

भारत में 1990–1999 के दौरान शुष्कता विसंगतियों का क्षेत्रीय एवं सामयिक विश्लेषण

राजेन्द्र प्रसाद और हरीसिंह

भारत मौसम विज्ञान विभाग, नई दिल्ली – 110 003, भारत

(प्राप्त दिनांक 16 नवम्बर 2001, संशोधित 10 मई 2002)

सार – भारत के 33 उपमंडलों में, वर्ष 1990 से 1999 तक दस वर्ष की अवधि के दौरान, शुष्कता की विसंगतियों के विस्तार और अनुलंबना की पहचान करने के लिए थोर्न्थ्वेट जल संतुलन विधि पर आधारित शुष्कता विसंगति सूचकांक (शु.वि.सू.) का प्रयोग किया गया है। तीव्र एवं दीर्घकालिक अनुलंबना के क्षेत्र एवं अवधियाँ ज्ञात करने के लिए क्षेत्रीय एवं सामयिक विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है।

इस अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि 5 या अधिक पाक्षिक अवधियों के दौरान उत्पन्न होने वाली शुष्कता की दशाओं से वर्ष 1992 सर्वाधिक दुष्प्रभावित रहा। मध्यम शुष्कता से उत्तर भारत के सभी उपमण्डल 1990, 1992–94 तथा 1999 के दौरान प्रभावित हुए। इसी प्रकार प्रायद्वीपीय भारत के सभी उपमंडल 1991, 1993 और 1999 में मध्यम शुष्कता से ग्रस्त हुए। भीषण शुष्कता 1990 में प्रायद्वीपीय भारत के सभी उपमंडलों में प्रकट हुई। मध्यम शुष्कता की तुलना में भीषण शुष्कता की अवधि सभी वर्षों के दौरान कम ही रही। वर्ष 1992 में 5 या अधिक पाक्षिक अवधियों के दौरान मध्यम और भीषण शुष्कता की समकालीन दशाएं सर्वाधिक 9 उपमण्डलों में दृष्टिगोचर हुईं और ये मध्य महाराष्ट्र में अधिकतम 5 वर्षों के दौरान घटित हुईं। तटीय आंध्र प्रदेश में 5 या अधिक पाक्षिक अवधियों के दौरान मध्यम शुष्कता 1990 से 1999 के दौरान प्रत्येक वर्ष दिखाई दी। वर्ष 1991 में, नौवें पक्ष में भीषण शुष्कता से अधिकतम 55% उपमण्डल प्रभावित हुए जबकि 1996 में सौराष्ट्र एवं कच्छ और 1999 में उत्तर आंतरिक कर्नाटक सर्वाधिक 7 पाक्षिक अवधियों में प्रभावित हुए।

वर्ष 1992 में ही, मध्यम और भीषण अनुलंबना से ग्रस्त उपमण्डलों की अधिकतम संख्या क्रमशः 70% और 24% रही। उत्तर भारत में, पूर्वी राजस्थान में, 1996 को छोड़कर शेष सभी नौ वर्षों में मध्यम तीव्रता की अनुलंबना दृष्टिगोचर हुई, जिसकी सबसे लंबी अवधि 1995 में 8 पाक्षिक अवधियाँ थी। प्रायद्वीपीय भारत में पश्चिमी मध्य प्रदेश 1990 से 1999 के दौरान 7 पाक्षिक अवधियों तक प्रत्येक वर्ष मध्यम शुष्कता से प्रभावित हुआ।

ABSTRACT. Aridity Anomaly Index (AAI), based on Thornthwaite's water balance technique, has been used to identify the extent and persistence of aridity anomalies over 33 sub-divisions of India during a period of 10 years from 1990 to 1999. Regional and temporal analysis has been carried out to identify the areas and periods of intense and prolonged persistence.

