

# SO SÁNH SỰ XUẤT HIỆN CỦA SPREAD F XÍCH ĐẠO TỪ TRONG NĂM MẶT TRỜI HOẠT ĐỘNG TRUNG BÌNH (2003) VÀ HOẠT ĐỘNG YẾU (2005)

HOÀNG THÁI LAN, NGUYỄN THU TRANG, JOHN MACDOUGALL

Email: thailan164@gmail.com

*Viện Vật lý Tp. Hồ Chí Minh - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Ngày nhận bài: 30-2-2011

## 1. Mở đầu

Spread F ( $F_s$ ) là hiện tượng bất ổn định của cấu trúc plasma khu vực lớp F tầng điện ly.  $F_s$  thể hiện trên điện ly đồ thu được nhờ phương pháp thăm dò thẳng đứng là các vết phân xạ bị trải rộng về tần số và độ cao thay vì là đường cong mảnh trong điều kiện ổn định [26]. Vết  $F_s$  có nhiều dạng khác nhau và được phân thành 4 dạng chính là trải rộng về tần số ( $F_{s\_F}$ ), trải rộng về độ cao ( $F_{s\_Q}$ ), trải rộng về tần số lẫn độ cao ( $F_{s\_L}$ ) và không thể định dạng ( $F_{s\_P}$ ). Từ góc độ ảnh hưởng tới truyền sóng vô tuyến,  $F_s$  được quan tâm với hai dạng cơ bản là  $F_{s\_Q}$  và  $F_{s\_F}$  [10, 26].

Các kết quả nghiên cứu cho thấy,  $F_{s\_Q}$  liên quan đến hiệu ứng nhấp nháy điện ly, có thể gây gián đoạn tạm thời và làm suy giảm chất lượng tín hiệu trên đường truyền vệ tinh - mặt đất trong khi  $F_{s\_F}$  không có sự liên hệ nào với hiện tượng này [1, 15, 21]. Cùng với sự phát triển của thông tin liên lạc vệ tinh, thông tin về spread F, đặc biệt  $F_{s\_Q}$  và  $F_{s\_F}$ , là rất quan trọng cho các nghiên cứu cấu trúc plasma điện ly, có ý nghĩa đặc biệt trong nghiên cứu và dự báo thời tiết không gian toàn cầu. Vì vậy,  $F_s$  thường được xem xét để phân loại thành hai dạng cơ bản nêu trên với giả thiết rằng các vết  $F_s$  dạng vô định hình [10] là sản phẩm của quá trình phân xạ từ các lớp bị nghiêng nên cũng có thể được xếp vào dạng trải rộng về độ cao [26].

Ở khu vực xích đạo từ, đã có hàng loạt báo cáo khoa học về đặc tính xuất hiện của spread F và hai dạng  $F_s$  cơ bản theo biến trình ngày đêm, theo mùa, theo hoạt động Mặt Trời và hoạt động địa từ

[2-5, 7, 12, 15-24]. Ở Việt Nam, sử dụng số liệu tại Đài quan trắc khí quyển Hóc Môn, Tp. Hồ Chí Minh (10.50 N, 106.33 E, vĩ độ từ: 2.9 N), Hoàng Thái Lan và nhóm tác giả đã nghiên cứu thống kê đặc tính của sự xuất hiện  $F_s$ , phân loại các dạng  $F_s$ , biến thiên mùa và định lượng độ trải rộng của vết phân xạ trên các điện ly đồ trong giai đoạn 2002-2006 [10].

Để tiếp tục nghiên cứu sâu hơn nữa về hiện tượng này tại Việt Nam phục vụ mục tiêu truyền thông vệ tinh, bài báo này tập trung vào phân tích  $F_s$  quan trắc tại Đài Hóc Môn trong hai năm 2003 và 2005. Năm 2003 được chọn đại diện cho giai đoạn Mặt Trời hoạt động trung bình (số vết đen trung bình = 63,7) và năm 2005 đại diện cho giai đoạn Mặt Trời hoạt động yếu (số vết đen trung bình = 29,8) của chu trình Mặt Trời thứ 23. Bài báo phân tích đặc tính xuất hiện của spread F nói chung và của hai dạng  $F_{s\_Q}$  và  $F_{s\_F}$  trong điều kiện hoạt động từ yên tĩnh (chỉ số  $K_p < 3$ ). Các kết quả này cũng sẽ được so sánh với các kết quả của một số trạm xung quanh xích đạo từ trên thế giới (Thumba, Kodaikanal của Ấn Độ, Huancayo của Peru, Baguio của Philippin và Fortaleza của Brazil) trong điều kiện tương tự về độ hoạt động Mặt Trời và địa từ.

