

تأثیر نانوذرات سیلیکا در فرایند تبخیر

منیره شایق^۱، حکیمه زارع^۲، سید مجید میررکنی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک/هواشناسی، دانشگاه یزد، monirashayegh@gmail.com

^۲استادیار دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، hzare@yazd.ac.ir

^۳استادیار دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، mirrokni@yazd.ac.ir

چکیده

روش‌های سنتی پیرایش وضع هوا بر مبنای تأثیر بر هسته میعان ابر است؛ در حالیکه، روش‌های نوین پیرایش وضع هوا بر مبنای افزایش هسته میعان ابر است. در روش‌های نوین پیرایش وضع هوا، استفاده از نانوذرات برای افزایش هسته میعان ابر چالش اساسی است. در پژوهش حاضر، به منظور بررسی روند تبخیر از نانوذرات سیلیکا با اندازه متوسط کمتر از ۵۰ نانومتر و با ساختار بی‌شکل استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که نانوذرات سیلیکا در دمای نزدیک به صفر درجه سانتی‌گراد، روند تبخیر را کند می‌کنند. بنابراین نانوذرات سیلیکا می‌تواند سبب افزایش هسته‌های میعان ابر شوند و در نتیجه روند تبخیر را کند کنند. **واژه‌های کلیدی:** نانوذرات، نانوذرات سیلیکا، توسعه ابر، هسته میعان ابر، محفظه ابر، آب‌دوست

Impact of Silica nanoparticles on the evaporation process

m.shayegh¹, Hakimeh Zare², Seyed Majid MirRokni³

¹MSc. student, Yazd University, Yazd, Iran

²Assistant Professor, Yazd University, Yazd, Iran

³Assistant Professor, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

Traditional methods of weather modification are based on the impact on cloud condensation nuclei; whereas, modern methods of weather modification are based on the increase of cloud condensation nuclei. In modern methods of weather modification, the use of nanoparticles to increase cloud condensation nuclei is main challenge. At present research, Silica nanoparticles with a mean size of less than 50 nm and with a non-structured structure have been used to investigate the evaporation process. The results show that the Silica nanoparticles slow down the evaporation trend at temperatures close to zero in degrees Celsius. Therefore, Silica nanoparticles can increase the amount of condensation nuclei and thus slow down the evaporation trend.

Keywords: Nanoparticles, Silica nanoparticles, Cloud development, Cloud condensation nuclei, Cloud chamber, Hydrophilic

۱ مقدمه

ابرها حدود ۶۰ درصد از سطح زمین را می‌پوشانند. ابرها نه تنها حائل تابش خورشیدی برای کنترل بودجه انرژی خالص و درجه حرارت در زمین هستند بلکه همچنین تولید کننده بارش که برای حفظ حیات بر روی زمین ضروری است، می‌باشند. تبدیل بخار آب به فاز مایع یا جامد، روی برخی از ذرات موجود در جو به نام هسته‌های میعان ابر اتفاق می‌افتد. این هسته‌ها شامل هزاران ذره کوچک جامد و مایع شناور در جو هستند که به آنها هواویز گفته می‌شود. یک عامل حیاتی برای تکامل دینامیکی و خردفیزیکی ابرها، فعال شدن هسته میعان ابر است. پراسنج‌های اصلی حاکم بر ابر و رشد فعال سازی هسته‌های میعان اولیه قطرک ابر تعداد، اندازه و آبدوستی ذرات هواویز و همچنین سرعت جریان بالاسو در پایه ابر و در نهایت فوق‌اشباع بخار آب است (کرمینن، ۲۰۱۲).

آیتکن در سال ۱۸۸۱ با آزمایش‌های متعدد به این نتیجه رسید تشکیل قطرات ابر، فقط با کمک ذرات گردوغبار صورت می‌گیرد. و برخی از ذرات نسبت به ذرات دیگر مانند سدیم کلرید، هسته‌های بهتری هستند. استفاده از ذرات نمک برای هسته میعان، توسط کوهلر (۱۹۲۱) انجام شد (پراپاچر و کلت، ۲۰۱۲). چن و تائو در سال ۲۰۰۰، میعان بخار آب فوق‌اشباع با استفاده از ذرات نانومتری تیتانیوم‌دی‌اکسید و سیلیسیم‌دی‌اکسید را در یک محفظه ابر بررسی کردند. وابستگی فوق‌اشباع بحرانی را بر اندازه ذرات با اندازه بین ۱۵ تا ۱۲۰ نانومتر، در دما در محدوده 10°C تا 50°C را به طور تجربی بررسی کردند. نتایج نشان داد فوق‌اشباع بحرانی با افزایش اندازه ذرات و یا افزایش دما کاهش می‌یابد و هرچه آبدوستی ذرات بیشتر (زاویه تماس کوچک‌تر)، هسته‌زایی با

