

QUAN HỆ CAPE/CIN VỚI MƯA LỚN NỬA ĐẦU MÙA HÈ KHU VỰC BẮC BỘ: VÀI NGHIÊN CỨU ĐỊNH LƯỢNG

Nguyễn Minh Trường, Vũ Thanh Hằng
Bộ môn Khí tượng, Trường ĐHKHTN Hà Nội
Phạm Thị Thanh Hương - Viện Khí tượng Thủy văn

1. Mở đầu

Trong thời gian gần đây, nhiều tác giả trên thế giới đã đề cập đến khái niệm “Năng lượng đối lưu tiềm năng” (CAPE- Convective Available Potential Energy) và “Năng lượng cản đối lưu” (CIN- Convective INhibition) và vai trò của chúng trong các nghiên cứu đối lưu khí quyển cũng như các hiện tượng thời tiết nguy hiểm khác như mưa lớn, dông... [2,4]. Các quá trình đối lưu phát triển mạnh (đối lưu sâu) thường được xảy ra nhờ hai yếu tố là nhiệt lực và động lực. Khái niệm CAPE/CIN được đưa ra nhằm giải thích vai trò của nhiệt lực trong các quá trình đối lưu nói chung và trong các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như dông, mưa lớn nói riêng.

Vào đầu mùa hè ở miền Bắc Việt Nam thường có những hình thế thời tiết gây mưa rào với lượng mưa và cường độ mưa lớn, có nguồn gốc đối lưu nhiệt hoặc đối lưu động lực (đối lưu cưỡng bức-Forced Convection). Hậu quả của các đợt mưa này là rất lớn nhưng đáng tiếc là chưa được nghiên cứu định lượng một cách đầy đủ. Trong các mô hình dự báo thời tiết bằng phương pháp số, các quá trình đối lưu được tính đến bằng các sơ đồ tham số hoá đối lưu cụ thể. Nói chung đây là các sơ đồ rất phức tạp trên tất cả các mặt vật lý-toán-thuật toán (chương trình máy tính) [1, 6]. Đến những năm gần đây các kết quả dự báo trường ẩm của các mô hình số đã đạt được những thành tích không thể phủ nhận được, tuy nhiên việc dự báo cường độ và lượng mưa vẫn chưa thật tốt do bản chất vật lý phức tạp vốn có của hiện tượng.

Mặt khác, trong số các thông tin khí tượng thì số liệu cao không ở phần lớn các trạm là chưa được khai thác hết khả năng, mặc dù chúng hoàn toàn khách quan và chứa đựng nhiều thông tin có thể khai thác để mô tả cấu trúc vật lý của bầu khí quyển. Đứng trước nhận định trên, trong nghiên cứu này các tác giả hy vọng tìm được một mối quan hệ định lượng bước đầu giữa CAPE/CIN với mưa lớn trong nửa đầu mùa hè ở Bắc Bộ, trong đó số liệu cao không sẽ được sử dụng.

2. Phương pháp và số liệu

Năng lượng đối lưu tiềm năng CAPE là năng lượng cần cung/sản ra để đưa một phần tử không khí từ vị trí hiện tại lên mực nổi phiếm định (LNB- Level of Neutral Buoyancy) [4].

$$CAPE \equiv \int_z^{LNB} B dz = \int_z^{LNB} \frac{g}{T_v} (T_{vp} - T_v) dz = \int_{P_{LNB}}^{P_{FARCEL}} R_d (T_{vp} - T_v) d \ln p \quad (1)$$

trong đó B , T_v , T_{vp} , p và R_d lần lượt là lực nổi tác động lên một đơn vị khối lượng, nhiệt độ ảo, nhiệt độ ảo đoạn nhiệt, áp suất và hằng số khí của không khí khô.

Thông thường *CAPE* được phân tích thành phần dương từ phía trên mực đối lưu tự do (*LFC*- Level of Free Convection) đến *LNB* và phần âm từ mực hiện tại của phần tử đến *LFC*.

$$CAPE \equiv PA - NA \quad (2)$$

trong đó:

$$PA \equiv \int_{P_{LNB}}^{P_{LFC}} R_d (T_{vp} - T_v) d \ln p$$

$$NA \equiv \int_{P_{LFC}}^{P_{PARCEL}} R_d (T_{vp} - T_v) d \ln p$$

Như vậy, *NA* (được gọi là vùng âm hay *CIN*) đặc trưng cho khả năng ngăn chặn đối lưu của lớp không khí sát bề mặt [2, 4]. Nghĩa là muốn có đối lưu phát triển thì lớp biên khí quyển, bằng một cơ chế nào đó- thường là do vai trò động lực, sinh công phát động đủ lớn để thắng công cản của vùng *NA*. Cơ chế này có thể gây ra bởi độ đứt gió (*SP*- Shear Production). Về vai trò của *SP* có thể xem chi tiết trong [3, 5].

