

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG LÀM MƯA NHÂN TẠO Ở KHU VỰC ĐỒNG BẰNG VÀ TRUNG DU BẮC BỘ

TS. Vũ Thanh Ca, KS. Trương Đức Trí, KS. Phan Thanh Tùng
CN. Trần Duy Hiền, CN. Nguyễn Thị Thanh, CN. Bùi Đức Sơn

Trung tâm Nghiên cứu ứng dụng Công nghệ mới,
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

*T*ên cơ sở tổng quan các kết quả nghiên cứu trên thế giới và kết quả thực hiện đề tài, báo cáo trình bày những đánh giá khách quan về các công nghệ làm mưa nhân tạo (LMNT) hiện hành trên thế giới. Kết hợp với các nghiên cứu, phân tích chi tiết về các điều kiện mây tại khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ (ĐB&TDBB) cũng như các quá trình vi vật lý mây ứng với các điều kiện mây này, đã đề xuất công nghệ LMNT thích hợp cho khu vực ĐB&TDBB nói riêng và nước ta nói chung.

1. Cơ sở khoa học của làm mưa nhân tạo

a. Giới thiệu chung

Làm mưa nhân tạo (LMNT) là biện pháp tác động có chủ định của con người lên một số loại mây hoặc hệ thống mây với mục đích làm tăng lượng mưa. Để LMNT, cần phải tồn tại trong tự nhiên một hệ thống mây với một số điều kiện thích hợp. Về mặt nguyên tắc, có thể tác động LMNT bằng cách khai thác một trong những sự bất ổn định của hệ thống mây để tạo ra sự bùng phát của quá trình gây mưa trong mây. Chỉ bằng cách này mới có thể đạt được kết quả lớn với những chi phí nhỏ – hay nói cách khác là LMNT một cách hiệu quả [1]. Có hai phương pháp LMNT, đó là LMNT bằng cách tác động lên mây ấm và tác động lên mây siêu lạnh. Dưới đây sẽ trình bày tóm tắt về các phương pháp tác động này.

Mây ấm được định nghĩa là loại mây hoặc phần mây có nhiệt độ cao hơn 0°C. Quá trình gây mưa chủ đạo trong mây ấm là quá trình va

chạm liên kết. Trong quá trình này, các hạt nước lớn (có kích thước đạt tới giới hạn Hocking), tức là có đường kính lớn hơn 20 - 30mm sẽ có khả năng va chạm và liên kết với các hạt nước nhỏ hơn lơ lửng trong mây để lớn lên rất nhanh cho tới khi đạt tới kích thước hạt mưa và rơi xuống đất. Như vậy, để có thể tạo mưa một cách hiệu quả, phổ kích thước hạt nước trong mây phải là phổ rộng. Điều này có nghĩa là trong mây phải tồn tại cả những hạt nước nhỏ và những hạt nước lớn, có kích thước vượt giới hạn Hocking (khoảng 20 tới 30mm).

Các đám mây tự nhiên không bị ô nhiễm có mật độ nhân ngưng kết (được gọi là CCN) nhỏ (dưới 100 CCN/cm³), nên các nhân ngưng kết này dễ thu hút lượng hơi nước trong không khí. Chúng lớn lên nhanh chóng để đạt tới giới hạn Hocking và tạo thành mưa. Do vậy, cơ chế tạo mưa tự nhiên trong các đám mây sạch là rất hiệu quả. Điều này có nghĩa: nếu không khí không bị ô nhiễm, sẽ ít có khả năng xảy ra hạn hán.

Ngược lại, trong không khí bị ô nhiễm, thí dụ như không khí sau những đợt khô hạn kéo dài, có rất nhiều hạt bụi lơ lửng, được gọi là những hạt xon khí. Các hạt xon khí này đóng vai trò như những nhân ngưng kết, thu hút hơi nước để tạo ra các hạt nước mây. Số lượng nhân ngưng kết quá lớn và hàm lượng ẩm trong mây có hạn sẽ dẫn đến sự tranh chấp lượng hơi nước có hạn trong mây, hình thành nên các hạt mây có kích thước nhỏ và tương đối đồng nhất. Do vậy, cơ chế va chạm liên kết để tạo mưa trong mây ẩm khó xảy ra và những đám mây này khó có thể gây mưa. Vì vậy, việc tác động tích cực LMNT đối với mây ẩm là dựa trên nguyên lý tăng cường quá trình va chạm liên kết của các hạt nước mây bằng cách đưa thêm vào trong mây các hạt nhân ngưng kết háo nước có kích thước lớn để thúc đẩy quá trình ngưng tụ hơi nước, hình thành các hạt nước lớn. Các nhân ngưng kết lớn này có thể là các hạt nước hay các hạt chất háo nước như muối ăn, muối KCl, Urê v.v.