سرعت بیشتری صورت می‌گیرد (چن و تائو، ۲۰۰۰). عبدالسید و همکارانش در سال ۲۰۰۷، چگالیده شدن بخار تریفلور اتانول فوق‌اشباع بر نانوذرات منیزیم را بررسی کردند و نتیجه گرفتند نانوذرات به‌صورت هسته میعان در محیط فوق‌اشباع فعالیت می‌کنند. و در فوق‌اشباع‌های بالاتر، اکثر نانوذرات Mg فعال می‌شوند (عبدالسید و همکارانش، ۲۰۰۷). یکی از مسائلی که امروزه بشر با آن مواجه است نانوذرات در جو است. این ذرات به‌صورت مدارم در حال تولید هستند. بسته به ترکیبات و اندازه، آنها از طریق اثرات گرمایش و سرمایش، اقلیم جهانی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نانو ذرات به راحتی به ذرات بزرگتر متصل می‌شوند، افزایش اندازه آنها و تغییر خواص آنها، به طور جدی بر خواص نوری و در نتیجه اقلیم تاثیر می‌گذارد. اگر نانوذرات آبدوست باشند و رشد، برای جلوگیری از اتلاف توسط انعقاد، سریع باشد، آنها می‌توانند به‌صورت هسته میعان ابر عمل کنند و اندازه‌ها، تعداد و طول عمر قطرات ابر را تغییر دهند، باعث پراکندگی نور خورشید شوند و در نتیجه اثر سرمایش خالص را افزایش دهند (باسک، ۲۰۰۸).

به‌منظور انجام تحقیقات بر ساختار ابر و چگونگی تاثیر ذرات هواویز طبیعی یا مصنوعی بر بارش از محفظه‌ای به نام محفظه ابر استفاده می‌شود. در محفظه ابر، دما را می‌توان از دمای محیط تا 30°C - و رطوبت نسبی را از رطوبت نسبی محیط تا هر مقدار بیشینه‌ای که شرایط محیطی اجازه دهد تغییر داد. سرعت بازگشت شفاف شدن به مقدار قبل از تزریق رطوبت، معیاری از سرعت حد بلورهای یخ است. پس مدت زمانی که طول می‌کشد تا میزان شفاف شدن در محفظه ابر به مقدار قبل از تزریق بخار بازگردد، می‌تواند معیاری از اندازه بلورهای یخ باشد (کشاورزیان، ۱۳۹۲).

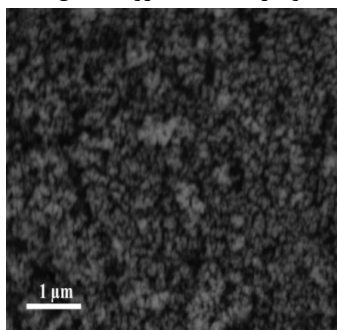
شناخت انواع و فراوانی ذرات نانو برای درک تغییرات در جو زمین بسیار مهم است. با توجه به اینکه در بین نانوذرات، سیلیکا به دلیل آبدوست بودن و دیگر ویژگی‌های خاص فیزیکی و شیمیایی گزینه مناسبی برای باروری ابر است در اینجا اثر آن بر توسعه ابر بررسی می‌شود. زاویه تماسی نانوذرات سیلیکا در دمای 300K ، $20^0 \pm 20^0$ است. از آنجا که جذب ناخالصی‌ها می‌تواند به شدت روی زاویه تماس تاثیر بگذارد و زاویه تماس میکروسکوپی ممکن است متفاوت از مقدار ماکروسکوپی باشد، اندازه‌گیری زاویه تماس ممکن است با آنچه که ذرات در حین حذف در محفظه ابر دارند، متفاوت باشد (چن و تائو، ۲۰۰۰). هدف این پژوهش، بررسی کیفی و کمی تاثیر نانوذرات سیلیکا به‌صورت پودر و محلول کلئیدی بر روی ابر برحسب دما است.

