भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 18 अंक 2 दिसम्बर 2010 पृ. 140-148

सौर गतिविधियों का आयनमण्डल के तापक्रमों पर प्रभाव

पंकज कुमार शर्मा, दिनेश कुमार शर्मा, पी पी पाठक* एवं जगदीश राय**
प्रयुक्त विज्ञान तथा मानविकी संकाय, मानव रचना अभियांत्रिकी महाविद्यालय, फरीदाबाद - 121 001 (हरियाणा)
*गुरुकुल कांगड़ी विश्वविद्यालय, हरिद्वार (उत्तराखण्ड)
**भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रुड़की (उत्तराखण्ड)

सारांश : आयनमण्डलीय F2 क्षेत्र बहुत चलायमान होता है तथा मुख्यतया सौर-चक्र पर निर्भर करता है। प्रस्तुत अध्ययन में जनवरी 1995 से दिसंबर 2000 (सौर निम्नतम से सौर उच्चतम) तक लगभग अर्द्ध सौर-चक्र के लिए उपग्रहीय आंकड़ों का उपयोग किया गया है। ये आंकड़े भारतीय SROSS-C2 उपग्रह पर सवार विभव मंदक विश्लेषक (आर.पी.ए.) भारयोग द्वारा भारतीय क्षेत्र के ऊपर 500km की औसत ऊँचाई पर दर्ज किये गये थे। आंकड़ों का विश्लेषण दर्शाता है कि रात्रिकालीन औसत आयनमण्डलीय इलेक्ट्रॉन तथा आयन ताप सौर गतिविधि के साथ धनात्मक सहसम्बन्ध दर्शाते हैं। इलेक्ट्रॉन तथा आयन दोनों के तापों के लिए सूर्योदयकालीन औसत शीर्ष मान तथा रात्रिकालीन औसत का अनुपात एक ऋणात्मक सहसम्बन्ध दर्शाता है। इलेक्ट्रॉन तथा आयन दोनों के तापों में सभी मौसमों के दौरान एक आकस्मिक संवृद्धि का अवलोकन किया गया है। मापित आयनमण्डलीय इलेक्ट्रॉन तथा आयन ताप की अन्तर्राष्ट्रीय संदर्भ आयनमण्डल (आई. आर. आई.) द्वारा पूर्वानुमेयित मानों से तुलना व्यक्त करती है कि सूर्योदय के समय शीर्ष IRI प्रतिरूप द्वारा थोड़ा से कम आंकलित होता है।

Effect of ionospheric temperature on solar activities

Pankaj Kumar Sharma, Dinesh Kumar Sharma, P P Pathak* & Jagdish Rai**
Manav Rachna Engineering College, Faridabad 121 001 (Haryana)
*Gurukul Kangri Vishwa Vidayalaya, Haridwar-Uttarakhand
**IIT, Roorkee (Uttarakhand)

Abstract

Ionospheric F_2 region is very much variable and mainly depends upon the Solar cycle. In the present study data using satellite observations from January 1995 to December 2000 (Solar minima to Solar maxima) is used. These observations were carried out using RPA payload on Indian SROSS C2 satellite at an averge height of 500 km. Analysis of data shows that there is a close relationship between night average ionospheric electron and ion temperature. Ratio of Sunrise average value and night average for electron and ion temperature shows negative correlation.

प्रस्तावना

पृथ्वी द्वारा अन्तर्रोधित दृश्य अवरक्त सौर विकिरण मौसम विज्ञान विषयक प्राचलों के आकाशीय तथा कालगत परिवर्तन के लिए उत्तरदायी मुख्य ऊर्जा स्रोत है। उपरी वायुमण्डल (आयनमण्डल) 1026 Å से छोटी तरंगदैर्घ्य के सौर विकिरण के विभिन्न संघटक गैसीय अणुओं के वायुमण्डलीय अवशोषण द्वारा उत्पन्न होते हैं। यह अपेक्षित होना चाहिए कि सौर ऊर्जा अथवा इसके वितरण में परिवर्तन जलवायु तथा आयनमण्डल में भी परिवर्तन उत्पन्न कर देगा[1]। यह भली भांति ज्ञात है कि सौर गतिविधि स्थिर नहीं होती है। यह लगभग 11 वर्ष का आवर्तन रखती है जिसका मुख्य स्पष्ट पहलू सूर्य कलंक संख्या है। सौर गतिविधि में परिवर्तन का जलवायु के साथ सहसम्बन्ध देखने के लिए कई प्रयास किये गये हैं। प्रथम विश्वासोत्पादक सांख्यिकीय परिणाम, जिसने सौर गतिविधि तथा जलवायु में सम्बन्ध को स्थापित करने योग्य बनाया, Labitzke तथा Van[2] द्वारा दिया गया था। F2 सतह की शीर्ष ऊँचाई पर सितंबर 1999 के दौरान इलेक्ट्रॉन ताप में परिवर्तन का अध्ययन Galyaeva *et al.*[3] द्वारा किया गया है। उन्होंने पाया कि निम्न तथा भूमध्यीय अक्षांशों पर चुम्बकीय गतिविधि इलेक्ट्रॉन ताप को प्रभावित नहीं करती है, जबकि मध्य अक्षांशों पर F2 शीर्ष प्लाज्मा तापन के साथ उच्च कोटि का सहसम्बन्ध विद्यमान रहता

है। उन्होंने सूर्योदय एवं सूर्यास्त के समय भी इन प्रभावों को पाया। जापानी उपग्रह Hinotori [4-10] की सहायता द्वारा 600km ऊँचाई पर उच्चस्तरीय आयनमण्डल में इलेक्ट्रॉन घनत्व तथा ताप के कालगत एवं आकाशीय परिवर्तनों का अध्ययन किया जा चुका है। किन्तु Hinotori आंकड़े मध्य तथा उच्च सौर गतिविधि की अवधि के हैं। Hanson *et al.* [11] ने 500km की ऊँचाई से ऊपर चुम्बकीय भूमध्य के पास OGO - 6 उपग्रह से इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों में परिवर्तन का अवलोकन किया। उन्होंने दिखाया कि रात्रि के समय उच्च स्तरीय आयनमण्डल में इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों के भूमध्यीय गर्त पाये जाते हैं। ISS-b उपग्रह द्वारा 1100km की ऊँचाई पर प्लाज्मा शीतलन भी मापा गया था[12]।