Về mặt số liệu, trong nghiên cứu này chúng tôi chọn ra các đợt mưa có lượng mưa ngày lớn hơn 50mm của các tháng III, IV, V, VI năm 1998 và 1999, ứng với các hình thể thời tiết mà đối lưu có thể phát triển, mưa lớn tập trung duy nhất vào một ngày. Đối chiếu với bản đồ synóp có thể nhận thấy tất cả các đợt mưa này đều liên quan trực tiếp đến các nhiễu động xoáy thuận trên khu vực miền Bắc Việt Nam. Số liệu được đưa ra trong bảng 1, 2.

Bảng 1. Mưa lớn đầu mùa hè (III-VI) năm 1998- Trạm Láng

Đợt mưa	I			II		
	6-VI	7-VI	8-VI	25-VI	26-VI	27-VI
Lượng mưa (mm/ngày)	0,0	142,3	0,0	48,5	148,0	27,3

Bảng 2. Mưa lớn đầu mùa hè (III-VI) năm 1999- Trạm Láng

Đợt mưa	I			II		
	20-V	21-V	22-V	17-VI	18-VI	19-VI
Lượng mưa (mm/ngày)	4,9	56,2	0,1	0,0	88,6	0,0

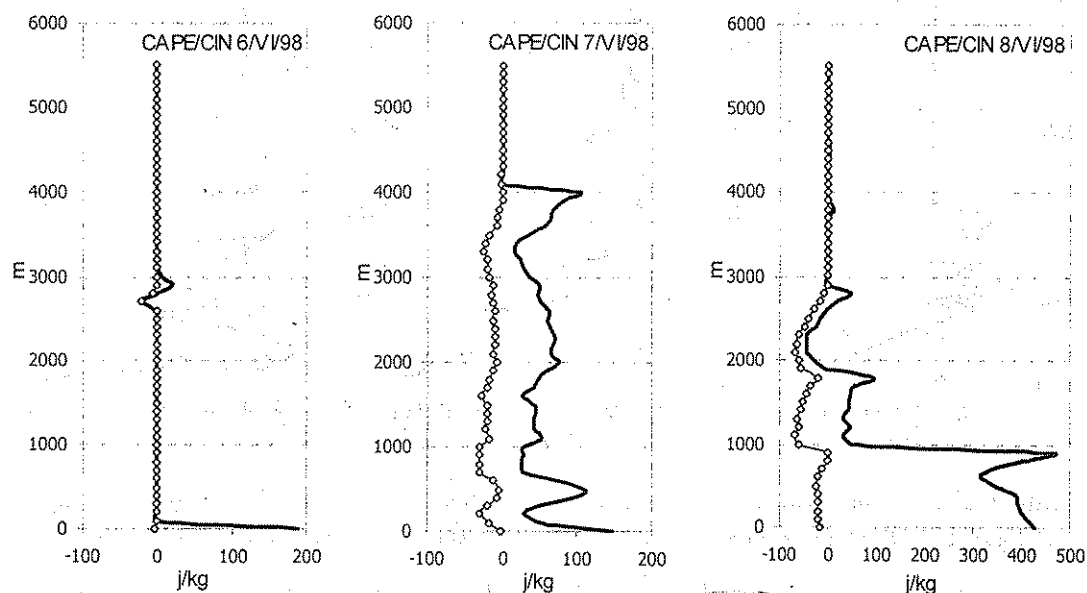
Trên cơ sở những đợt mưa nói trên, số liệu cao không lúc 7h00 sáng tại Trạm Láng của các ngày tương ứng được sử dụng.

3. Kết quả tính toán

Đầu mùa hè năm 1998 có hai đợt mưa rất lớn mà trong đó tổng lượng mưa hầu như chỉ tập trung vào một ngày do nhiễu động xoáy thuận khổng lồ miền Bắc Việt Nam gây ra, đạt 142,3 và 148,0 mm/ngày (bảng 1). Để giải thích điều này, profile thẳng đứng lúc 7h00 sáng của *CAPE/CIN* các ngày 6-8-VI-1998 được tính toán và đưa ra trong hình 1.