Mây siêu lạnh là loại mây hoặc phần mây có nhiệt độ thấp hơn 0°C . Phương pháp tác động lên mây siêu lạnh để LMNT dựa trên giả thiết rằng trong tự nhiên, ở dưới mực -40°C , thường tồn tại vùng mây chứa nhiều nước siêu lạnh nhưng có quá ít hạt nhân băng. Do vậy, nước siêu lạnh khó có thể chuyển thành băng, tức là đám mây siêu lạnh khó gây mưa. Từ đó, ý tưởng tác động LMNT đối với mây siêu lạnh là tăng nồng độ nhân tạo băng trong mây một cách nhân tạo. Có 3 phương pháp để làm tăng lượng nhân băng trong mây:

1) Làm lạnh không khí trong mây tới nhiệt độ dưới -40°C để tạo nhân băng đồng nhất bằng cách đưa băng khô, nitơ lỏng hoặc khí các bon nic lỏng vào trong mây;

2) Đưa các nhân băng nhân tạo vào mây để thúc đẩy quá trình nhân tạo băng không đồng nhất bằng cách đưa vào trong mây các tinh thể

iốt bạc (AgI), hoặc iốt chì (PbI) vì các tinh thể này có cấu trúc tương tự cấu trúc của tinh thể băng;

3) Đưa chất háo nước vào trong phần mây siêu lạnh nhằm tạo ra những hạt nước có kích thước lớn, thúc đẩy quá trình va chạm liên kết để tạo thành các hạt băng lớn.

b. Các đánh giá về các công nghệ LMNT hiện hành trên thế giới

Trên cơ sở tổng kết các kết quả nghiên cứu về các phương pháp thống kê để đánh giá hiệu quả tác động LMNT cũng như về các quá trình vi vật lý mây xảy ra sau khi tác động, Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) đã đưa ra các tiêu chí sau để đánh giá công nghệ LMNT có hiệu quả:

1) Có đủ bằng chứng thống kê với độ tin cậy cho phép để khẳng định được rằng tác động LMNT đã làm gia tăng lượng mưa;

2) Giải thích được các quá trình nhiệt động lực học và vi vật lý mây xảy ra trong mây sau khi tác động. Điều này có nghĩa là trước khi tác động, phải đưa ra được các giả thuyết tác động và trong quá trình tác động, tiến hành các đo đạc vật lý cần thiết để cung cấp các bằng chứng vật lý khẳng định rằng quá trình tác động tuân theo đúng các giả thuyết này. Điều này đảm bảo rằng một công nghệ được áp dụng thành công tại một khu vực nào đó trên thế giới sẽ được áp dụng thành công tại các khu vực khác;

3) Đảm bảo rằng việc tác động không chỉ làm gia tăng lượng mưa từ các đám mây đơn lẻ mà còn làm gia tăng lượng mưa của cả hệ thống mây. Yêu cầu này giúp đánh giá tác động LMNT là có hiệu quả kinh tế.

Mặc dù rất nhiều thực nghiệm LMNT bằng công nghệ tác động lên mây siêu lạnh đã được tiến hành rất bài bản theo đúng những tiêu chuẩn do Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) đề ra, những đánh giá đầy đủ về các dự án này

cho thấy rằng không đủ các bằng chứng thống kê để khẳng định rằng lượng mưa tại những đám mây được tác động là cao hơn tại những đám mây không được tác động. Trong một số trường hợp, lượng mưa trong những đám mây được tác động được đánh giá là cao hơn lượng mưa từ những đám mây không được tác động. Tuy nhiên, người ta chưa hiểu một cách kỹ càng tại sao lại như vậy. Để giải thích kỹ hơn về điều này, dưới đây sẽ trình bày sơ lược về các nghiên cứu và bằng chứng vi vật lý mây liên quan tới tác động.