प्रस्तुत अध्ययन का उद्देश्य भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा प्रक्षेपित SROSS-C2 उपग्रह द्वारा दर्ज आंकड़ों का उपयोग करके आयनमण्डलीय F2 क्षेत्र के ऊपर इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापमानों पर सौर गतिविधि परिवर्तन के प्रभाव का अन्वेषण करना है।

सामग्री एवं विधि

आयनमण्डलीय इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापमान भारतीय SROSS-C2 उपग्रह, जो भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा आयनमण्डल का संगठन तथा ताप असंगति का अध्ययन करने के लिए 4 मई 1994 को प्रक्षेपित किया गया था, पर सवार विभव मंदक विश्लेषक (आर.पी.ए.) भारयोग द्वारा मापे गये थे। SROSS-C2 उपग्रह ASLV-D4 रॉकेट की सहायता से 630 × 430km ऊँचाई की कक्षा में भूमध्यीय समतल से 46° आनति पर प्रक्षेपित किया गया था। इसको लगातार सात वर्ष तक सफलतापूर्वक चलाया गया तथा 12 जुलाई 2001 को पृथ्वी के वायुमण्डल में पुनः प्रवेशित किया[12]। इसने 31° द. से 34° उ. की भौगोलिक अक्षांश तथा 40° पू. से 100° पू. की देशांतर पट्टी को तय किया। RPA भारयोग की अभिकल्प तथा विरचना का विस्तृत विवरण गर्ग तथा दास[14] द्वारा दिया गया है। उपग्रह 7.8km/sec की गति से चल रहा था। उपग्रहीय आंकड़े 5° उ. से 34° उ. अक्षांश तथा 65° पू. से 95° पू. देशान्तर के लिए भारतीय क्षेत्र के ऊपर चुने गये हैं। इन अक्षांशों तथा देशांतरों के लिए SROSS-C2 उपग्रह भारतीय क्षेत्र के ऊपर अधिकतम बार गुजरता है। मापित इलेक्ट्रॉन तथा आयन RPA आंकड़ों का विश्लेषण निम्नतम से उच्चतम सौर गतिविधि के समय इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों में परिवर्तन देखने के लिए किया गया है। आंकड़ों का विश्लेषण इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों पर सौर गतिविधि के प्रभाव में ऋतुनिष्ठ परिवर्तन के अध्ययन के लिए भी किया गया है। SROSS-C2 उपग्रह द्वारा तय किये गये भारतीय क्षेत्र के ऊपर इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों का आंकलन करने में IRI-95 की पूर्वानुमेयता का मूल्यांकन करने में भी प्रेक्षणों का उपयोग किया गया है।

परिणाम एवं विवेचना

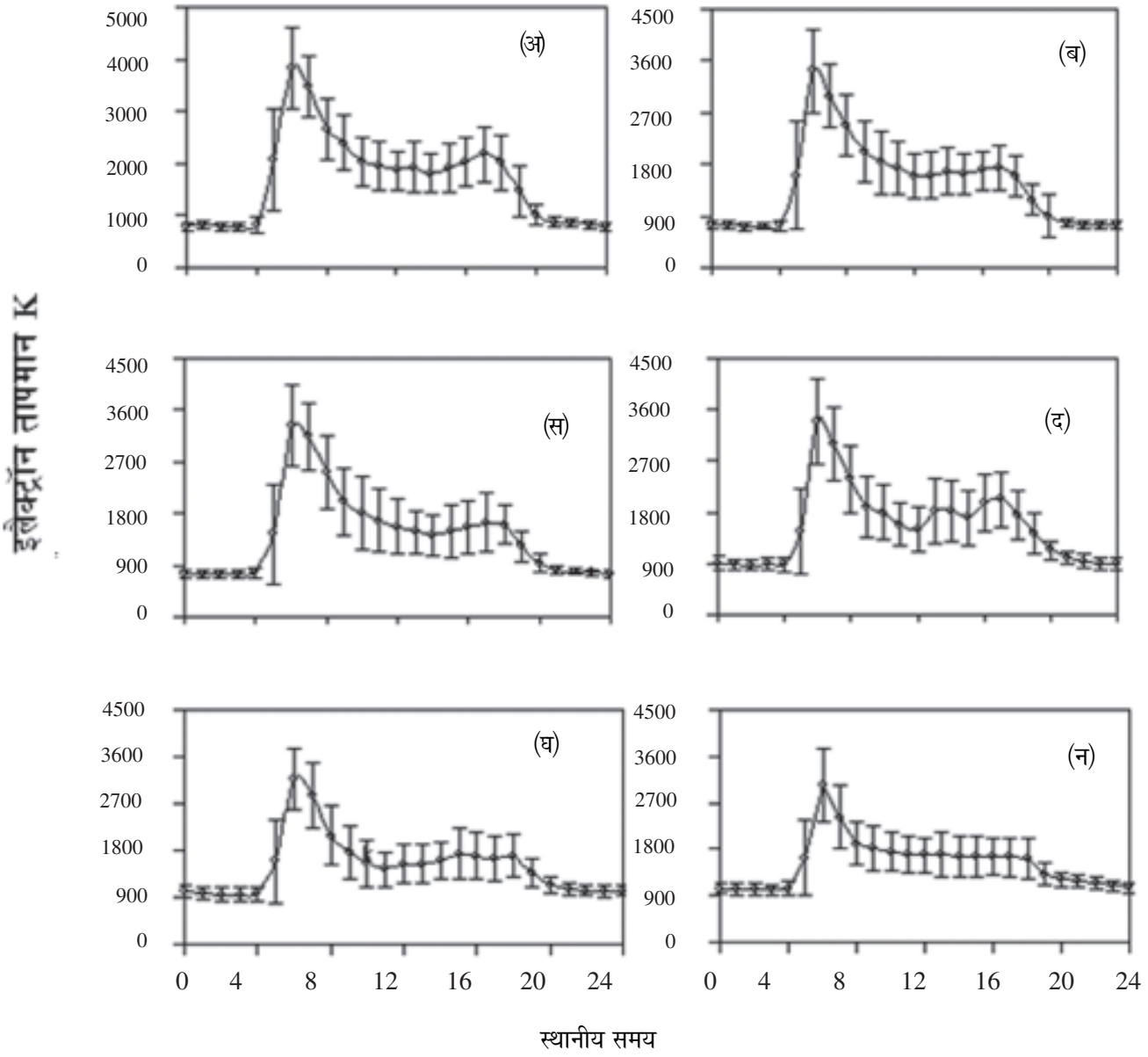
सौर गतिविधि का आयनमण्डलीय इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों पर प्रभाव का अध्ययन करने के लिए RPA द्वारा मापित आंकड़ों को अर्द्ध सौर-चक्र के लिए विश्लेषित किया गया है। इलेक्ट्रॉन तथा आयन दोनों के तापों में परिवर्तन, प्रत्येक घंटे के औसत की गणना करके प्राप्त किये गये हैं तथा ये परिवर्तन चित्र 1 तथा 2 में 1995-2000 वर्ष के लिए क्रमशः प्रदर्शित किये गये हैं।