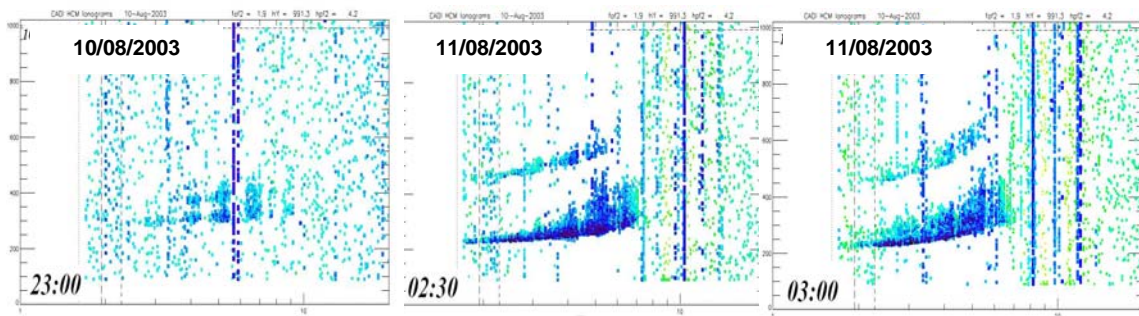
## 2. Kết quả và thảo luận

### 2.1. Cơ chế xuất hiện các dạng Spread F

$F_s$  xuất hiện trên điện ly đồ quan trắc tại Tp. Hồ Chí Minh có nhiều dạng khác nhau [10]. Đây là một đặc trưng của các trạm xích đạo từ ở các vùng

kinh tuyến khác nhau [4, 24]. Kết quả quan trắc tại Tp. Hồ Chí Minh cho thấy, có những giai đoạn quan trắc được sự phát triển tuần tự từ Fs<sub>Q</sub> vào giai đoạn trước nửa đêm thành Fs<sub>F</sub> giai đoạn sau nửa đêm và cuối cùng là sự trải rộng toàn phần trên toàn bộ vết phản xạ (*hình 1*). Tuy nhiên, có những giai đoạn không thể nhận thấy mối liên hệ nào trong thứ tự xuất hiện Fs<sub>Q</sub> → Fs<sub>F</sub>. Hai dạng Fs này có thể xuất hiện lần lượt trong cả hai giai đoạn

trước và sau nửa đêm, cũng có khi vết trải rộng toàn phần xuất hiện xen kẽ với hai dạng. Đặc biệt, rất nhiều trường hợp ghi nhận thấy có sự gián đoạn từ 15 phút (1 điện ly đồ) đến 2 giờ 30 phút (10 điện ly đồ) giữa hai lần xuất hiện Fs liên tiếp. Cũng có trường hợp gián đoạn hai hoặc ba lần trong một chuỗi xuất hiện Fs trong đêm. Đây chính là điểm khác biệt so với trạm Thumba (8.31 N, 76.52 E, vĩ độ từ: 0.47 S), Ấn Độ.



Hình 1. Sự hình thành 2 dạng Fs: Fs<sub>Q</sub> vào thời điểm trước nửa đêm (23:00) sau đó đến Fs<sub>F</sub> vào giai đoạn sau nửa đêm (02:30) và cuối cùng là sự trải rộng trên toàn bộ vết phản xạ (03:00)

Chứng minh lý thuyết và thực tế quan trắc tại hầu hết các trạm vùng xích đạo từ cho thấy có khả năng tồn tại một quá trình, mà trong đó Fs<sub>Q</sub> xuất hiện trên điện ly đồ vào giai đoạn đầu của sự hình thành Fs khi các cấu trúc bất ổn định cỡ nhỏ (vài chục centimet đến vài chục mét) và các cấu trúc cỡ lớn (vài km đến vài trăm km) cùng tồn tại và làm nhiễu loạn phần đáy lớp F. Sau đó, khi các cấu trúc bất ổn định này phát triển lên phía trên, xuyên qua toàn bộ lớp F lên đến phần đỉnh thì các bất ổn định nhỏ bị triệt tiêu, chỉ còn lại cấu trúc bất ổn định lớn và hình thành các cấu trúc dạng bọt bong bóng (bubble). Đây là giai đoạn “phân rã” - giai đoạn gần kết thúc của quá trình phát triển Fs, khi đó Fs<sub>F</sub> xuất hiện trên điện ly đồ [2, 15, 17, 21].

Kết quả nghiên cứu tại các trạm xích đạo từ trên thế giới cho thấy:

Tại Waltair, Ấn Độ (17.4 N, 83.2 E, vĩ độ từ: 7.4 N), quá trình hình thành và phân rã của các mảng khuếch tán quan trắc được nhờ vào việc theo dõi sự xuất hiện và biến mất tuần tự của các vết phản xạ trải rộng [15]. Sự xuất hiện tuần tự từ Fs<sub>Q</sub> đến Fs<sub>F</sub> ghi nhận tại Thumba được báo cáo bởi Chandra và Rastogi [4], tại Kodaikanal bởi Sastri và Murthy [23] và tại Huancayo bởi Rastogi [17]. Tuy nhiên, tại Fortaleza (Brazil) các trường

hợp quan trắc được đều không thể hiện quá trình phát triển tuần tự từ Fs<sub>Q</sub> thành Fs<sub>F</sub>, tại trạm Kodaikanal ghi nhận nhiều trường hợp có gián đoạn từ hàng chục phút đến hàng giờ đồng hồ giữa hai vết Fs liên tục [1]. Tại Tp. Hồ Chí Minh, ta nhận được kết quả tương tự. Đặc điểm này cùng với thời điểm xuất hiện cực đại của Fs<sub>Q</sub>, Fs<sub>F</sub> và sự biến thiên theo mùa không giống nhau của hai dạng Fs này tại một số trạm cho thấy Fs<sub>F</sub> không chỉ đơn giản là kết quả của sự phân rã Fs<sub>Q</sub> [21-24].