Cơ sở khoa học của việc tác động lên mây siêu lạnh để LMNT dựa trên hai ý tưởng. Ý tưởng thứ nhất là tác động tĩnh học, dựa trên giả thuyết là hiệu suất tạo mưa của một số đám mây không cao vì thiếu nhân băng. Bởi vậy, việc thêm các nhân băng vào các đám mây này sẽ có khả năng làm tăng lượng mưa. Ý tưởng thứ hai là tác động động lực, dựa trên hai mô hình lý thuyết. Trong mô hình thứ nhất, người ta giả thiết là tác động sẽ tạo ra lượng mưa lớn hơn cùng với dòng giáng mạnh hơn. Dòng giáng này sẽ đẩy không khí nóng ẩm gần mặt đất lên cao, cung cấp thêm nhiệt và ẩm làm đám mây phát triển mạnh hơn và cho mưa nhiều hơn. Trong mô hình thứ hai, người ta giả thiết là tác động sẽ làm những hạt nước lớn đóng băng nhanh và những hạt băng này sẽ tiếp tục lớn lên rất nhanh thông qua quá trình gộp để tạo các hạt graupel. Các hạt graupel này được cho là lớn lên nhanh hơn các hạt băng rất nhiều nên một lượng lớn nước mây bị biến đổi thành băng trước khi mất đi do những quá trình khác. Quá trình gia tăng số lượng nhân băng không được xem là quan trọng cho tới khi hầu hết nước mây đã biến thành mưa. Quá trình biến đổi nhanh nước mây thành mưa làm gia tăng lượng tiềm nhiệt được giải phóng và do vậy tăng cường độ nổi của đám mây, làm dòng thăng mạnh hơn để tạo được nhiều nhân băng hơn. Như vậy, khác với mô hình lý thuyết tác

động thứ nhất là các ổ mây đối lưu tăng cường lượng mưa tổng cộng do tăng chiều dày mây, trong mô hình lý thuyết thứ 2, lượng mưa tăng lên do giữ được nhiều nước hơn trong dòng thăng và làm chậm dòng giáng. Quá trình làm chậm dòng giáng cho phép dòng thăng có thể thu được nhiều hơi ẩm hơn. Quá trình này cuối cùng làm tăng cường độ dòng giáng, làm các đám mây dễ nhập vào nhau hơn và cuối cùng là tăng lượng mưa tổng cộng.

Trong thời gian gần đây, đã có sự phát triển vượt bậc của công cụ đo đạc các yếu tố vi vật lý mây. Các đo đạc này bao gồm các phương pháp đo đạc viễn thám sử dụng thông tin vệ tinh với độ phân giải cao, đo đạc radar hiện đại (radar đa phân cực, đa bước sóng v.v.), các đo đạc bằng thiết bị vô tuyến vi sóng và các đo đạc trực tiếp bằng các thiết bị gắn trên các máy bay phòng thí nghiệm. Các kết quả đo đạc này cũng như một số mô hình số trị mô phỏng rất chi tiết các quá trình vi vật lý xảy ra trong mây đã được sử dụng để kiểm chứng tính đúng đắn của các lý thuyết tác động nêu trên. Các đo đạc từ vệ tinh, radar và các đo đạc trực tiếp trong các đám mây cho thấy rằng có sự đa dạng rất lớn trong các đặc trưng vi vật lý của các đám mây ở Israel. Levin và nnk (1996) và Rosenfeld và Lensky (1998) tìm thấy bằng chứng về việc xảy ra quá trình ngưng tụ liên kết và quá trình nhân mầm băng trong một số đám mây tự nhiên. Đây là những quá trình không tuân theo các tiêu chuẩn của tác động là thiếu mầm băng trong mây. Các tính toán bằng mô hình số trị không cho thấy rằng lượng tiềm nhiệt được giải phóng ra do quá trình đóng băng nước siêu lạnh ở tầng trung là đủ để tạo ra hội tụ gió ở tầng thấp [2]. Các đo đạc về các đặc trưng phát triển của mây trong thực nghiệm Texas và một số thực nghiệm khác cũng không cho những bằng chứng để khẳng định rằng tác động đã gây ra các hiệu ứng nhiệt động lực học như đã mô tả ở trên và làm tăng độ cao của mây. Các

đo đạc vật lý rất chi tiết về các quá trình xảy ra trong mây sau khi tác động cho thấy rằng trong rất nhiều trường hợp tác động, các quá trình vật lý xảy ra trong mây sau khi tác động không tuân theo các giả thuyết tác động. Các nghiên cứu về vi vật lý mây cho tới nay cũng chưa đủ để hiểu tại sao lại như vậy.