चित्र 1 सूर्योदय के समय स्पष्ट शीर्ष तथा संध्याकालीन इलेक्ट्रॉन ताप में द्वितीय संवृद्धि के सश विसरित शीर्ष भी दर्शाता है। हालांकि, आयन ताप के लिए सूर्योदय शीर्ष तथा संध्याकालीन संवृद्धि इलेक्ट्रॉन ताप से कम है जो कि चित्र 2 में दर्शायी गयी है। यह देखा गया है कि सूर्योदय के समय (05:30-06:30 बजे स्था.स.) इलेक्ट्रॉन ताप तीव्रतापूर्वक बढ़ता है तथा एक द्वितीय संवृद्धि भी संध्याकाल (16:30-17:30 बजे स्था.स.) में पूरे अर्द्ध सौर-चक्र के प्रारम्भ से अन्त तक देखी गयी है। तथापि, अर्द्ध सौर-चक्र के शुरु से अन्त तक आयन ताप में सूर्योदय शीर्ष संवृद्धि इलेक्ट्रॉन ताप की शीर्ष संवृद्धि की तुलना में 1 घंटा देरी से देखी गयी है। आयन ताप के लिए शीर्षमान लगभग 0700 बजे स्था.स. (06:30-07:30 बजे स्था.स. का औसत) पर देखे गये हैं जबकि संध्याकालीन संवृद्धि का समय इलेक्ट्रॉन ताप के संवृद्धि समय के समान था।

वर्ष 1995 में रात्रिकालीन औसत इलेक्ट्रॉन ताप लगभग 800K है , जो कि सूर्योदय के समय तीव्रतापूर्वक लगभग 3800K तक बढ़ जाता है। 1996 में, रात्रिकालीन औसत इलेक्ट्रॉन ताप लगभग 750 K था जो सूर्योदय के समय तीव्रतापूर्वक लगभग 3400 K तक बढ़ जाता है। एक गिरावट के पश्चात् रात्रिकालीन औसत इलेक्ट्रॉन ताप वर्ष 1996 से उच्चतम सौर गतिविधि वर्ष (2000) की ओर लगातार बढ़ा, जबकि सूर्योदय शीर्ष मान विपरीत प्रवाह दर्शाते हैं। औसत आयन ताप में रात्रिकालीन साथ ही साथ सूर्योदय संवृद्धियों के लिए समान प्रवाह का अवलोकन किया गया है।

निम्न तथा मध्य अक्षांश में 600km पर सूर्योदय पूर्व आयन ताप संवृद्धि अन्य शोधकर्त्ताओं द्वारा भी प्रतिवेदित की गयी है[15]। भूमध्यीय कोणान्तर अक्षांश पर इलेक्ट्रॉन ताप के आकाशीय तथा कालगत परिवर्तनों का भी अध्ययन किया गया है। उन्होंने इलेक्ट्रॉन ताप में समान सूर्योदय वृद्धि का अवलोकन किया है। अतएव SROSS-C2 उपग्रह से लिए गये आंकड़ों से प्राप्त परिणाम जापानी उपग्रह Hinotori' से प्राप्त परिणामों से सामन्जस्य रखते हैं।