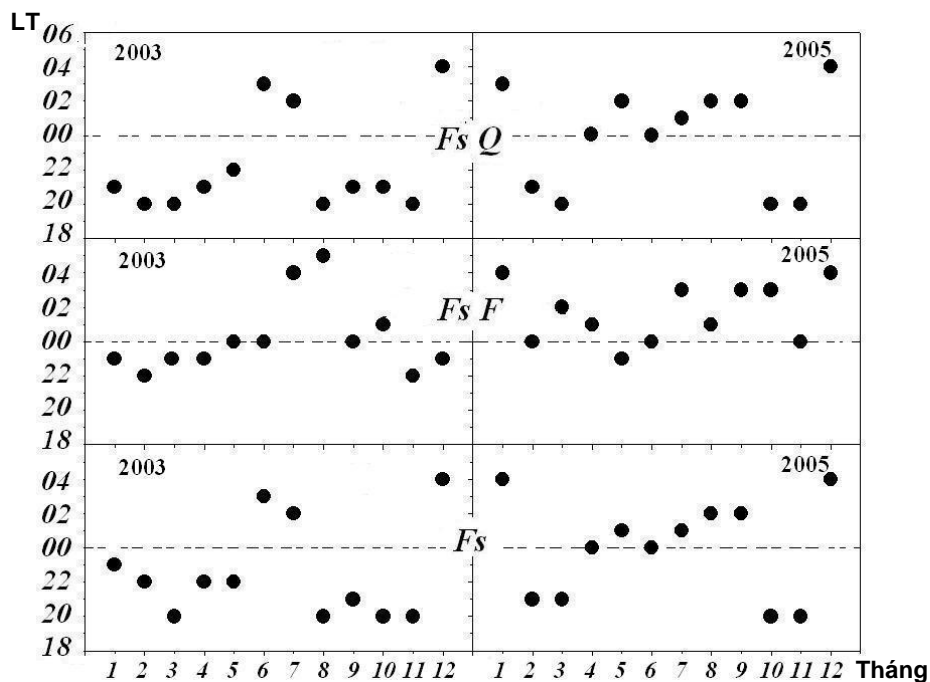
## 2.2. Biến thiên theo thời gian ngày đêm

*Hình 2* cho thấy xu thế đạt cực đại xuất hiện của cả Fs, Fs<sub>Q</sub> và Fs<sub>F</sub> đều dịch chuyển dần từ trước nửa đêm vào năm 2003 (hoạt động Mặt Trời trung bình) sang thời gian sau nửa đêm vào năm 2005 (hoạt động Mặt Trời yếu). Sự xuất hiện Fs có cực đại vào trước nửa đêm chiếm 9/12 tháng của năm 2003 với 8 tháng trong số đó đạt đỉnh xuất hiện vào khoảng 20:00-22:00. Vào các tháng xung quanh phân điểm, spread F đều xuất hiện sớm trong khi vào các tháng 6, 7, 12 đều xuất hiện muộn sau nửa đêm. Ngược lại, năm 2005 chỉ có 4/12 tháng có đỉnh xuất hiện trước nửa đêm và là các tháng Xuân - Thu phân. Thời gian xuất hiện cực đại spread F của các tháng 10, 11/2005 muộn hơn so với năm 2003 nhưng của tháng 6, 7 thì lại sớm hơn 2 giờ. Riêng

tháng 12 của hai năm đều đạt đỉnh xuất hiện cùng thời điểm và là muộn nhất trong đêm.

Trong năm 2003, dạng  $F_s\_Q$  đều xuất hiện vào trước nửa đêm trong các tháng phân điểm và sau nửa đêm trong các tháng điểm chí. Vào tháng 12,

$F_s$  và  $F_s\_Q$  của cả hai năm đều đạt đỉnh xuất hiện cùng thời điểm khoảng 04 LT. Vào tháng 6, đỉnh xuất hiện của  $F_s$  và  $F_s\_Q$  trong năm 2005 cùng vào khoảng 00 LT - sớm hơn so với năm 2003 (vào khoảng 03 LT). Điều này chứng tỏ  $F_s\_Q$  chiếm ưu thế trong các tháng điểm chí so với  $F_s\_F$ .