Đã từ rất lâu, người ta quan sát thấy rằng có rất nhiều đám mây không gây mưa trong lục địa nhưng khi ra tới biển lại gây mưa, mặc dù do khoảng cách không gian và thời gian ngắn, không khí tại vùng biển không làm tăng đáng kể lượng ẩm trong mây. Mặt khác, ngay từ những năm 1970, có một số nhà khoa học đã quan sát thấy sự gia tăng lượng mưa ở vùng có nhà máy giấy. Bằng cách đo đạc phổ kích thước hạt và tính chất hoá học của xon khí trong vùng có nhà máy giấy tại Nam Phi, Mather (1991) [2] tìm ra rằng các hạt xon khí ở đây là những hạt háo nước có kích thước khá lớn. Trong điều kiện tự nhiên, khi bắt đầu quá trình hình thành mây thì các hạt xon khí có kích thước lớn sẽ trở thành nhân ngưng tụ để hình thành những hạt nước lớn hơn. Theo hiệu ứng Kelvin, áp suất hơi bão hoà tại bề mặt các hạt nước tỷ lệ nghịch với bán kính hạt nước. Nếu như hạt nước có chứa chất hoà tan là chất háo nước thì áp suất hơi bão hoà tại bề mặt của nó còn thấp hơn nữa. Như vậy, các hạt nước lớn có nhân ngưng tụ là chất háo nước có áp suất hơi bão hoà tại bề mặt nhỏ và sẽ lớn lên nhanh chóng do quá trình ngưng tụ được tăng cường. Ngược lại, khi tồn tại các hạt nước lớn như trên, các hạt nước quá nhỏ sẽ bị bay hơi do độ ẩm giảm. Do vậy, các hạt háo nước lớn trong phổ hạt của xon khí sẽ có tác dụng làm vô hiệu hoá các hạt xon khí nhỏ. Kết quả là số hạt nhân mây sẽ được giảm xuống, tạo điều kiện cho các hạt nhân mây phát triển từ các hạt nhân ngưng tụ háo nước có kích thước lớn nhanh chóng lớn lên thành các hạt nước lớn. Khi các hạt nước lớn này lớn hơn giới hạn Kelvin,

chúng sẽ va chạm và liên kết có hiệu quả với các hạt nước nhỏ, làm tăng cường quá trình mưa.

Tác dụng của các hạt xon khí háo nước lớn đối với việc gia tăng quá trình mưa như trên không chỉ đúng đối với phần ẩm của mây mà còn đúng đối với phần siêu lạnh của mây khi tại đó tồn tại rất nhiều các hạt nước siêu lạnh. Hơn nữa, các hạt nước lớn khi đông kết sẽ tạo thành những hạt băng có kích thước lớn do vậy tăng cường quá trình va chạm và thu nạp các hạt nước siêu lạnh và lớn lên tới kích thước đủ để rơi xuống thành mưa.

Từ những nghiên cứu về các tính chất lý học và hoá học của xon khí cũng như vi vật lý mây kết hợp với các kết quả quan trắc về khả năng tăng cường mưa của chất lơ lửng trên các nhà máy giấy, người ta đã đưa ra ý tưởng về việc tác động bằng cách đưa vào trong mây các chất háo nước có phổ kích thước hạt tương tự như phổ kích thước hạt của xon khí tại Nam Phi. Việc này được thực hiện bằng cách đốt hỗn hợp chất tác động dưới nhiệt độ rất cao (từ 1300 tới 1800°C) và phun hỗn hợp chất tác động vào chân mây phía dưới dòng thăng.