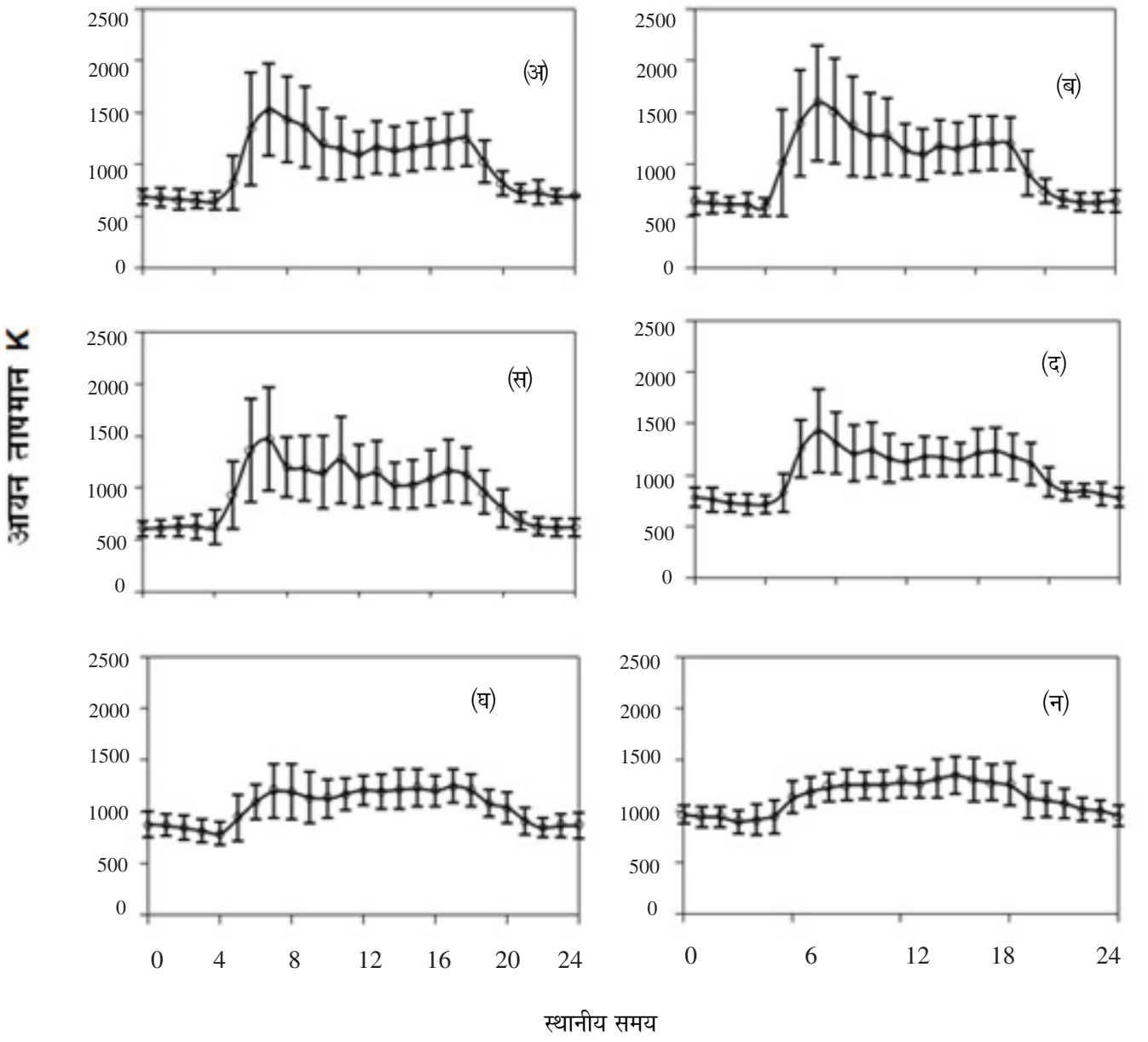
इलेक्ट्रॉन तापों के मौसमीय व्यवहार का अध्ययन करने के लिए RPA आंकड़ों को तीन विभिन्न मौसमों ग्रीष्मकाल (मई, जून, जुलाई



चित्र 1 — विभिन्न वर्षों (अ) 1995, (ब) 1996, (स) 1997 (द) 1998 (घ) 1999 (न) 2000 के लिए SROSS-C2 उपग्रह द्वारा इलेक्ट्रॉन तापमान का दैनिक परिवर्तन

तथा अगस्त), शीतकाल (नवंबर, दिसंबर, जनवरी तथा फरवरी) एवं विषुवों (मार्च, अप्रैल, सितम्बर तथा अक्तूबर) के लिए सौर निम्नतम वर्ष से सौर उच्चतम वर्ष तक विश्लेषित किया गया है तथापि, चित्रों की संख्या कम करने तथा प्रस्तुतिकरण की कोटि को उत्कृष्ट करने के लिए केवल एक वर्ष (1995) के चित्रों को प्रस्तुत किया गया है। प्रत्येक घंटे के औसत तथा उनके मानक विचलनों की गणना करके मापित ताप परिवर्तनों को निर्विघ्न किया गया है। ये इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों के लिए चित्र 3 तथा 4 में क्रमशः प्रदर्शित है। चित्र संख्या 3 तथा 4 में मापित ताप आंकड़ों की समान समय तथा स्थान के लिए IRI 95 प्रतिरूप से प्राप्त मानों से तुलना की गई है।

यह अवलोकित किया गया है कि सूर्योदय के समय (05:30-06:30 बजे स्था.स.) इलेक्ट्रॉन ताप तीव्रता से बढ़ता है, तथा सूर्यास्त के समय (16:30-17:30 बजे स्था.स.) एक द्वितीय संवृद्धि का भी अवलोकन सभी मौसमों के लिए किया गया है। सूर्योदय, सूर्यास्त, संध्याकालीन