۲ روش تحقیق

نانوذرات سیلیکا (SiO_2) با جرم مولی ۵۹/۹۶ گرم بر مول با چگالی ۲/۴ گرم بر سانتیمترمکعب با قطر ۲۰ تا ۳۰ نانومتر از هستن (ایالات متحده) خریداری شد. قبل از انجام آزمایش‌ها، سیلیکای موردنظر به مدت ۳ ساعت در دمای 80°C در گرمکن قرار داده شد.

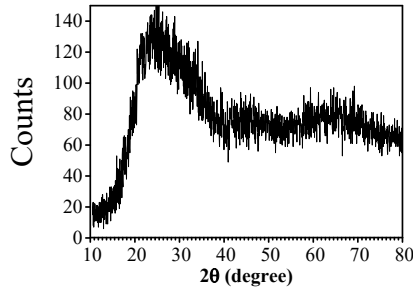
۲-۱ مشخصه‌یابی نانوذرات سیلیکا:

شکل و اندازه نانوذرات سیلیکای خریداری شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شد (شکل ۱). بر طبق شکل، نانوذرات دارای اندازه‌ی کمتر از ۵۰ نانومتر هستند و ذرات نسبتاً کروی شکل هستند.



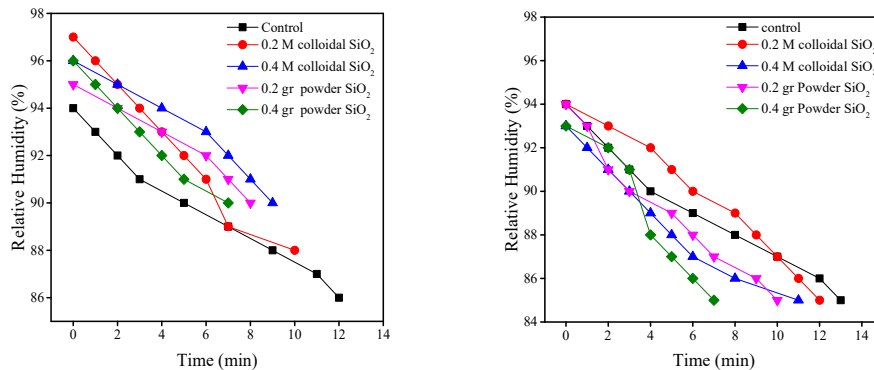
شکل ۱ تصاویر SEM از نانوذرات سیلیکا

سپس با استفاده از پراش اشعه ایکس، ساختار بلوری آن بررسی شد (شکل ۲). همانطور که در الگوی پراش اشعه ایکس ملاحظه می‌شود پودر نانوذرات سیلیکا ساختار بی‌شکل دارد.



شکل ۲ الگوی پراش اشعه ایکس از نانوذرات سیلیکا

برای ارزیابی تاثیر نانوذرات سیلیکا بر روی توسعه ابر، آزمایش‌ها در دو مرحله انجام شد. ابتدا با ورود بخار آب به داخل محفظه، ابر ایجاد شد. سپس در مرحله اول، تزریق پودر نانوذرات سیلیکا به جرم‌های ۰/۲ و ۰/۴ گرم با استفاده از دستگاه دمنده به داخل محفظه ابر انجام شد. در مرحله دوم محلول کلئیدی از نانوذرات سیلیکا با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۴ مولار به محفظه ابر تزریق شد. تمام مراحل آزمایش در دو دمای 5°C و 15°C ، تکرار شد. و تغییرات رطوبت نسبی محفظه پس از ورود نانوذرات برحسب زمان ثبت شد (شکل ۳).