Hình 2. Thời điểm xuất hiện nhiều nhất theo tháng của  $F_s\_Q$  (khung 1),  $F_s\_F$  (khung 2) và  $F_s$  tổng cộng (khung 3)

Đối với  $F_s\_F$ , cực đại xuất hiện đều vào sau nửa đêm trong các tháng Xuân-Thu phân của cả hai năm. Sự xuất hiện cực đại xảy ra trước nửa đêm vào tháng 6 trong cả hai năm. Riêng tháng 12 năm 2003, cực đại xảy ra trước nửa đêm (23 LT) trong khi đỉnh này xảy ra rất muộn trong tháng 12/2005. Kết quả này phù hợp với kết quả của Hoàng Thái Lan [9], dạng  $F_s\_Q$  xuất hiện thường vào 21:00-22:00 và dạng  $F_s\_F$  thường vào 23:00-01:00.

Các kết quả này cũng phù hợp với kết quả của các trạm Baguio (16.25 N, 120.36 E, vĩ độ từ: 10 N), Philippin; Kodaikanal (10.6 N, 77 E, vĩ độ từ: 3.5 N), Ấn Độ và tại Fortaleza (4.0 S, 322 E, vĩ độ từ: 1.7 S), Brazil [7, 12, 23].

Theo Marasigan (1960), tại Baguio,  $F_s$  đạt cực đại lúc 01:00 LT vào Hạ chí trong thời kỳ Mặt Trời hoạt động yếu [12]. Tại Waltair, theo Rao và nnk (1961), thời điểm khởi đầu vào khoảng 19:00 LT,

có từ một đến hai đỉnh xuất hiện trước nửa đêm và một đỉnh nữa sau nửa đêm nhưng cực đại thường là đỉnh đầu tiên vào 19:00-22:00 LT trong thời kỳ địa từ yên tĩnh [15]. Tại Ahmedabad (23.2 N, 72.3 E, vĩ độ từ: 13.8 N), Ấn Độ, trong các năm hoạt động Mặt Trời trung bình và yếu, cực đại  $F_s$  vào khoảng 22:00-23:00 và 02:00 LT. Tại Huancayo (12.0 S, 75.3 W, vĩ độ từ: 0.6 S), Peru,  $F_s\_F$  đạt cực đại khoảng 00:00-01:00 LT vào thời gian Mặt Trời hoạt động mạnh và trung bình. Riêng  $F_s\_Q$ , vào thời gian Mặt Trời hoạt động mạnh, cực đại luôn xuất hiện ổn định vào 21:00 LT và vào thời gian Mặt Trời hoạt động trung bình, cực đại xuất hiện vào khoảng 20:00 LT. Kết quả spread F quan trắc ở Huancayo từ 1957 đến 1975 cho thấy sự xuất hiện của  $F_s\_Q$  tỷ lệ nghịch với số vết đen Mặt Trời, còn sự xuất hiện của  $F_s\_F$  thì hầu như không phụ thuộc vào chu trình của Mặt Trời [16, 17, 20, 22]. Sastri và nnk (1975) nghiên cứu  $F_s$  tại Kodaikanal, khẳng định một lần nữa dạng  $F_s$  thường xuất hiện

trước nửa đêm là  $F_s\_Q$  và sau nửa đêm là  $F_s\_F$  [23]. Kết quả nghiên cứu về Fs của Chandra và Rastogi tại 4 trạm Huancayo (Peru), Ibadan (Nigeria), Kodaikanal (Ấn Độ), Djibouti (Đông Bắc Phi) năm 1972 cho thấy spread F thường xuất hiện mạnh vào sau nửa đêm trong thời kỳ Mặt Trời hoạt động yếu [5]. Năm 1998, MacDougall và nnk công bố kết quả tại Fortaleza, Brazil cho thấy Fs sau nửa đêm đạt cực đại trong khoảng 01:00-04:00, đặc biệt vào khoảng 03:30-04:00 vào tháng 12 trong những năm Mặt Trời hoạt động yếu [7].

### 3.3. Biến thiên mùa

*Hình 3* biểu diễn kết quả quan trắc về sự xuất hiện của spread F tổng cộng và hai dạng  $F_s\_Q$ ,  $F_s\_F$  theo giờ trong ngày và theo các tháng trong năm. Ta có thể thấy một đặc điểm chung là spread F có xu hướng xuất hiện ít hơn về số lượng và muộn hơn về thời gian trong đêm vào năm 2005.

Dạng  $F_s\_Q$  xuất hiện nhiều hơn vào trước nửa đêm trong năm 2003 và với thời điểm khởi đầu chậm lại trong năm 2005. Tần suất  $F_s\_Q$  xuất hiện nhiều hơn trong năm 2003 so với năm 2005, ngoại trừ tháng 6 và tháng 7. Trong hai tháng này, sự xuất hiện cực đại của  $F_s\_Q$  xảy ra sớm hơn trong năm 2005 so với năm 2003. Trong cả hai năm,  $F_s\_Q$  đều xuất hiện nhiều vào các tháng 2, 3, 4; ít xuất hiện vào tháng 1, 12 và giảm rất đột ngột trong các tháng 9, 10, 11 của năm 2005.