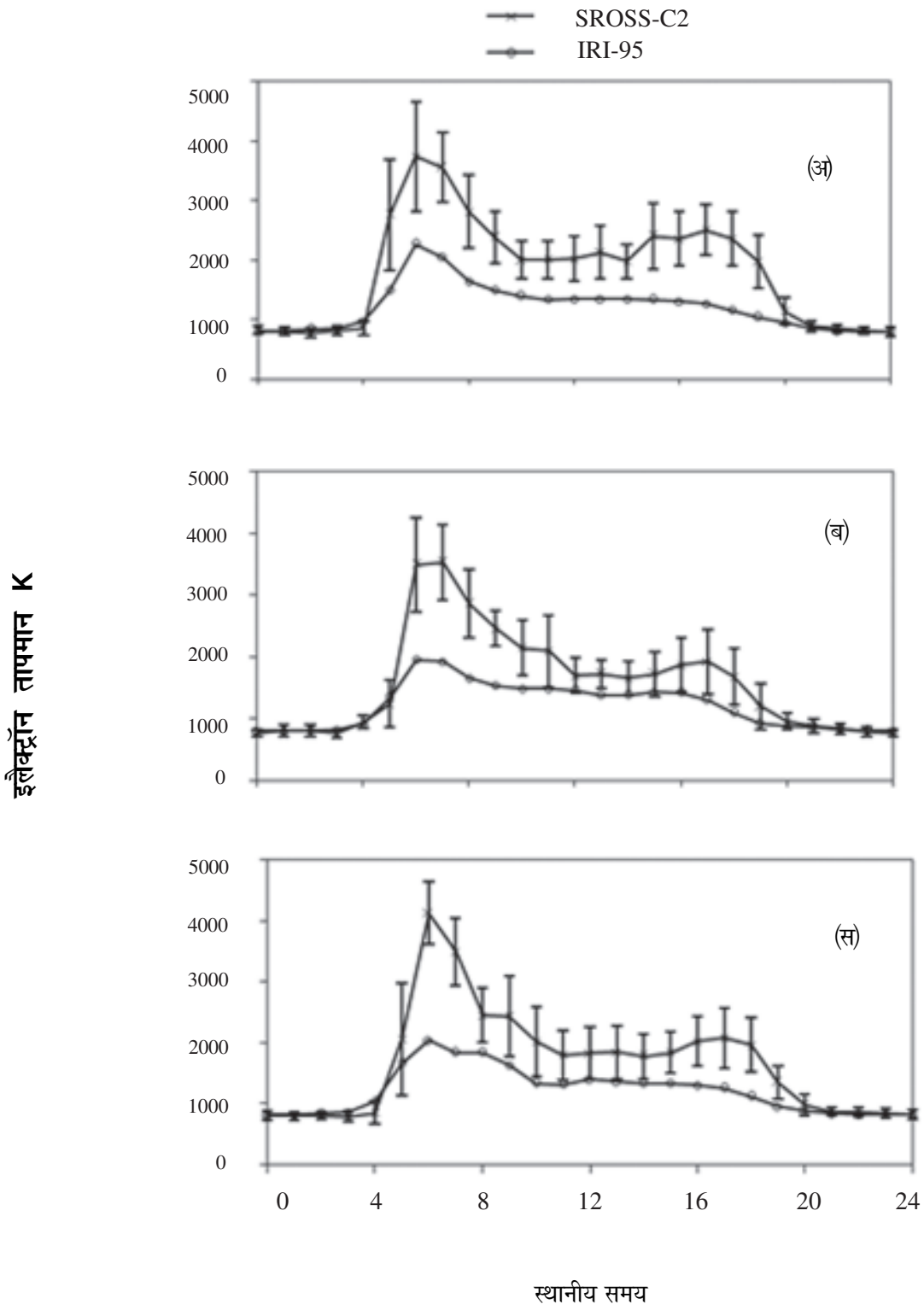


चित्र 2 — विभिन्न वर्षों (अ) 1995, (ब) 1996, (स) 1997 (द) 1998 (घ) 1999 (न) 2000 के लिए SROSS-C2 उपग्रह द्वारा आयन तापमान का दैनिक परिवर्तन

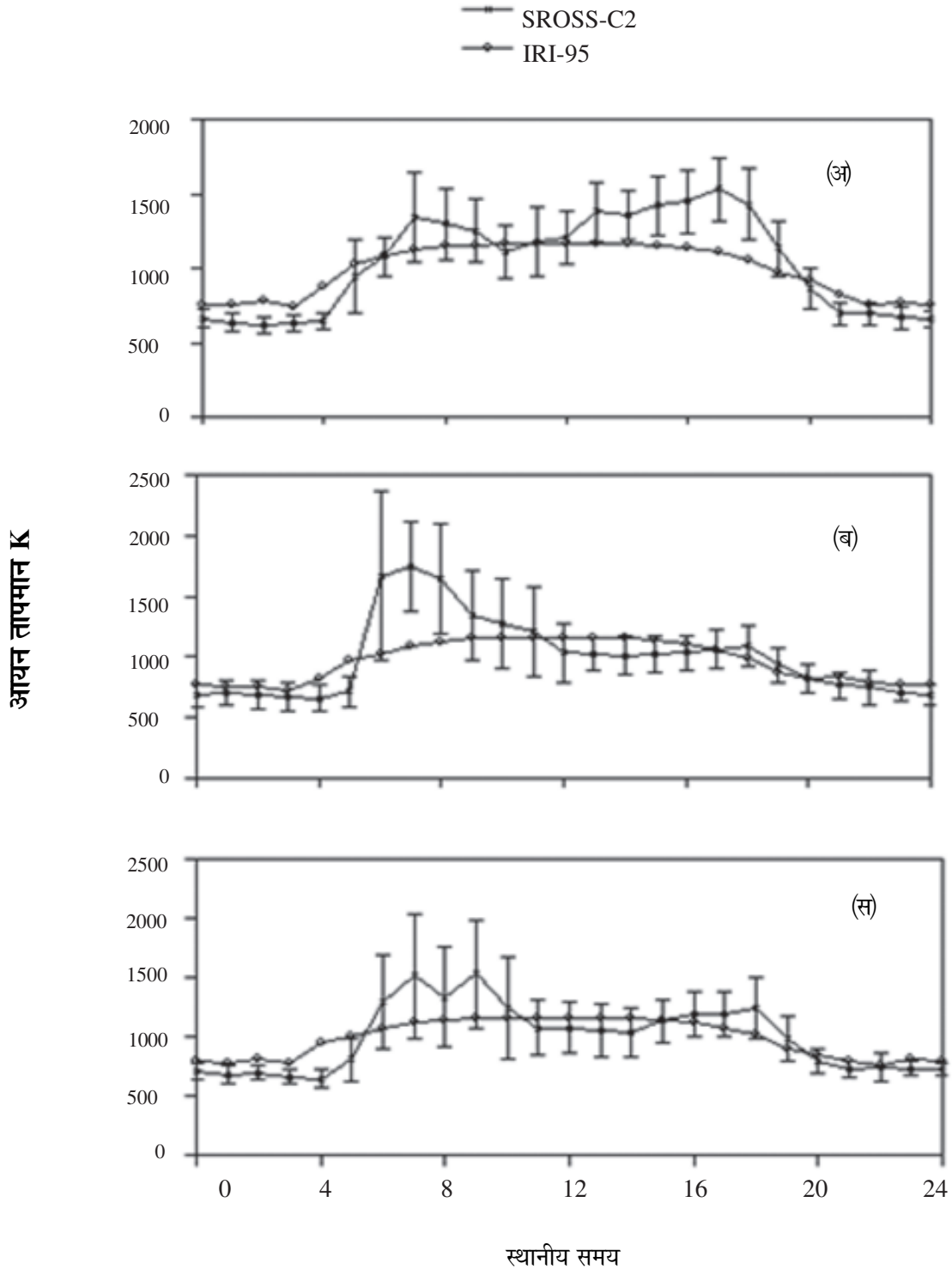
तथा दिन के समय तीन मौसमों (ग्रीष्मकाल, शीतकाल तथा विषुवों) के लिए इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों के मौसमीय मान सारणी 1 में प्रदर्शित किये गये हैं।