Đã có hai thực nghiệm hiện trường để kiểm chứng công nghệ LMNT bằng phương pháp đốt phun chất háo nước là thực nghiệm tại Nam Phi và thực nghiệm tại Mexico. Các kết quả phân tích thống kê (Bruitjes và nnk, 2001) [2] cho thấy kết quả của hai thực nghiệm này là tương tự và cho thấy rằng lượng mưa tăng lên đáng kể do LMNT. Các kết quả đo đạc bằng các thiết bị gắn trên máy bay trong những đám mây được tác động ở Nam Phi cho thấy rằng các quá trình vật lý xảy ra đúng như lý thuyết tác động. Các tính toán bằng các mô hình số trị mô phỏng một cách chi tiết các quá trình vi vật lý mây của nhiều tác giả cũng như nhóm thực hiện đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học kỹ thuật để làm mưa nhân tạo ở Việt Nam” [2] cũng thu được các kết quả tương tự như các kết

quả đo đạc.

Như vậy, có thể kết luận là công nghệ LMNT bằng phương pháp đốt phun chất háo nước là có nhiều triển vọng. Tuy nhiên, đây vẫn là một công nghệ chưa hoàn thiện và để hoàn thiện nó, cần phải có nhiều nghiên cứu tiếp theo. Các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm hiện trường được tiến hành trên thế giới đã giúp đưa ra một số điều kiện để tác động có hiệu quả bằng công nghệ đốt phun chất háo nước lên mây pha hỗn hợp như sau [2]:

- Trong mây phải có số lượng hạt nhân ngưng kết lớn hơn khoảng 400 hạt/cm^3 (mây lục địa sau những đợt khô hạn kéo dài hoặc mây vùng ven biển do quá trình ô nhiễm khí quyển);

- Đám mây phải không lớn quá cũng không nhỏ quá. Để tác động đạt hiệu quả cao, đám mây phải có diện tích theo phương nằm ngang lớn hơn 4 km^2 và nhỏ hơn 750 km^2 ;

- Hàm lượng nước trong mây phải đủ cao (khoảng gần 1 g/m^3 tại mực 0°C , hay theo các nghiên cứu của Úc, lượng nước siêu lạnh trong mây ở mực -10°C phải lớn hơn 0.5 g/m^3);

- Độ dày mây phải lớn hơn độ cao chân mây;

- Chất tác động phải tạo ra phổ hạt chất háo nước có nồng độ vừa phải và có kích thước hạt tương đối lớn (từ 1 mm tới 10 mm) để đảm bảo chất háo nước hoà tan và có tác dụng ngay và tạo ra hạt nước đủ lớn.

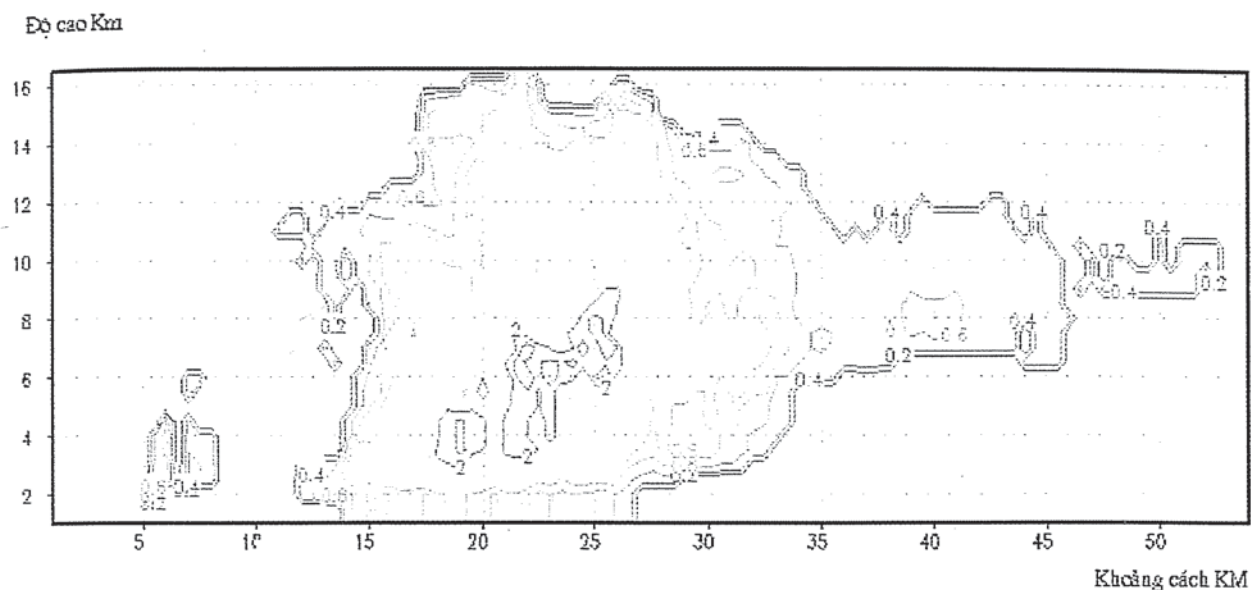
Tuy nhiên, cũng cần phải khẳng định rằng các điều kiện trên được tổng kết dựa trên các kết quả nghiên cứu bước đầu và chưa hoàn thiện. Để hoàn thiện các tiêu chí về các điều kiện tác động trên, còn cần phải tiến hành nhiều nghiên cứu một cách bài bản cả về mặt