Dạng  $F_s\_F$  xuất hiện chủ yếu vào sau nửa đêm và số lần xuất hiện trong năm 2003 vượt trội hơn hẳn so với năm 2005. Kết quả cho thấy vai trò ưu thế của  $F_s\_Q$  trong Fs tổng cộng vào thời gian trước nửa đêm và vai trò ưu thế của  $F_s\_F$  vào thời gian sau nửa đêm trong các tháng 3, 4, 5 và 9, 10. Các đặc điểm này thể hiện sự khác biệt hoàn toàn trong sự xuất hiện spread F tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh so với các trạm khu vực châu Mỹ (Brazil và Peru) và tương đồng so với các trạm ở châu Á (Ấn Độ và Philippin). Tuy nhiên, xu thế biến thiên đồng dạng của hai dạng  $F_s\_Q$  và  $F_s\_F$  ở Việt Nam lại có sự tương đồng với trạm Huancayo (Peru) [4, 7, 12, 17, 19, 22, 24].

Biến thiên theo mùa của spread F tại khu vực Đông Nam Á và Thái Bình Dương (Baguio - Philipin, đảo Christmas - Thái Bình Dương, Nha Trang - Việt Nam) không thể hiện biến đổi đáng kể tuy sự xuất hiện có ít hơn vào các tháng mùa đông. Trong khi tại Waltair, Fs xuất hiện cực đại vào

phân điểm và cực tiểu vào điểm chí, thì tại Nam Mỹ, Fs biến thiên mạnh theo mùa với cực đại vào tháng 12 và cực tiểu vào tháng 6. Ngược lại, ở Châu Phi cực đại vào tháng 6 và cực tiểu vào tháng 12 [3, 12, 15, 20].

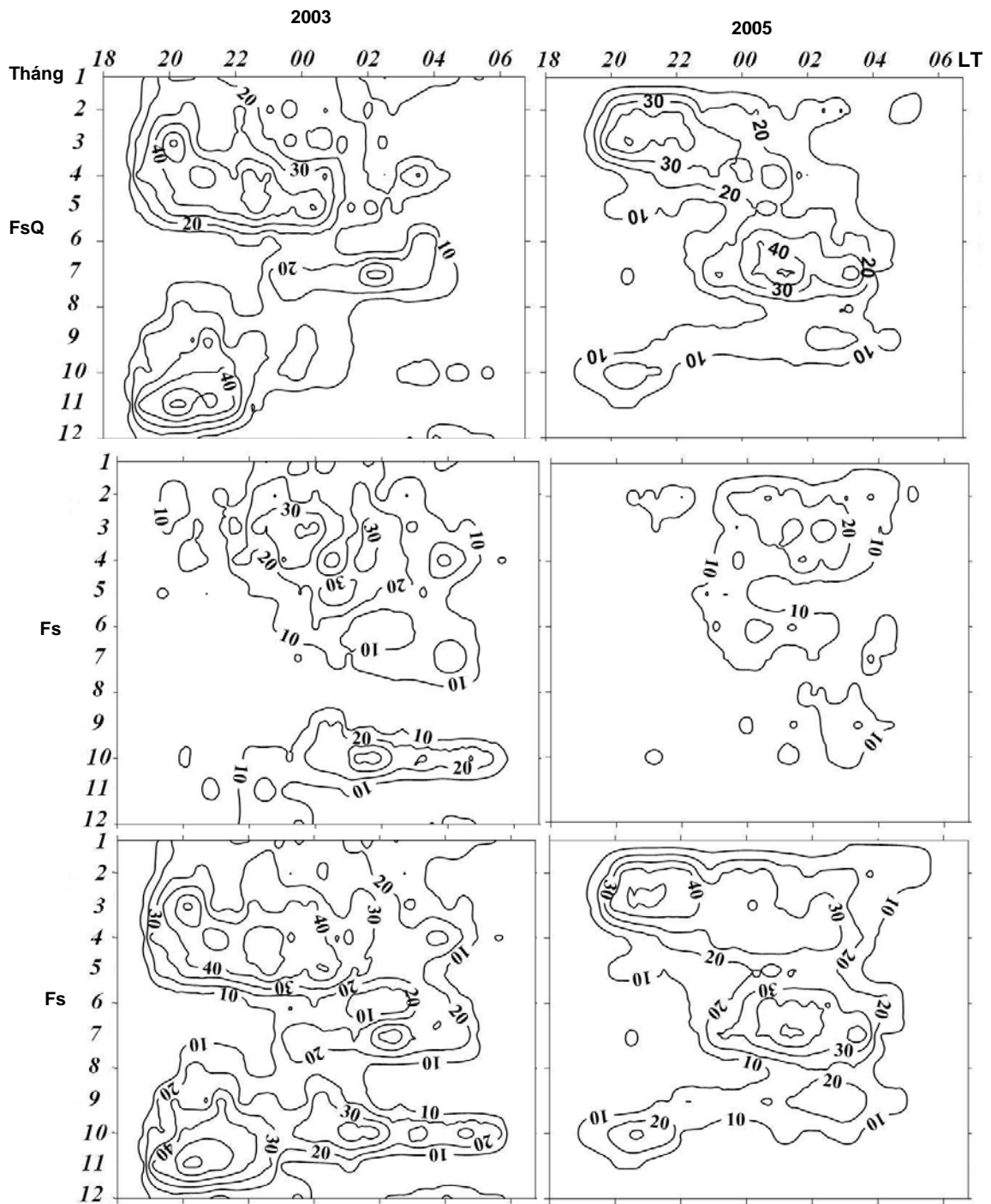
Ngoài ra, tại Ahmedabad, Baguio cũng quan trắc thấy cực đại Fs vào các tháng mùa hè với hai cực đại vào tháng 6-7 và tháng 1. Sự xuất hiện của Fs quan trắc được trong các tháng mùa hè tại những trạm này tỷ lệ nghịch với số vết đen Mặt Trời. Vào thời gian Mặt Trời hoạt động cực đại tần suất xuất hiện Fs vào mùa hè chỉ khoảng 10% và lên tới 50% vào giai đoạn Mặt Trời hoạt động cực tiểu [5, 16, 18].