This study has shown that 1992 was worst hit by the aridity conditions, which emerged in 5 or more fortnights. All sub-divisions of north India were affected by moderate aridity during 1990, 1992-94 and 1999. Similarly, all sub-divisions of peninsular India were influenced by moderate aridity during 1991, 1993 and 1999. Severe aridity appeared in all sub-divisions of peninsular India during 1990. The duration of severe aridity was less than that of moderate aridity during all years. Moderate and severe aridity appeared simultaneously in 5 or more fortnights in maximum 9 sub-divisions in 1992 and occurred during maximum 5 years in Madhya Maharashtra. Moderate aridity in 5 or more fortnights emerged each year during 1990 to 1999 in coastal Andhra Pradesh. In 1991, maximum 55% sub-divisions were affected by severe aridity in 9th fortnight, whereas Saurashtra & Kutch was affected in 1996 and north Interior Karnataka in 1999 during maximum 7 fortnights.

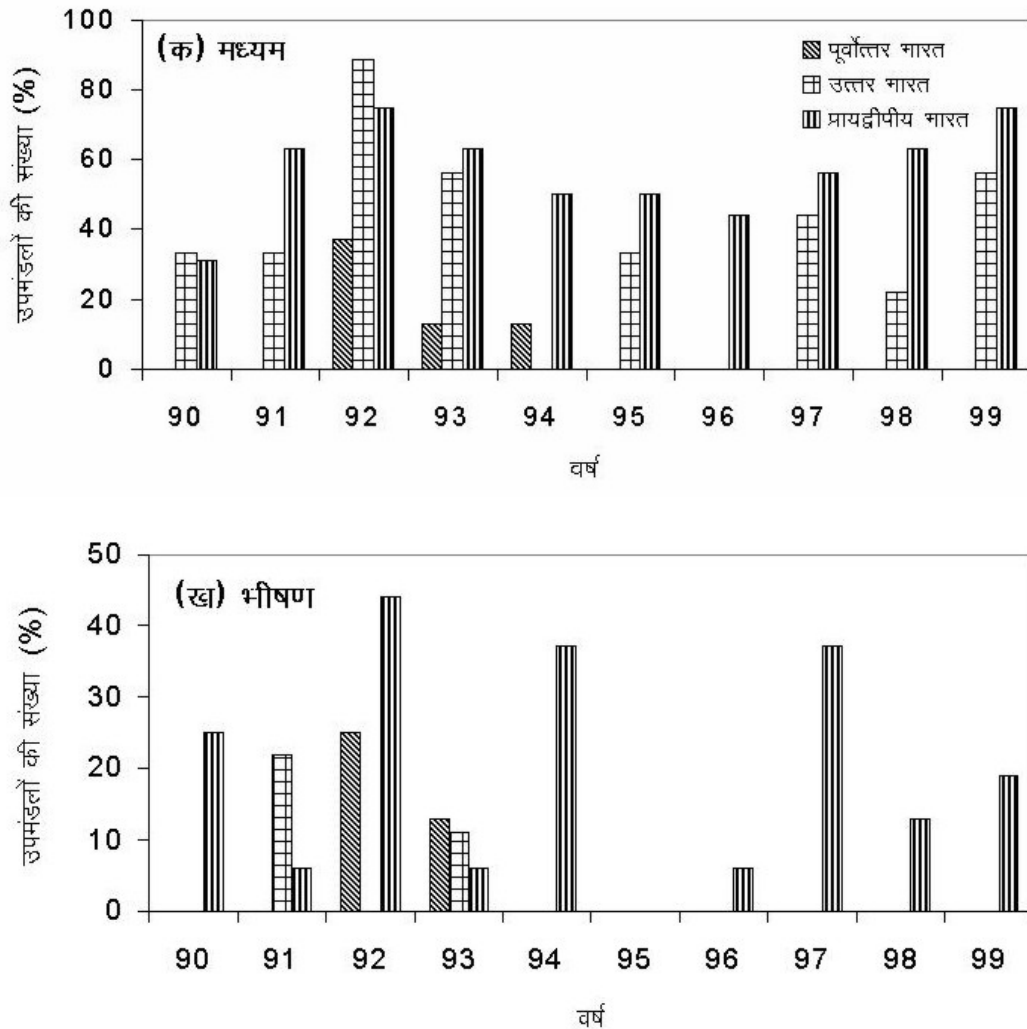
In the year 1992, maximum number of sub-divisions under moderate and severe persistence was 70% and 24% respectively. In north India, moderate persistence appeared in east Rajasthan in all nine years except 1996, with its longest duration of 8 fortnights in 1995. West Madhya Pradesh, in peninsular India, was affected by moderate aridity during 7 fortnights in each year during the period of study from 1990 to 1999.