شکل ۳ نمودار تغییرات رطوبت نسبی محفظه ابر برحسب زمان. نمودار سمت راست با تنظیم دمایی 5°C و نمودار سمت چپ با تنظیم دمایی 15°C

در دمای 15°C با افزایش مقدار پودر نانوذرات سیلیکا از ۰/۲ گرم به ۰/۴ گرم، شیب نمودار حاصل افزایش می‌یابد که نشان از افزایش سرعت کاهش رطوبت محفظه است. اما افزودن محلول کلئیدی در دو غلظت ۰/۲ و ۰/۴ مولار، آهنگ کاهش رطوبت محفظه رفتار دوگانه نشان می‌دهد. در غلظت ۰/۲ مولار میزان سرعت کاهش رطوبت محفظه نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است اما در غلظت ۰/۴ مولار سرعت کاهش رطوبت محفظه افزایش یافته است. در دمای 5°C ، سرعت کاهش رطوبت برای نمونه‌ای که ۰/۲ گرم پودر سیلیکا به محفظه ابر افزوده شده با نمونه‌ای که محلول کلئیدی با غلظت ۰/۴ مولار به محفظه تزریق شده مشابه هم هستند. نکته جالب توجه اینکه، شیب نمودار هر دو نمونه قبل و بعد از زمان ۶ دقیقه متفاوت است. قبل از زمان ۶ دقیقه سرعت کاهش رطوبت کمتر از نمونه شاهد است اما بعد از گذشت زمان ۶ دقیقه سرعت کاهش رطوبت افزایش یافته است. نمونه‌ای که ۰/۴ گرم پودر نانوذرات سیلیکا به محفظه ابر افزوده شده با نمونه‌ای که محلول کلئیدی با غلظت ۰/۲ مولار استفاده شده است مشابه هم عمل کرده‌اند و هر دو دارای شیب نمودار یکسان هستند.

۳ نتیجه‌گیری

در این پژوهش نانوذرات سیلیکا از نظر اندازه و شکل بررسی شد. نانوذرات سیلیکای استفاده شده، دارای اندازه کمتر از ۵۰ نانومتر است و ساختار بلوری آن بی‌شکل است. همچنین افزودن نانوذرات سیلیکا به صورت پودر و محلول کلئیدی به محفظه ابر در دو دمای 5°C و 15°C انجام شد. بعد از افزودن نانوذرات سیلیکا، کاهش ابر در محفظه مشخص است. این کاهش

زمان نشان می‌دهد، نانوذرات سیلیکا به صورت هسته میعان برای توسعه ابر عمل می‌کند. نتایج نشان می‌دهد سازوکار حذف ابر در دو دمای مختلف با یکدیگر متفاوت است. اولاً با افزایش دما از 15°C به 5°C مقدار رطوبت نسبی برای تشکیل ابر افزایش می‌یابد و دوماً در دمای 5°C نانوذرات سیلیکا بهتر به صورت هسته میعان ابر فعالیت کرده است. این موضوع نشان می‌دهد چون نانوذرات سیلیکا آب دوست است، در دمای بالاتر بهتر می‌تواند آب محتوی ابر را جذب کرده و رشد کند و موجب بارش شود.

منابع

- کشاوریان، کیانوش. (۱۳۹۲). آزمایش هسته‌های یخ‌ساز مورد استفاده در ایران برای بارورسازی ابرها (PV-26) و معرفی یک محفظه ابر. فیزیک زمین و فضا، ۴۰(۱)، ۱۸۵-۲۰۰.
- Abdelsayed, V., & El-Shall, M. S. (2007). Vapor phase nucleation on neutral and charged nanoparticles: Condensation of supersaturated trifluoroethanol on Mg nanoparticles. *The Journal of Chemical Physics*, 126(2), 024706.
- Buseck, P. R., & Adachi, K. (2008). Nanoparticles in the atmosphere. *Elements*, 4(6), 389-394.
- Chen, C. C., & Tao, C. J. (2000). Condensation of supersaturated water vapor on submicrometer particles of SiO₂ and TiO₂. *The Journal of Chemical Physics*, 112(22), 9967-9977.
- Kerminen, V. M., Paramonov, M., Anttila, T., Riipinen, I., Fountoukis, C., Korhonen, H., & Svenningsson, B. (2012). Cloud condensation nuclei production associated with atmospheric nucleation: a synthesis based on existing literature and new results. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(24), 12037-12059.
- Nakamura, N., 1996, Two-dimensional mixing, edge formation, and permeability diagnosed in an area coordinate: *J. Atmos. Sci.*, 53, 1524-1537.
- Pruppacher, H. R., & Klett, J. D. (2012). *Microphysics of Clouds and Precipitation: Reprinted 1980*. Springer Science & Business Media.