*Hình 4* biểu diễn biến thiên mùa của spread F và so sánh mức độ biến thiên theo năm. Có thể thấy trong năm 2003, spread F tổng cộng xuất hiện nhiều hơn cả vào các tháng Xuân - Thu phân (3, 4, 9, 10) và ít hơn vào các tháng 5, 6, 7 và 8. Tương ứng với xu thế đó là dạng  $F_s\_Q$ . Trong năm 2005, spread F tổng cộng lại xuất hiện nhiều hơn cả vào các tháng 5, 6, 7 và 8; tiếp theo là các tháng Xuân-Thu phân và ít nhất vào các tháng 1, 2, 11 và 12. Dạng  $F_s\_Q$  cũng biến thiên đồng điệu.

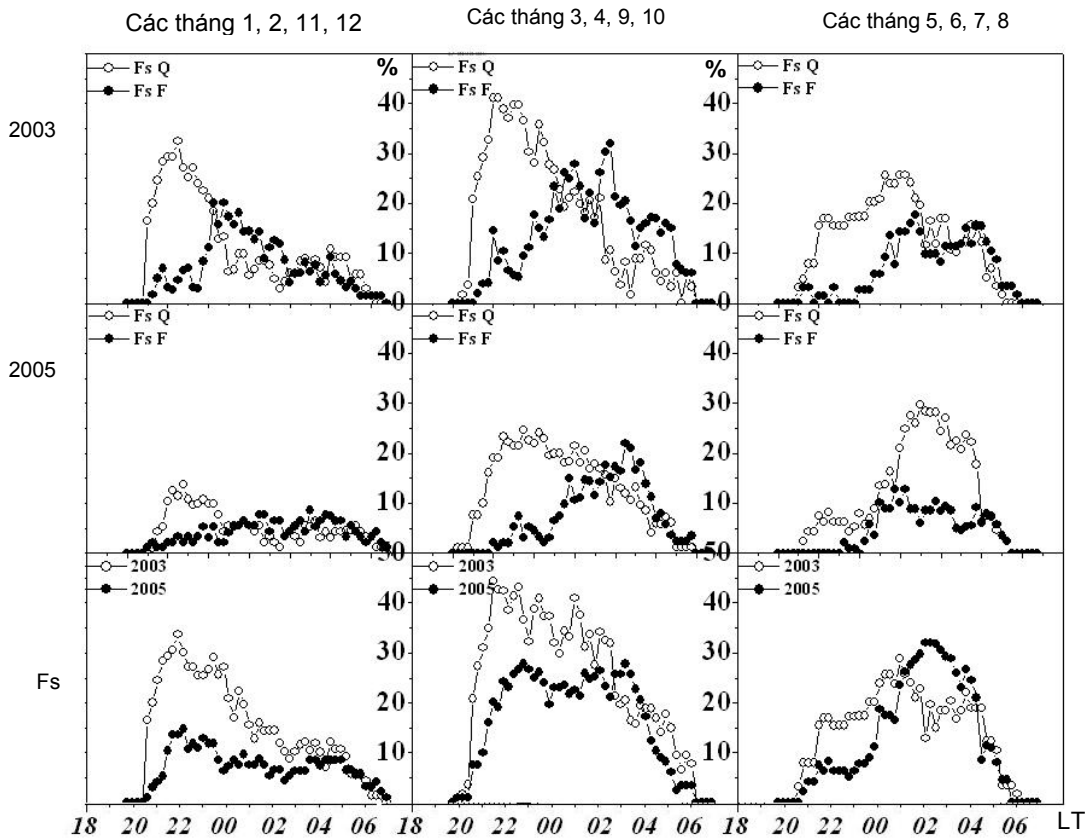
Kết quả cho thấy, Spread F giảm theo độ hoạt động của Mặt Trời và có biến thiên theo mùa khá rõ rệt. Kết quả này tương ứng với kết quả quan trắc được ở trạm Kodaikanal (Ấn Độ) [3].