Key words – Aridity, Moderate, Severe, Fortnight, Persistence, Simultaneously.

1. परिचय

भारत में दक्षिण पश्चिम मानसून ऋतु (जून से सितम्बर) के दौरान होने वाली वर्षा कृषि उत्पादन, विशेषकर खरीफ की फसल के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। कृषि संबंधी प्रचालन

कार्यों को किसी स्थान पर वर्षा की बारंबारता और मात्रा के आधार पर ही नियोजित और कार्यान्वित किया जाता है। किसी वर्ष मानसून की विलंबित, धीमी अथवा दुर्बल सक्रियता के कारण बड़े पैमाने पर सूखे की स्थिति उत्पन्न हो जाती है, जिसके फलस्वरूप कृषि एवं जल संबंधी प्रयोजनों पर बुरा



चित्र 1 (क व ख). 1990-1999 के दौरान 5 या अधिक पक्षों में (क) मध्यम एवं (ख) भीषण शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की संख्या

प्रभाव पड़ता है। विश्व के विभिन्न भागों के स्रोतों से सूखे की प्रादेशिक परिभाषाओं का संकलन वैज्ञानिक साहित्य में उपलब्ध है (वि. मौ. वि. सं. 1975)।

शुष्कता विसंगति सूचकांक (शु. वि. सू.) थोर्न्थवेट एवं माथर (1957) की जल संतुलन तकनीक पर आधारित है तथा यह एक सशक्त विधि है। कृषि क्षेत्रों में, सूखे की घटना एवं अनुलंबना के अध्ययन हेतु, यह एक प्रभावशाली तकनीक है। भारत के विभिन्न भागों में शुष्कता की स्थितियों की पहचान के लिए अनेक शोधकर्ताओं ने शुष्कता विसंगति सूचकांक (शु. वि. सू.) का प्रयोग किया है। इनमें जॉर्ज एवं रामाशास्त्री (1972, 1975), चौधरी आदि (1977), अप्पा राव

एवं विजयराघवन (1983) और प्रसाद एवं दातार (1989) के नाम विशेष रूप से उल्लेखनीय हैं। भारत मौसम विज्ञान विभाग (भा. मौ. वि. वि.) में, इस सूचकांक का प्रयोग दक्षिण पश्चिम मानसून ऋतु (जून से सितम्बर) के दौरान भारत के विभिन्न उपमंडलों में शुष्कता की स्थिति की पहचान और निगरानी के लिए किया जाता है।

प्रस्तुत शोध पत्र में, 1990 से 1999 तक दस वर्ष की अवधि के दौरान, भारत के 33 उपमंडलों में शुष्कता की स्थिति के क्षेत्रीय एवं सामयिक विस्तार और अनुलंबना की पहचान तथा विश्लेषण के लिए थोर्न्थवेट एवं माथर (1957) की जल

संतुलन तकनीक पर आधारित पाक्षिक शुष्कता विसंगति सूचकांक (शु. वि. सू.) का प्रयोग किया गया है।

2. आंकड़े और विधि

भारत मौसम विज्ञान विभाग में दक्षिण पश्चिम मानसून ऋतु (जून से सितम्बर) के दौरान, शुष्कता विसंगति रिपोर्ट तैयार करके कृषीय सूखे की निगरानी की जाती है। देश के 33 उपमंडलों में स्थित 169 केन्द्रों की वर्षा के पाक्षिक आंकड़ों से, थोर्न्थवेट एवं माथर (1957) की सुविख्यात जल संतुलन विधि के प्रयोग द्वारा वास्तविक वाष्पोत्सर्जन (वा. वा.) के मान ज्ञात किए जाते हैं। इसके लिए, पैनमेन विधि के प्रयोग से राव आदि (1971) द्वारा परिकलित विभव वाष्पोत्सर्जन (वि. वा.) के मान विश्लेषण में प्रयुक्त किए जाते हैं। प्रत्येक केन्द्र के लिए, पाक्षिक सामान्य शुष्कता मानों से शुष्कता विसंगतियों का परिकलन किया जाता है और इन्हें भारत के मानचित्र पर अंकित किया जाता है। विभिन्न तीव्रता की शुष्कता वाले क्षेत्रों की पहचान के लिए शुष्कता विसंगतियों के सामान्य से अधिक मानों का प्रयोग किया जाता है। मध्यम एवं भीषण शुष्कता के उपमंडलीय पाक्षिक आंकड़े शुष्कता विसंगति रिपोर्टों से ग्रहण किए गए जो भारत मौसम विज्ञान विभाग के पुणे स्थित अनावृष्टि अनुसंधान एकक द्वारा तैयार की जाती है।