IRI - 95 प्रतिरूप से आकलित रात्रि समय के दौरान मापित इलेक्ट्रॉन ताप परिमाणों से अच्छा अन्वय दर्शाते हैं। सूर्योदय संवृद्धियां भी IRI पूर्वानुमेचित परिमाणों में सुस्पष्ट है। IRI प्रतिरूप द्वारा पूर्वानुमेयित परिमाण इलेक्ट्रॉन ताप में द्वितीय संवृद्धियां नहीं दर्शाते हैं। सूर्योदय तथा सूर्यास्त (चित्र 4) के समय आयन ताप संवृद्धियां भी अवलोकित की गयी हैं। तथापि उनके विस्तार इलेक्ट्रॉन तापों की संवृद्धियों (चित्र 3) के सदृश कम हैं। IRI - 95 प्रतिरूप से पूर्वानुमेयित परिणाम दिन के समय आयन ताप में सामान्य वृद्धि दर्शाते हैं, किन्तु IRI प्रतिरूप में सूर्योदय अथवा सूर्यास्त पर आयन ताप में कोई विशेष शीर्ष नहीं है।

सूर्योदय शीर्ष परिणाम तथा रात्रिकालीन औसत इलेक्ट्रॉन ताप का



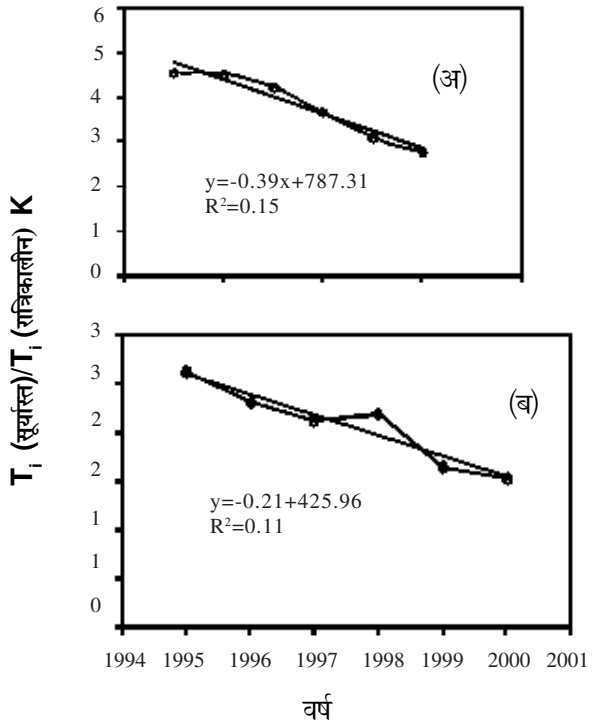
चित्र 3 — सौर निम्नतम वर्ष 1995 के लिए 500 किमी. की ऊँचाई पर IRI पूर्वानुमेयित मानों के साथ SROSS-C2 द्वारा दर्ज विभिन्न मौसमों (अ) ग्रीष्मकाल (ब) शीतकाल (स) विषुवो के लिए इलेक्ट्रॉन तापमान का निर्विघ्न दैनिक परिवर्तन



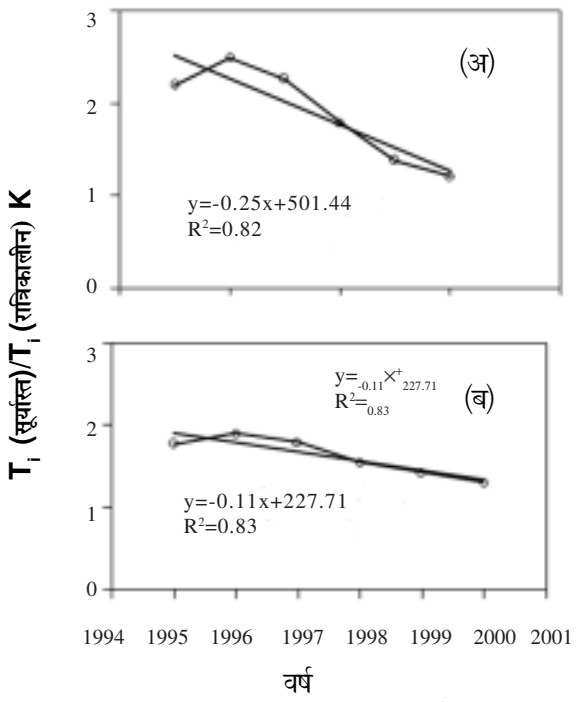
चित्र 4 — सौर निम्नतम वर्ष 1995 के लिए 500 किमी. की ऊँचाई पर IRI पूर्वानुमेयित मानों के साथ SROSS-C2 द्वारा दर्ज विभिन्न मौसमों (अ) ग्रीष्मकाल (ब) शीतकाल (स) विषुवो के लिए आयन तापमान का निर्विघ्न दैनिक परिवर्तन