Các báo cáo cho thấy rằng, sự biến thiên theo độ hoạt động Mặt Trời của Spread F quan trắc ở các trạm khác nhau tại khu vực xích đạo từ cũng khác nhau một cách đáng kể. Ở Huancayo, Fs xuất hiện tỷ lệ nghịch với độ hoạt động của Mặt Trời. Ở Djibouti, Ibadan và Kodaikanal mối quan hệ là tỷ lệ thuận [3]. Hai dạng  $F_s\_Q$  và  $F_s\_F$  cũng biến thiên tương tự và cùng tăng theo hoạt động Mặt Trời ở tại 3 trạm này. Riêng tại Huancayo,  $F_s\_Q$  biến thiên ngược với hoạt động Mặt Trời còn  $F_s\_F$  thì không thể hiện mối quan hệ nào [13, 18, 22, 24]. Tại Ahmedabad,  $F_s\_F$  chiếm ưu thế trong các năm hoạt động Mặt Trời yếu [16].

Theo Hoàng Thái Lan và Abdu M.A., spread F xuất hiện tại Việt Nam ít hơn rõ rệt so với Brazil. Xu thế biến thiên mùa hầu như trái ngược nhau tại hai khu vực với cực đại vào tháng 7 và cực tiểu vào tháng 12 ở Việt Nam, trong khi ở Brazil cực đại vào tháng 12 và cực tiểu vào tháng 7 [9].



Hình 3. Biến thiên mùa của spread F



Hình 4. Biến thiên mùa của  $Fs\_Q$ ,  $Fs\_F$  và  $Fs$  tổng cộng trong hai năm 2003 và 2005

Lyon cho rằng tồn tại một vành đai spread F mạnh có tâm tại đường xích đạo từ và trải rộng khoảng  $10^\circ$  vĩ độ từ về phía hai nửa bán cầu [14]. Theo đó, Tp. Hồ Chí Minh sẽ nằm trong vùng có spread F mạnh. Tuy nhiên, kết quả quan trắc bằng vệ tinh được McClure và nhóm tác giả công bố năm 1998 [8] lại cho thấy Việt Nam nằm trong khu vực có hoạt động spread F yếu nhất. Kết quả của McClure phù hợp với kết quả quan trắc tại chỗ của Hoàng Thái Lan và nhóm tác giả [9, 10].

Trong khi cơ chế vật lý xảy ra spread F tại các khu vực khác hầu như đã được giải thích bằng hai giả thuyết đang được chấp nhận hiện nay [11] thì hiện tượng spread F tại Việt Nam vẫn chưa được giải thích một cách thỏa đáng [25]. Các kết quả phân tích từ bài báo này cho thấy, hiện tượng spread F tại Tp. Hồ Chí Minh tuy có một số đặc điểm tương tự với kết quả của một số khu vực khác, nhưng vẫn có khác biệt lớn so với các trạm

có vị trí tương đồng ở ngay trong khu vực (Philippin và Ấn Độ) [8].

Do vậy, những nghiên cứu sâu hơn về spread F tại Việt Nam cần phải đẩy mạnh hơn nữa để làm sáng tỏ các đặc điểm và cơ chế địa phương đặc thù của hiện tượng này.

### 3. Kết luận

Kết quả khảo sát trong hai năm có độ hoạt động Mặt Trời trung bình và yếu, với điều kiện địa từ yên tĩnh cho thấy một số đặc điểm của spread F tại vùng xích đạo từ của Việt Nam như sau:

(1) Spread F giảm theo độ hoạt động Mặt Trời, thời gian xuất hiện muộn hơn trong năm độ hoạt động Mặt Trời yếu.

(2) Dạng  $Fs\_Q$  xuất hiện nhiều hơn vào các tháng Xuân - Thu phân và chiếm ưu thế trong giai đoạn trước nửa đêm.

(3) Dạng Fs\_F chiếm ưu thế trong giai đoạn sau nửa đêm.

(4) Biến thiên của hai dạng Fs\_Q và Fs\_F khá đồng điệu theo mùa với cực đại ở phân điểm.

(5) Không quan trắc thấy sự xuất hiện và phát triển tuần tự từ dạng Fs\_Q sang dạng Fs\_F.

Nội dung bài báo này là một phần kết quả của đề tài “Nghiên cứu đặc điểm khí quyển vùng xích đạo từ Việt Nam phục vụ ứng dụng công nghệ vũ trụ trong dự báo khí quyển ở khu vực này” thuộc Chương trình KHCN Vũ trụ do Viện Vật lý Tp. Hồ Chí Minh chủ trì thực hiện.

#### TÀI LIỆU DẪN

[1] *Abdu M.A., Batista I.S., Bittencourt J.A.*, 1981: Some characteristics of spread F at the magnetic equatorial station Fortaleza, *Journal of Geophysical Research*, 86 (A8), 6836-6842.

[2] *Basu S., Basu S., Aarons J., McClure J.P., Cousins M.D.*, 1978: On the coexistence of kilometer- and meter-scale irregularities in the nighttime equatorial F region, *Journal of Geophysical Research*, 83 (A9), 4219-4226.

[3] *Chandra H., Rastogi R.G.*, 1970: Solar cycle and seasonal variation of spread F near the magnetic equator, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 32, 439-443.