थोर्न्थवेट की संकल्पना के अनुसार शुष्कता पौधों में जल की कमी को दर्शाती है। शुष्कता विसंगति सूचकांक (शु. वि. सू.) के परिकलन हेतु थोर्न्थवेट ने निम्नालिखित सूत्र का प्रयोग किया है :

$$\text{शु. वि. सू.} = \frac{\text{वि. वा.} - \text{वा. वा.}}{\text{वि. वा.}} \times 100$$

जहाँ वि. वा. = विभव वाष्पोत्सर्जन,

वा. वा. = वास्तविक वाष्पोत्सर्जन

वि. वा. पौधों में जल की आवश्यकता को दर्शाता है जबकि (वि. वा. - वा. वा.) से जल की कमी का पता चलता है। इस संकल्पना के अनुसार जब पौधों में वाष्पोत्सर्जन की मांग पूर्ण रूपेण सम्पन्न हो जाती है (जो कि वि. वा. से प्राप्त होती है), तब अतिरिक्त वर्षा मृदा के अन्दर रिसने लगती है और मृदा जल धारिता की सीमा तक इसका पुनर्भरण हो जाता है। तत्पश्चात् अतिरिक्त वर्षा की मात्रा का सतहीय प्रवाह अथवा गहन अपवाह हो जाता है। जब वर्षा वाष्पोत्सर्जन की मांग से कम होती है, तब पौधे मृदा के अंदर से जल खींचते रहते हैं। यह क्रिया मृदा से पूरी तरह जल शोषण होने तक चलती रहती है, जिसके फलस्वरूप मृदा में शुष्कता उत्पन्न हो जाती है।

शुष्कता विसंगति सूचकांक के धनात्मक मान मृदा में शुष्कता को प्रदर्शित करते हैं। पाक्षिक शुष्कता विसंगतियों के धनात्मक मानों को शुष्कता की तीव्रता के आधार पर निम्न प्रकार से दो विभिन्न श्रेणियों में वर्गीकृत किया है :

शुष्कता विसंगति सूचकांक (शु. वि. सू.) (%) शुष्कता की तीव्रता

26-50	मध्यम
>50	भीषण

शुष्कता विसंगति को भारत के मानचित्र पर अंकित किया जाता है तथा मध्यम और भीषण शुष्कता वाले क्षेत्रों की पहचान करने के लिए सममान रेखाएँ खींचकर इनका विश्लेषण किया जाता है।

प्रस्तुत अध्ययन में, मध्यम अथवा भीषण शुष्कता की अनुलंबना ज्ञात करने के लिए यह माना गया है कि मध्यम अथवा भीषण तीव्रता की शुष्कता कम से कम तीन लगातार पक्षों में विद्यमान रहनी चाहिए।

33 उपमंडलों की सूची तालिका - 4 में दी गई है। उत्तर - पूर्व भारत में क्रमांक 1 से 8 तक, उत्तर भारत में क्रमांक 9 से 17 तक और प्रायद्वीपीय भारत में क्रमांक 18 से 33 तक उपमंडल शामिल हैं।