Qua kết quả tính toán được thể hiện trên hình 1 có thể nhận xét như sau: vào ngày 6-VI mặc dù *CIN* hầu như bằng không trong toàn bộ lớp biên khí quyển, nghĩa là hầu như không có cơ chế cản đối lưu, nhưng *CAPE* chỉ mang giá trị dương trong lớp

ngay sát mặt đất, điều này cho thấy năng lượng tiềm năng cho đối lưu là rất nhỏ. Cơ hội đối lưu không có, đây là ngày không mưa. Sang ngày 7-VI *CIN* đạt giá trị tuyệt đối không quá 30 J/kg trong lớp biên (nghĩa là cơ chế cản đối lưu rất yếu), còn *CAPE* đạt giá trị dương khá lớn liên tục đến độ cao khoảng 4000m. Xem xét profin gió tương ứng cho thấy gió trong lớp biên tăng khá đều đặn theo độ cao, và do vậy không tồn tại vùng âm đáng kể của *SP* trong lớp biên. Đây là cơ hội rất thuận tiện cho đối lưu phát triển và tổng lượng mưa ngày 7-VI lên đã tới 142,3 mm/ngày. Đến ngày 8-VI mặc dù *CAPE* trong 1000m dưới cùng lớn hơn so với ngày 7-VI, nhưng độ cao mà *CAPE* dương liên tục không lớn (nhỏ hơn 2000m), hơn nữa, *CIN* giữ giá trị lên tới -70 J/kg trong lớp biên. Do vậy, vào ngày này tại Trạm Láng không quan sát thấy mưa.

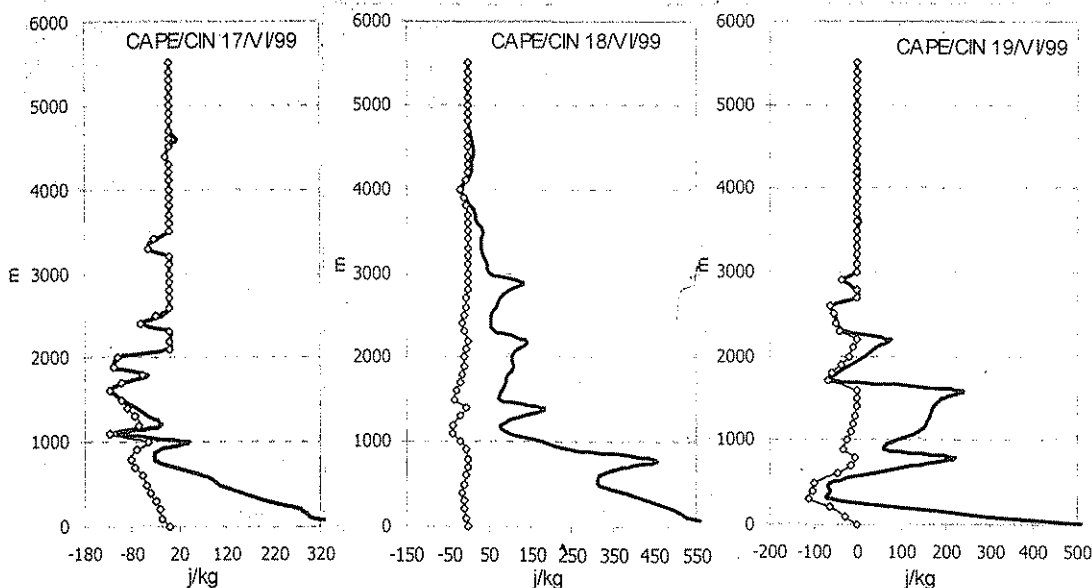


Hình 1. Profin thẳng đứng của *CAPE/CIN* lúc/ h00 Trạm Láng, từ trái qua phải cho các ngày 6, 7 và 8-VI-1998. Đường đậm nét liền là *CAPE*, đường còn lại là *CIN*.