[4] *Chandra H., Rastogi R.G.*, 1972: Spread F at magnetic equatorial station Thumba, *Annales Geophysicae*, 28 (1), 37-44.

[5] *Chandra H., Rastogi R.G.*, 1972: Equatorial spread F over a solar cycle, *Annales Geophysicae*, 28 (4), 709-716.

[6] *Gentile L. C., Burke W. J., Rich F. J.*, 2006: A climatology of equatorial plasma bubbles from DMSP 1989-2004, *Radio Science*, 41, RS5S21, doi:10.1029/2005RS003340.

[7] *MacDougall J. W., Abdu M. A., Jayachandran P. T., Cecile J. F., Batista I. S.*, 1998: Presunrise spread F at Fortaleza, *Journal of Geophysical Research*, 110 (A10), 23415-23425.

[8] *McClure, J. P., Singh, S., Bamgboye, D. K., Johnson, F. S., Hyosub Kil*, 1998: Occurrence of equatorial F region irregularities: evidence for tropospheric seeding, *Journal of Geophysical Research*, 103 (A12), 29119-29135.

[9] *Hoang Thai Lan, Abdu M.A., MacDougall J., Batista I.S.*, 2009: Longitudinal differences in the Equatorial Spread F characteristics between Vietnam and Brazil, *Advances in Space Research*, 45, 351-360.

[10] *Hoàng Thái Lan, Nguyễn Thu Trang*, 2009: Một số đặc điểm của spread F xích đạo quan trắc tại Việt Nam, *Tạp chí các khoa học về Trái Đất*, T. 31, 4, 368-373.

[11] *Kelley M. C.*, 2009: The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and electrodynamic, Chapter 3-4, 71-175 Academic Press, Inc., USA.

[12] *Marasigan V. S. J.*, 1960: Spread F in Baguio through half of a solar cycle, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 18, 43-47.

[13] *Lyon A. J., Skinner N. J., Wright R. W.*, 1961: Equatorial spread F at Ibadan-Nigeria, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 21, 100-119.

[14] *Lyon A.J., Skinner N.J., Wright R.W.H.*, 1960: The belt of equatorial spread F, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 19, 145-159.

[15] *Rao M.S.V.G., Rao B.R.*, 1961: Nocturnal and seasonal variations of equatorial spread F, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 22, 12-22.

[16] *Rastogi R.G., Kulkarni P.P.*, 1969: Spread F echoes at Ahmedabad over a solar cycle, *Annales Geophysicae*, 25, 577-587.

[17] *Rastogi, R.G.*, 1978: On the equatorial spread F, *Indian Academy of Sciences: Proceeding*, 87A (7), 115-131.

[18] *Rastogi R.G., Vyas G.D.*, 1978: Solar cycle effects in equatorial spread F, *Current Science*, 47 (3), 73-74.

[19] *Rastogi R.G.*, 1980: Seasonal variation of equatorial spread F in the American and Indian zones, *Journal of Geophysical Research*, 85 (A2), 722-726.

[20] *Rastogi R.G.*, 1980: Seasonal and solar cycle variations of equatorial spread F in the American zone, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 42, 593-597.

[21] *Rastogi R.G.*, 1983: Tropical spread F, *Indian Journal of Radio and Space physics*, 12, 104-113.

- [22] *Rastogi R.G., Vyas G.D.*, 1977: Range and frequency spread F at Huancayo, Indian Academy of Sciences. Proceeding, 86A (4), 417-421.
- [23] *Sastri J. H., Murthy B. S.*, 1975: Spread F at Kodaikanal, Annales Geophysicae, 31(2), 285-296.
- [24] *Sastri J. H., Murthy B. S., Sasidharan K.*, 1975: On the characteristics of spread F configurations at Kodaikanal, Annales Geophysicae, 31(3), 409-414.
- [25] *Tsunoda R. T.*, 2011: Equatorial plasma structure - A tutorial, International Southeast Asia Low-Latitude Ionospheric Observation Network (SEALION) Symposium.
- [26] World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, 1978: U.R.S.I Handbook of ionogram interpretation and reduction.

## **SUMMARY**

### **The occurrence of equatorial spread F over Ho Chi Minh City in years 2003 and 2005**

This paper presents results of the study of spread F based on the ionograms obtained at Ho Chi Minh City (Vietnam) for year 2003 (medium solar activity) and year 2005 (weak solar activity) under quiet geomagnetic conditions.

The characteristics of Spread F over Vietnam showed a tendency with a decrease and later occurrence in the year of weaker solar activity. The seasonal variations showed maximum in March - April and minimum in December.

The Range Spread F ( $F_s_Q$ ) that related to scintillations of radio signals between satellites and ground stations occurred pre-midnight and appeared more in February, March and April. The time of appearance of the  $F_s_Q$  in the year 2005 occurred later than in the year 2003.

The Frequency Spread F ( $F_s_F$ ) occurred post-midnight and showed maximum of occurrence during equinoxial months.

These results were also compared with results of other equatorial stations.