3. परिणाम एवं विवेचना

3.1. क्षेत्रीय विश्लेषण

अंडमान और निकोबार द्वीप एवं लक्षद्वीप को छोड़कर, देश के शेष 33 उपमण्डलों में विभिन्न अवधियों के दौरान फैली शुष्कता की दशाओं का भारत के तीन प्रादेशिक भागों - उत्तर पूर्व, उत्तर और प्रायद्वीप के लिए विश्लेषण किया गया। किसी स्थान पर लंबी अवधि तक निरंतर शुष्कता बने रहने पर मृदा में जलाभाव की गंभीर स्थिति उत्पन्न हो जाती है, जिसके फलस्वरूप फसलें बुरी तरह क्षतिग्रस्त हो जाती हैं। अतः विभिन्न प्रादेशिक भागों में, पाँच अथवा अधिक पक्षों के दौरान मध्यम और भीषण शुष्कता से प्रभावित होने वाले क्षेत्रों की पहचान के लिए प्रयास किया गया है। पाँच अथवा अधिक पक्षों की संख्या मानसून ऋतु की आधी अवधि से अधिक है। अतः इतनी लंबी अवधि तक शुष्कता का बने रहना फसलों के लिए हानिकारक सिद्ध होता है। विश्लेषण के प्रमुख लक्षणों का विवरण निम्न प्रकार है :

(क) मध्यम शुष्कता

चित्र 1(क) में उत्तर पूर्व, उत्तर और प्रायद्वीपीय भारत में पाँच या अधिक पक्षों के दौरान मध्यम शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की प्रतिशत संख्या दिखाई गई है।

तालिका 1

1990-1999 के दौरान मध्यम एवं भीषण शुष्कता से एक साथ प्रभावित उपमंडल

वर्ष	उपमंडल
1990	पश्चिमी मध्य प्रदेश, गुजरात क्षेत्र, मध्य महाराष्ट्र
1991	जम्मू एवं कश्मीर, पश्चिमी राजस्थान, पूर्वी राजस्थान, सौराष्ट्र एवं कच्छ
1992	झारखण्ड, बिहार, गुजरात क्षेत्र, मध्य महाराष्ट्र, मराठवाड़ा, तेलंगाना, रायलसीमा, उत्तरी आंतरिक कर्नाटक, दक्षिणी आंतरिक कर्नाटक
1993	बिहार
1994	मध्य महाराष्ट्र, मराठवाड़ा, तटीय आंध्र प्रदेश, तेलंगाना, रायलसीमा
1995	-
1996	सौराष्ट्र एवं कच्छ
1997	मध्य महाराष्ट्र, मराठवाड़ा, तटीय आंध्र प्रदेश, उत्तरी आंतरिक कर्नाटक, दक्षिणी आंतरिक कर्नाटक
1998	पश्चिमी मध्य प्रदेश, तटीय आंध्र प्रदेश
1999	सौराष्ट्र एवं कच्छ, मध्य महाराष्ट्र, तेलंगाना

तालिका 2

1990-1999 के दौरान मध्यम एवं भीषण शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की प्रथम (I) एवं द्वितीय (II) उच्चिष्ठ संख्या (%)

उच्चिष्ठ	शुष्कता की श्रेणी	वर्ष									
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
प्रथम (I)	मध्यम	51(3,4)	79(9)	82(2)	67(3)	76(9)	57(2,3)	55(3)	48(3)	55(6)	67(1)
	भीषण	51(8)	55(9)	51(3)	45(2)	33(2,8)	51(2)	21(2)	30(4)	24(1,4)	51(3)
द्वितीय (II)	मध्यम	45(7)	61(8)	79(3)	61(6)	48(1)	45(6)	45(5)	45(1,7)	48(2)	61(3)
	भीषण	48(5)	33(2)	45(1)	36(5,6)	27(5)	21(3)	18(1,9)	27(9)	21(6,7)	39(6)

(कोष्ठक में पक्षों की संख्या दर्शाई गई है)

उत्तर पूर्व भारत में, अरुणाचल प्रदेश, असम और मेघालय, नागालैंड, मणिपुर, मिजोरम और त्रिपुरा (ना. म. मि. त्रि.) पाँच या अधिक पक्षों के दौरान मध्यम शुष्कता से प्रभावित नहीं हुए। यद्यपि गांगेय पश्चिम बंगाल और झारखण्ड 1992 में, उड़ीसा 1999 में और बिहार 1992-94 के दौरान प्रभावित हुए। सर्वाधिक उपमंडल 1992 (37%) में मध्यम शुष्कता से ग्रस्त हुए, जबकि 1993 और 1994 में प्रत्येक वर्ष 13% उपमंडल प्रभावित हुए। वर्ष 1990, 1991 और 1995-99 के दौरान मध्यम शुष्कता की स्थिति दृष्टिगोचर नहीं हुई।