Một kết quả hoàn toàn tương tự cho đợt mưa từ 25÷27-VI-1998 với lượng mưa ngày cực đại 148,0 mm/ngày: vào ngày 25-VI *CAPE* đạt giá trị dương liên tục đến gần 3000m, *CIN* đạt - 48 J/kg trong lớp biên cho mưa 48,5mm/ngày. Sang ngày 26-VI, *CAPE* dương liên tục tới độ cao gần 4000m, *CIN* chỉ đạt -16 J/kg trong lớp biên, cho lượng mưa tới 148,0mm/ngày. Đến ngày 27-VI mặc dù *CIN* nhỏ, khoảng -15 J/kg trong lớp biên, nhưng *CAPE* đạt giá trị dương liên tục chỉ tới 2000m và lượng mưa giảm xuống còn 27,3mm/ngày. Với những kết quả nói trên có thể tạm thời nhận xét: *CAPE* mang giá trị dương khá lớn, liên tục đến độ cao đủ lớn, gió tăng khá đều đặn (*SP* không có vùng âm đáng kể) trong lớp biên là điều kiện cần và *CIN* có độ lớn nhỏ là điều kiện đủ để tạo mưa lớn do đối lưu mà trong đó yếu tố cường bức động lực qui mô lớn không giữ vai trò thống trị (ví dụ, cường bức bởi hoàn lưu gió mùa).

Trên hình 2 là đồ thị tương ứng cho các ngày 17, 18 và 19-VI-1999. Với hai ngày không mưa 17 và 19-VI tiếp tục quan sát thấy *CIN* có độ lớn rất đáng kể trong lớp biên còn phần *CAPE* dương và liên tục đạt độ cao rất thấp. Tuy nhiên, với ngày 18-VI, lượng mưa đạt 88,6 mm/ngày, thì cấu trúc thẳng đứng của hai yếu tố này lại thay đổi hoàn toàn: trong lớp biên *CIN* đạt cực trị là - 41J/kg, các giá trị phổ biến khoảng -

15 đến -20 J/kg , còn *CAPE* có giá trị dương lớn liên tục đến độ cao 3000m. Nếu tiếp tục so sánh ngày 7-VI-1998 với ngày 18-VI-1999 có thể nhận thấy yêu cầu một lớp đủ dày mà trong đó *CAPE* có giá trị dương liên tục dường như quan trọng hơn bản thân độ lớn của *CAPE* (vì như vậy phần tử khí sẽ được gia tốc liên tục), khi đó lượng mưa lại do *CIN* quyết định. Diễn biến theo thời gian profin thẳng đứng của *CAPE/CIN* tiếp tục được lập lại cho đợt mưa từ 20-22-V-1999, chỉ khác ở chỗ vào ngày 21-V lượng mưa đạt 56,2 mm/ngày thì bề dày mà *CAPE* có giá trị dương liên tục chỉ đạt 1800m.



Hình 2: Profin thẳng đứng của *CAPE/CIN* lúc 7h00 Trạm Láng, từ trái qua phải cho các ngày 17, 18 và 19-VI-1999. Đường đậm nét liền là *CAPE*, đường còn lại là *CIN*.

Trong số các đợt mưa trên 50 mm/ngày của hai năm 1998, 1999 chỉ có một đợt duy nhất từ 9 ÷ 11-VI-1998, cũng với nhiễu động xoáy thuận khổng lồ miền Bắc Việt Nam, với lượng mưa tương ứng 0,4, 104,7 và 2,4mm (số liệu không đưa ra trong bảng) là dường như không hoàn toàn phù hợp với qui luật trên. Để lý giải điều này cần lưu ý lại là trong nghiên cứu này chỉ sử dụng số liệu cao không lúc 7h00. Vào ngày 9-VI cả *CAPE* và *CIN*, giống như các đợt trước đây, đều không thuận lợi cho đối lưu phát triển. Đến 7h00 10-VI *CAPE* dương khá lớn liên tục đến 3800m, gió tăng đều đặn theo độ cao, còn *CIN* có độ lớn nhỏ trừ một vài lớp sát đất có thể đạt -80 J/kg mà lượng mưa tới hơn 100 mm/ngày. Kết quả này hoàn toàn có thể giải thích được nếu nhận xét rằng mặc dù vào thời điểm này điều kiện nhiệt lực chưa thật thích hợp nhưng theo tiến trình từ 9 sang 10-VI điều kiện nhiệt lực cho đối lưu phát triển đã thuận lợi lên nhanh chóng, và rất có thể sau 7h00 sẽ đạt chín muồi. Hơn nữa, qui mô thời gian để mưa đối lưu đạt lượng 100 mm có thể chỉ diễn ra trong vài đến chục giờ. Đến ngày 11-VI điều kiện nhiệt lực vẫn thích hợp nhưng xem xét profin gió có thể nhận thấy modun gió giảm nhanh xung quanh độ cao 700m, nghĩa là tồn tại vùng âm đáng kể của *SP* tại độ cao này và hình thành lớp cản động lực đối với sự xuất hiện đối lưu tại đây. Ngoài ra, sau 7h00 ngày 11-VI điều kiện nhiệt lực có thể suy yếu đáng kể vì sang ngày 12-VI nó đã mất hẳn.