lý thuyết và thực nghiệm hiện trường.

2. Tài nguyên mây và khả năng tác động Lượng mưa nhân tạo tại khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ

Các phân tích tính toán xác định tài nguyên mây tại khu vực Đông Bắc và Thái Bình Dương phục vụ LMNT được tiến hành bằng cách sử dụng các số liệu quan trắc mây mặt đất, mây radar và mây vệ tinh. Các kết quả phân tích thống kê tần suất xuất hiện của các loại mây cho mưa vào mùa khô cho thấy vào thời gian này, tần suất xuất hiện và khả năng cho mưa (mưa nhỏ, mưa phùn) của mây Cu kèm theo mây tầng Sc, St là lớn nhất. Các loại mây cho mưa to, mưa rào như mây Cu, Cb và tổ hợp của chúng thường xuất hiện vào đầu và cuối mùa khô khi có những đợt nhiễu động thời tiết xảy ra như không khí lạnh (KKL) hoặc KKL kết hợp với hội tụ gió Tây trên cao. Các kết quả tính toán cũng cho thấy trong các tháng mùa đông, tuy tần suất xuất hiện các loại mây có khả năng cho mưa là khá lớn nhưng tần suất cho mưa của các loại mây này thường là khá thấp. Vì vậy, việc nghiên cứu LMNT trong thời kỳ khô hạn này là một vấn đề rất cần thiết.

Để đánh giá tiềm năng mây trong khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ, chúng tôi đã sử dụng các số liệu quan trắc mây bằng các radar thời tiết số hoá tại Việt Trì, Vinh và Phú Liễn. Ngoài ra, chúng tôi còn sử dụng các số liệu quan trắc mây tại các trạm khí tượng mặt đất và quan trắc mây vệ tinh. Các kết quả tính toán tần suất xuất hiện của các loại mây đối lưu có khả năng cho mưa sau những đợt nhiễu động thời tiết như xâm nhập của không khí lạnh hay không khí lạnh kết hợp với hội tụ gió tây trên cao cho thấy rằng trong nhiều trường hợp, mây ở đây là phù hợp để LMNT bằng phương pháp đốt phun chất háo nước.



Hình 1. Phân bố lượng nước trong mây vào obs 03h42' ngày 12/ 04/ 2005 tại radar Việt Trì

Các quan trắc mây bằng radar thời tiết và vệ tinh cho phép định lượng tiềm năng mây phục vụ đánh giá tiềm năng mây để LMNT. Một thí dụ về phân bố lượng nước trong mây quan trắc bằng radar thời tiết TRS-2730 tại Việt Trì được thể hiện ở hình 1. Các kết quả tính toán, phân tích thống kê khả năng tác động LMNT của mây sử dụng các số liệu của các radar Phủ Liễn, Việt Trì và Vinh, các số liệu quan trắc mây bằng vệ tinh khí tượng theo từng giai đoạn trong vụ Đông - Xuân 2004-2005 và các tiêu chí tạm thời để tác động LMNT theo phương pháp đốt phun chất háo nước cho thấy rằng trong thời gian này có tất cả 13 đợt tràn vào nước ta. Trong đó, vào đầu mùa và cuối mùa có 10 đợt KKL với 5 đợt đủ điều kiện tác động để LMNT, đạt tỷ lệ 50%. Vào giữa mùa, có 3 đợt KKL với 2 đợt đạt tiêu chuẩn tác động. Theo các kết quả quan trắc mây từ tháng 12/2005 tới tháng 3/2006, có tất cả 7 đợt không khí lạnh, trong đó có 3 đợt đủ điều kiện để tác động LMNT. Như vậy, khoảng một nửa số đợt KKL xâm nhập vào ĐB&TDBB trong vụ khô hạn Đông - Xuân tạo mây đủ điều kiện để

LMNT. Trong vụ Hè - Thu, chỉ những đám mây có quy mô vừa phải xuất hiện sau những đợt khô hạn ngắn là đủ điều kiện để tác động.