सारणी 1 — SROSS-C2 उपग्रह द्वारा 500 किमी. की ऊँचाई पर मापित इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापमानों के मौसमीय औसत मान

मौसम	इलैक्ट्रॉन तापमान (K)				आयन तापमान (K)			
	सूर्योदय पर उच्चतम	सूर्यास्त पर उच्चतम	दिन के समय औसत	रात्रि समय औसत	सूर्योदय पर उच्चतम	सूर्यास्त पर उच्चतम	दिन के समय औसत	रात्रि समय औसत
ग्रीष्मकाल	3700	2500	2000	850	1350	1500	1200	630
शीतकाल	3500	1900	1700	740	1750	1100	1100	670
विषुव	4100	2100	1730	830	1650	1250	1100	700



चित्र 5 — इलेक्ट्रॉन तापमान का वार्षिक अनुपातः (अ) औसत सूर्योदय उच्चतम से रात्रिकालीन औसत तथा (ब) औसत सूर्यास्त उच्चतम से रात्रिकालीन औसत [बिन्दू सूचक तापमानों के वार्षिक औसत मानों के अनुपात को दर्शाता है तथा पुष्ट रेखा एक रैखिक उपयुक्त प्रतिगमन को प्रदर्शित करती है। रैखिक उपयुक्त प्रतिगमन की समीकरण तथा सहसम्बन्ध गुणांक भी चित्रों में दिये गये हैं]



चित्र 6 — आयन तापमान का वार्षिक अनुपातः (अ) औसत सूर्योदय उच्चतम से रात्रिकालीन औसत तथा (ब) औसत सूर्यास्त उच्चतम से रात्रिकालीन औसत [बिन्दू सूचक तापमानों के वार्षिक औसत मानों के अनुपात को दर्शाता है तथा पुष्ट रेखा एक रैखिक उपयुक्त प्रतिगमन को प्रदर्शित करती है। रैखिक उपयुक्त प्रतिगमन की समीकरण तथा सहसम्बन्ध गुणांक भी चित्रों में दिये गये हैं]

अनुपात अर्द्ध सौर-चक्र के लिए चित्र 5 (अ) में प्रदर्शित है। यह पाया गया है कि इलेक्ट्रॉन ताप में रात्रिकालीन औसत ताप की तुलना में बहुत ज्यादा लगभग 4.6 गुना संवृद्धि है। यह सौर गतिविधि बढ़ने के साथ रैखिक रूप से कम हुआ। सूर्यास्त शीर्ष परिणाम तथा रात्रिकालीन औसत इलेक्ट्रॉन ताप का अनुपात भी रैखिक रूप से घटा, जो कि चित्र 5 (ब) में दर्शाया गया है। चित्र 5 (अ) तथा 5 (ब) दर्शाते हैं कि सूर्योदय तथा सूर्यास्त शीर्ष परिणाम तथा रात्रिकालीन औसत इलेक्ट्रॉन ताप के अनुपात सौर गतिविधि से बहुत ज्यादा सहसम्बन्धित हैं। सहसम्बन्ध गुणांक का परिमाण दोनों स्थितियों (सूर्योदय तथा सूर्यास्त) के लिए लगभग इकाई (0.9 से ज्यादा) है।

सौर निम्न से सौर उच्च के दौरान आयन ताप अनुपात द्वारा समान प्रकृति दर्शायी गयी है [चित्र 6 (अ) तथा (ब), सौर निम्न से सौर उच्च वर्ष तक के लिए सूर्योदय, सूर्यास्त, रात्रिकालीन तथा दिन के समय आयनमध्यीय इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों के वार्षिक औसत

सारणी 2 — सौर निम्नतम से सौर उच्चतम वर्ष तक के लिए सूर्योदय, सूर्यास्त, रात्रिकालीन तथा दिन के समय आयनमण्डलीय इलेक्ट्रॉन तथा आयन तापों के वार्षिक औसत मान

	इलेक्ट्रॉन तापमान (K)				आयन तापमान (K)			
वर्ष	सूर्योदय पर	सूर्यास्त पर	दिन के समय	रात्रि समय	सूर्योदय पर	सूर्यास्त पर समय	दिन के के समय	रात्रि के समय
	उच्चतम	उच्चतम	औसत	औसत	उच्चतम	उच्चतम	औसत	औसत	औसत
1995	3812	2171	1814	833	1524	1226	1142	694
1996	3423	1737	1804	753	1589	1207	1241	636
1997	3326	1637	1725	780	1470	1164	1138	650
1998	3399	2023	1828	927	1428	1233	1197	795
1999	3178	1648	1661	1014	1200	1244	1185	871
2000	3029	1640	1508	1083	1183	1274	1172	977

परिमाण सारणी 2 में दर्शाये गये हैं। सौर नितान्त पराबैंगनी (EUV) प्रवाह अनेक सारी प्रक्रियाओं द्वारा आयनमण्डलीय तापों को प्रभावित करता है। बढ़ा हुआ सौर प्रवाह ज्यादा प्रकाश इलेक्ट्रॉन उत्पन्न करता है जो बदले में तापन प्रक्रिया द्वारा प्लाज्मा तापों को बढ़ा देता है। इसी बीच बढ़ा हुआ इलेक्ट्रॉन घनत्व एक बढ़ी हुई इलेक्ट्रॉन शीतलन दर में परिणित हो जाता है जो अवर इलेक्ट्रॉन ताप में परिणित हो सकता है[17]। सौर EUV में परिवर्तन के लिए आयनमण्डलीय तापों की वास्तविक अनुक्रिया दो प्रतिस्पर्धी प्रक्रियाओं का परिणाम है। ग्रीष्मकाल में जब इलेक्ट्रॉन घनत्व का स्तर कम होता है, एक बढ़ा EUV प्रवाह उच्च इलेक्ट्रॉन ताप में परिणित हो जाता है क्योंकि तापन दर शीतलन दर के मुकाबले ज्यादा सार्थकता से बढ़ती है। शीतकाल में जब इलेक्ट्रॉन घनत्व ज्यादा होता है, तब बढ़ा EUV प्रवाह निम्न इलेक्ट्रॉन ताप में परिणित होता है।

