین، نمودارهای توزیع اندازه قطرک‌ها به سمت قطرک‌های بزرگ‌تر میل می‌کنند.



شکل ۲. نمودار توزیع اندازه قطرک‌های ابر بر حسب شاع. منحنی ۱ از آزمایش در حضور هوایزهای زمینه با غلظت $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ، منحنی ۲ از آزمایش با حضور ذرات نمک با غلظت کم همراه با هوایزهای زمینه با غلظت کل هوایزهای درون محفظه به میزان $390 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و منحنی ۳ از آزمایش با ذرات نمک با غلظت زیاد همراه با هوایزهای زمینه با غلظت کل هوایزهای درون محفوظه به میزان $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بدست آمده است.

شعاع مؤثر قطرک‌های ابر، به دلیل اینکه با گذشت زمان قطرک‌های بزرگ‌تر خودشان را به زیر پرتوی لیزر می‌رسانند روند نزولی دارند (شکل ۳). در لحظه اول، شاع مؤثر منحنی ۱ (هوایزهای زمینه) $8.46 \mu\text{m}$ ، منحنی ۲ (هوایزهای نمک با غلظت کم) $9.39 \mu\text{m}$ و در منحنی ۳ (هوایزهای نمک با غلظت زیاد) $9.57 \mu\text{m}$ است.



شکل ۳. نمودار شاع مؤثر قطرک‌های ابر بر حسب زمان به ازای غلظت‌های $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ، $390 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ که به ترتیب با سه منحنی ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است.

همانطور که شکل ۳ نشان می دهد با افزایش غلظت هواییزهای نمک نمونه برداری شده از دریاچه ارومیه درون محفظه ابر، مقادیر شاعر مؤثر افزایش می یابد و از این رو انتظار می رود که تأثیر مثبتی بر روی بارش منطقه داشته باشد.

سپاسگزاری

از زنده یاد، استاد گرانقدر سید علیرضا صادقی حسینی برای فراهم کردن تجهیزات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می شود.

منابع

- شوشتاری، م. ح.، قرایلو، م.، علی‌اکبری بیدختی، ع. ع.، ۱۳۹۳، مطالعه آزمایشگاهی تأثیر یون و نمک بر تشکیل ابر گرم، شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، دانشگاه تهران، ۲۳ تا ۲۵ اردیبهشت.
- Drofa, A. S., Ivanov, V. N., Rosenfeld, D., Shilin, A. G. 2010. Studying an effect of salt powder seeding used for precipitation enhancement from convective clouds. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(16), 8011-8023.
- Fountoukis, C., Nenes, A., Meskhidze, N., Bahreini, R., Conant, W. C., Jonsson, H. Flagan, R. C. 2007. Aerosol–cloud drop concentration closure for clouds sampled during the International Consortium for Atmospheric Research on Transport and Transformation 2004 campaign. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D10).
- Haywood, J., & Boucher, O. 2000. Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review. *Reviews of geophysics*, 38(4), 513-543.
- Liou, K.N., 2002. An Introduction to Atmospheric Radiation, Second Edition Academic Press,. Amsterdam
- Mather, G. K., Terblanche, D. E., Steffens, F. E., Fletcher, L. 1997, Results of the South African cloud-seeding experiments using hygroscopic flares. *Journal of Applied Meteorology*, 36(11), 1433- 1447.
- Meskhidze, N., Nenes, A., Conant, W. C., Seinfeld, J. H. 2005. Evaluation of a new cloud droplet activation parameterization with in situ data from CRYSTAL-FACE and CSTRIP. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D16).
- Tampieri, F., & Tomasi, C. (1976). Size distribution models of fog and cloud droplets in terms of the modified gamma function. *Tellus*, 28(4), 333-347.
- Vâjâiac, S. N., Filip, V., řtefan, S., & Boscornea, A. (2014). Assessing the size distribution of droplets in a cloud chamber from light extinction data during a transient regime. *Journal of atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 109, 29-36.