4. Kết luận

Từ các kết quả trên đây, đối với mưa lớn do nhiễu động xoáy thuận khổng lồ miền Bắc Việt Nam, có thể rút ra một số nhận xét sơ bộ như sau:

1) Trong hầu hết các trường hợp được khảo sát thì mưa lớn xảy ra với điều kiện cơ bản là CIN có giá trị lớn (giá trị tuyệt đối nhỏ, thông thường là dưới 50 J/kg) trong lớp biên khí quyển. Nếu profin này xảy ra sẽ đảm bảo điều kiện thuận lợi cho lớp biên sinh công phát động thăng công cản của CIN một cách dễ dàng.

2) Khi điều kiện trên xảy ra, nếu $CAPE$ không âm liên tục đến độ cao đủ lớn thì tất cả các trường hợp đều cho mưa lớn. Điều này hoàn toàn có thể hiểu được vì cấu trúc thăng đứng của bầu khí quyển như vậy là rất thuận lợi cho đối lưu phát triển.

3) Theo kết quả tính toán thấy hai dấu hiệu trên xuất hiện mà gió tăng đều đặn trong lớp biên thì khả năng đối lưu xuất hiện cho mưa lớn là rất cao (trong nghiên cứu này số trường hợp khảo sát còn ít, do vậy chưa có độ tin cậy thống kê cao). Tóm lại, điều kiện của $CAPE$ và SP là điều kiện cần, còn CIN là điều kiện đủ.

4) Tuy nhiên, sơ bộ có thể đánh giá như sau (với điều kiện SP thích hợp như đã nói ở trên):

- CIN có độ lớn nhỏ trong lớp biên, không quá 30 J/kg, $CAPE$ dương liên tục đến độ cao khoảng 4000m thì có khả năng cho mưa trên 100 mm/ngày.

- CIN có độ lớn trong lớp biên không quá 40 J/kg, $CAPE$ dương liên tục đến độ cao khoảng trên 3000m thì có khả năng cho mưa khoảng 80÷90 mm/ngày.

- CIN có độ lớn không quá 50 J/kg trong lớp biên, $CAPE$ dương liên tục đến độ cao khoảng 2000m thì có khả năng cho mưa khoảng 50 mm/ngày.

5) Mặc dù vậy, vào thời điểm quan trắc lúc 7h00 các điều kiện trên có thể chưa đảm bảo nhưng vẫn cho mưa lớn là vì điều kiện chín muồi xảy ra sau đó (như đã nói ở trên). Do vậy, cần xem xét tiến trình phát triển theo thời gian của các yếu tố trên, đây cũng là yêu cầu sống còn đối với công tác dự báo. Nếu có thêm số liệu cao không lúc 13h00 thì độ tin cậy chắc chắn sẽ cao hơn.

6) Sử dụng profin thăng đứng của $CAPE/CIN$ để dự báo mưa lớn do các hình thể nhiễu động xoáy thuận khổng lồ Bắc Bộ đầu mùa hè là khả năng hiện thực, vấn đề duy nhất là cần khảo sát thêm một số trường hợp để đưa ra được ngưỡng dự báo chính xác.

Nghiên cứu được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của đề tài nghiên cứu khoa học cơ bản, năm 2001, mã số 735001.

Tài liệu tham khảo

1. Arakawa A. and Schubert W. H., 1974: Interaction of a Cumulus Cloud Ensemble with the Large-Scale Environment, Part I. *J. Atmos. Sci.*, 31, 674-701.
2. Emanuel K. A., 1994: Atmospheric Convection. *Oxford University Press*. 580 pp.
3. Gibson M. M., Launder B. E., 1978: Ground effects on pressure fluctuations in the atmospheric boundary layer. *J. Fluid Mech.*, 86, 491-511.
4. Smith R. K., 1997: The Physics and Parameterization of Moist Atmospheric Convection (Smith R. K. Ed.). *Kluwer Academic Publishers*. 498 pp.
5. Stull R. B., 1988: Boundary Layer Meteorology. *Kluwer Academic Publishers*. 666 pp.
6. Tiedtke M., 1989: A Comprehensive Mass Flux Scheme for Cumulus Parameterization in Large-Scale Models. *Mon. Wea. Rev.*, 117, 1779- 1800.