3. Đề xuất công nghệ làm mưa nhân tạo cho khu vực Đông Bắc và Thái Bình Dương

Những nghiên cứu tính toán về tiềm năng mây và hàm lượng nước trong mây ở khu vực ĐB & TĐNB cho thấy rằng, vào mùa đông, khi có nhiều động thời tiết như KKL hoặc KKL kết hợp với hội tụ gió Tây trên cao, thường xuất hiện dải mây tích (Cu, Cb) cho mưa rào và dông. Mặt khác, theo những tính toán từ số liệu thám không về phân bố nhiệt độ theo độ cao, ở nước ta, mực 0°C có độ cao khoảng từ 5000 tới 5500m. Điều đó có nghĩa là mây đối lưu gây mưa ở nước ta thường là mây pha hỗn hợp. Thông thường, sau một đợt hạn hán kéo dài, lượng bụi trong khí quyển gia tăng và quá trình mưa tự nhiên trong mây trở nên không hiệu quả. Khi đó, có cơ hội để tác động LMNT.

Như trình bày ở phần trên, công nghệ tác động chất hao nước bằng cách rải trực tiếp các

loại muối như NaCl, KCl vào phần ẩm của mây có một số nhược điểm. Đầu tiên là do các hạt muối bột được rải trực tiếp vào trong mây có kích thước khá lớn từ 0.1 đến 0.2mm nên thời gian tan chảy là rất chậm, thậm chí mất khoảng 20 phút, làm mất cơ hội tác động. Hơn nữa, để thực hiện tác động theo phương pháp này, phải dùng một lượng rất lớn (nhiều tấn) chất tác động. Các chất muối này có khả năng ăn mòn máy bay và các thiết bị dùng tác động. Khả năng phân tán của các chất tác động này do các quá trình rối trong mây rất khó khăn. Trong thực tế, cần phải rải các chất háo nước này vào đúng vị trí trong dòng thăng để sự phát triển của các hạt nước này phù hợp với dòng thăng. Đây là một yêu cầu khá khó thực hiện.

Mặc dù chưa hoàn thiện, công nghệ tác động bằng đốt phun chất háo nước là công nghệ có triển vọng nhất về khả năng mang lại hiệu quả cả đối với mây ẩm và mây siêu lạnh. Mặc dù vẫn còn một số quá trình vật lý chưa giải thích được bằng các lý thuyết hiện hành, có rất nhiều bằng chứng cả về thống kê và đo đạc vật lý cũng như phân tích số trị khẳng định hiệu quả của công nghệ đốt phun chất háo nước. Vì vậy, trong điều kiện hiện tại của Việt Nam, chúng tôi đề xuất sử dụng công nghệ làm mưa nhân tạo bằng phương pháp đốt phun chất háo nước vào phần mây ẩm của mây pha hỗn hợp do Trung tâm Nghiên cứu Khí quyển Hoa Kỳ (NCAR) đề xuất. Quy trình tác động theo phương pháp này được đề xuất như sau:

1) Căn cứ vào kết quả tính toán mô phỏng bằng các mô hình số trị dự báo thời tiết do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường thực hiện, các ảnh mây vệ tinh và thông tin dự báo thời tiết của Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương để dự báo về những đợt nhiễu động thời tiết có khả năng gây mưa. Nếu

như điều kiện của mây dự báo là phù hợp để tác động thì chuẩn bị sẵn sàng để tác động. Việc này bao gồm tập trung các nhân viên khoa học tại trung tâm điều khiển tác động để theo dõi các diễn biến của thời tiết, phân tích các thông tin và sẵn sàng cho việc tính toán ra quyết định tác động. Đồng thời, lên lịch trực cụ thể chi tiết cho đội bay để triển khai bay khi điều kiện tác động thích hợp để ra quyết định tác động. Chuẩn bị đầy đủ các thông báo với các cơ quan liên quan: các bộ phận phối hợp thuộc Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, Bộ Quốc phòng, Bộ Công an, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Quân chủng Phòng không Không quân, v.v. để các cơ quan này lên kế hoạch phối hợp công tác.