निष्कर्ष

आयनमण्डलीय F2 क्षेत्र के ऊपर सौर गतिविधि परिवर्तन के प्रभाव सौर निम्नतम से सौर उच्चतम वर्ष के लिए SROSS-C2 उपग्रह द्वारा दर्ज आंकड़ों का उपयोग करके अध्ययन किया गया है। यह अध्ययन व्यक्त करता है कि इलेक्ट्रॉन तथा आयन ताप रात्रि समय निम्नतम है तथा विभिन्न परिणामों के कम से कम दो शीर्ष मान दर्शाते हैं। यह सूर्योदय संवृद्धि उच्चतम सौर गतिविधि से निम्नतम सौर गतिविधि के दौरान रात्रिकालीन औसत ताप के मुकाबले इलेक्ट्रॉन ताप के लिए 2.8-4.6 गुना तथा आयनताप के लिए 1.2-2.2 गुना थी। दोनों तापों के लिए संध्याकालीन संवृद्धि भी अवलोकित की गयी है। यह औसत रात्रिकालीन तापों के मुकाबले इलेक्ट्रॉन ताप के लिए 1.5-2.6 गुना तथा आयनताप के लिए 1.3-1.8 गुना अधिक थी।

आभार

लेखकगण आवश्यक सुविधायें मुहैया कराने के लिए डॉ. वी के माहना, निदेशक-प्रधानाचार्य, मानव रचना अभियांत्रिकी महाविद्यालय (MRCE)] फरीदाबाद तथा डा. मीनाक्षी, संकाय अध्यक्ष, प्रयुक्त विज्ञान तथा मानविकी, MRCE] फरीदाबाद का हार्दिक आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

1. de-Adler N O, Elias A G & Manzano J R, Solar cycle length variation: its relations with ionospheric parameters, J Atmos Sol -*Terr Phys* (UK), **59** (1997) 159.
2. Labitzke K & Van L H, Associations between the 11-year solar cycle, the QBO and the atmosphere. Part I: the troposphere and stratosphere in the northern hemisphere in winter, *J Atmos Sol-Terr Phys (UK)*, **50** (1988) 197.
3. Gulyaeva T L, Franceschi G De & Perrone L, Electron Temperature variations at the F2 layer peak height during the Space weather month of September 1999, *Adv Space Res (UK)*, **31** (1973) 965.
4. Balan N, Oyama K I, Bailey G J, Fukao S, Watanabe S & Abdu M A, A plasma temperature anomaly in the equatorial topside ionosphere, *J Geophys Res (USA)*, **102** (1997) 7485.
5. Oyama K I, Hirao K & Yasuhara F, Electron temperature probe on board Japan's 9th scientific satellite OHZORA, *J Geomagn Geoelectr(UK)*, **37** (1985) 413.
6. Oyama K I, Balan N, Watanabe S, Takahashi T, Isoda F, Bailey G J & Oya H, Morning overshoot of Te enhanced by downward plasma drift in the equatorial topside ionosphere, *J Geomagn Geoelectr (UK)*, **48** (1996a), 959- 966.
7. Oyama K I, Watanabe S, Su Y, Takahashi T & Hirao K, Morning overshoot of Te enhanced by down ward plasma drift in the equatorial topside ionosphere, *Adv Space Res (UK)*, **18** (1996b) 269.
8. Sharma D K, Rai J, Israil M, Shalni P, Subrahmanyam P, Chopra

P & Garg S C, Sunrise effect on ionospheric temperature as measured by SROSS-C2 satellite, *J Ind Geophys Union (India)*, **7** (2003) 117-123.

9. Suhasini R, Raghavarov R, Mayr H G, Hoegy W R & Wharton L E, Equatorial temperature anomaly during solar minimum, *J Geophys Res (USA)*, **106** (2001) 24777.
10. Watanabe S & Oyama K I, Effect of neutral wind on the electron temperature at a height of 600 km in the low latitude region, *Ann Geophys (France)*, **14** (1996) 290.
11. Hanson W B, Nagy A F & Moffett R J, Ogo 6 measurements of super cooled plasma in the equatorial exosphere, *J Geophys Res (USA)*, **78** (1973) 751.
12. Sagawa E, Miyazaki S & Mori H, Night time electron temperature troughs in the equatorial topside ionosphere revealed from PRA experiments on the ISS-b satellite, *J Atmos Sol- Terr Phys (UK)*, **43** (1981) 1165.
13. Sharma D K, Israil M, Chand R, Rai J, Subrahmanyam P, & Garg S C, Signature of seismic activities in the F2 region ionospheric electron temperature, *J Atmos Sol -Terr Phys (UK)*, **68** (2006) 691.
14. Garg S C & Das U N, Aeronomy experiment on SROSS-C2, *J Spacecraft Tech (UK)*, **5** (1995) 11.
15. Chao C K, Su Y K & Yeh H C, Presunrise ion temperature enhancement observed at 600 km low- and mid-latitude ionosphere, *Geophys Res Lett (USA)*, **30** (2003) 1187.
16. Su Y Z, Oyama K I, Bailey G J, Takahashi T & Watanabe S, Longitudinal variations of the topside ionosphere at low latitudes: satellite measurements and mathematical modeling, *J Geophys Res (USA)*, **100** (1995) 14591.
17. Zhang S R & Holt J M, Ionospheric plasma temperatures during 1976-2201 over Millstone Hill, *Adv Space Res (UK)*, **33** (2004) 963.