2) Khi bắt đầu xuất hiện đám dông, dùng radar thời tiết để theo dõi, phân tích và dự báo đám dông. Phân tích các thông tin về đám dông, dự báo với thời hạn cực ngắn sự phát triển của đám dông, tính toán để đưa ra quyết định thời gian tác động, liều lượng tác động, vị trí tác động. Người chỉ huy nhóm điều hành ra quyết định tác động và thông báo cho tổ bay tác động các thông số thực hiện cần thiết.

3) Theo dõi quá trình tác động một cách chặt chẽ để điều chỉnh hoạt động của máy bay tác động. Ghi lại các thông tin radar kết hợp với các trạm đo mưa mặt đất phục vụ việc đánh giá hiệu quả tác động.

4) Đánh giá hiệu quả tác động. Tổng kết, đưa ra các kết luận cần thiết.

4. Kết luận và kiến nghị

1) Với điều kiện mây tại khu vực ĐB&TDBB, đề xuất áp dụng công nghệ LMNT bằng phương pháp đốt phun chất háo nước của Trung tâm Nghiên cứu Khí quyển Hoa Kỳ cho dự án thử nghiệm LMNT ở Việt Nam;

2) Theo các tiêu chí tác động tạm thời của công nghệ đốt phun chất hao nước và trên cơ sở phân tích các điều kiện mây ở ĐB&TDBB, điều kiện mây thích hợp nhất để LMNT là mây đối lưu xuất hiện sau những đợt khô hạn trong cả vụ Đông - Xuân và vụ Hè - Thu;

3) Các đánh giá về tính chất mây trong các đợt nhiều động thời tiết trong các vụ Đông - Xuân và Hè - Thu ở khu vực đồng bằng và Trung du Bắc Bộ cho thấy khoảng 50% các đợt nhiều động thời tiết trong vụ Đông - Xuân tạo mây có đủ điều kiện tác động LMNT. Trong vụ Hè - Thu, chỉ những nhiều động thời tiết với quy mô khá nhỏ sau những đợt khô hạn là có

đủ điều kiện tác động LMNT;

4) Vì LMNT rất tốn kém và công nghệ LMNT chưa hoàn thiện nên việc tiến hành LMNT trong giai đoạn này chứa đựng những rủi ro nhất định. Cần xem xét rất kỹ càng trên cơ sở phân tích một cách khoa học các thuận lợi và rủi ro trước khi quyết định tiến hành dự án thử nghiệm LMNT ở Việt Nam. Trong tình hình kinh tế xã hội và khoa học hiện nay ở Việt Nam, có thể chưa nên tiến hành ngay lập tức dự án thử nghiệm LMNT mà tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện công nghệ, tiếp tục đào tạo cán bộ và chuẩn bị cơ sở vật chất cho dự án này.

Tài liệu tham khảo

1. Vũ Thanh Ca và Trương Đức Trí. Bàn về vấn đề làm mưa nhân tạo ở Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 527, 1 – 10.2004.
2. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học kỹ thuật để làm mưa nhân tạo ở Việt Nam”, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2006.
3. Bruintjes, R. T. A review of cloud seeding experiments to enhance precipitation and some new prospects. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 805–820. 1999.
4. Levin Y., and D. Rosenfeld. On ice nuclei, rainwater chemical composition and static cloud seeding effects in Israel. *J. Appl Meteorol.* 35:1494-1501. 1996.
5. Rosenfeld, D. and M. I. Lensky. Space-borne based insights into precipitation formation processes in continental and maritime convective clouds. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 2457 - 2476. 1998.
6. Bruintjes, R. T., D. W. Breed, V. Salazar, M. J. Dixon, T. Kane, G. G. Foote, and B. G. Brown, (2001): Overview and results from the Mexican hygroscopic seeding experiment. *Preprints, 15th Conf. on Planned and Inadvertent Weather Modification, Albuquerque, NM, Amer. Meteor. Soc.*, 45–48.