उत्तर भारत में, हिमाचल प्रदेश को छोड़कर शेष सभी उपमंडलों में पाँच अथवा अधिक पक्षों के दौरान शुष्कता का प्रभाव दिखाई दिया। सर्वाधिक उपमंडल 1992 (89%) में और 1993 तथा 1999 में 56% (प्रत्येक वर्ष) प्रभावित हुए। जबकि 1994 और 1996 में, मध्यम शुष्कता से कोई भी उपमंडल ग्रस्त नहीं हुआ। शेष वर्षों के दौरान, 50% से कम उपमंडलों में मध्यम शुष्कता के लक्षण दृष्टिगोचर हुए।

प्रायद्वीपीय भारत में, कोंकण और गोवा, तटीय कर्नाटक तथा केरल को छोड़कर शेष सभी उपमंडलों में पाँच या अधिक

पक्षों के दौरान मध्यम शुष्कता दिखाई दी। वर्ष 1992 में सर्वाधिक 75% तथा 1991, 1993 और 1998 में प्रत्येक वर्ष 63% उपमंडल मध्यम शुष्कता से प्रभावित हुए। पश्चिमी मध्य प्रदेश और पूर्वी मध्य प्रदेश एवं छत्तीसगढ़, गुजरात क्षेत्र, मध्य महाराष्ट्र, मराठवाड़ा, विदर्भ, तटीय आंध्र प्रदेश, तेलंगाना, रायलसीमा, तमिलनाडु, उत्तर एवं दक्षिण आंतरिक कर्नाटक 1992 में मध्यम शुष्कता से प्रभावित हुए। वर्ष 1999 में, पूर्वी मध्य प्रदेश एवं छत्तीसगढ़ को छोड़कर इन सभी उपमंडलों और साथ ही सौराष्ट्र एवं कच्छ में मध्यम शुष्कता का प्रभाव दिखाई दिया। शेष वर्षों में, 30% से 60% उपमंडल पाँच या अधिक पक्षों में मध्यम शुष्कता से ग्रस्त हुए।

(ख) भीषण शुष्कता

चित्र 1(ख) में पाँच या अधिक पक्षों में भीषण शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की प्रतिशत संख्या दिखाई गई है।

उत्तरपूर्व भारत में, केवल दो उपमंडलों— झारखण्ड एवं बिहार में क्रमशः 1992 और 1993 के दौरान पाँच या अधिक पक्षों में भीषण शुष्कता की स्थिति दृष्टिगोचर हुई। शेष वर्षों में, अन्य किसी उपमंडल में ये स्थिति दिखाई नहीं दी।

उत्तर भारत में, 1993 में पूर्वी उत्तर प्रदेश और 1991 में पश्चिमी और पूर्वी राजस्थान में भीषण शुष्कता का प्रभाव रहा। शेष वर्षों में, अन्य किसी उपमंडल में यह स्थिति नहीं थी।

प्रायद्वीपीय भारत में पाँच या अधिक पक्षों में भीषण शुष्कता का प्रभाव कुछ उपमंडलों में उल्लेखनीय रहा। सर्वाधिक प्रभावित उपमंडलों की संख्या 1992 में 44% तथा 1994 और 1997 में प्रत्येक वर्ष 37% थी। वर्ष 1995 में भीषण शुष्कता बिल्कुल नहीं थी। अन्य सभी शेष वर्षों में से प्रत्येक वर्ष के दौरान 30% से कम उपमंडल भीषण शुष्कता से प्रभावित रहे।

(ग) समकालीन मध्यम और भीषण शुष्कता

अनेक उपमंडलों के कुछ भागों में एक साथ मध्यम तथा भीषण शुष्कता का समकालीन प्रभाव दिखाई दिया। जैसा कि तालिका 1 में दिखाया गया है, 1990-99 के दौरान पाँच या अधिक पक्षों में एक साथ मध्यम तथा भीषण शुष्कता से कुल 15 उपमंडल प्रभावित हुए। वर्ष 1992 में सर्वाधिक 9 उपमंडल एवं 1994 और 1997 में प्रत्येक वर्ष 5 उपमंडल एक साथ मध्यम तथा भीषण शुष्कता से ग्रस्त रहे। वर्ष 1991 में ऐसे उपमंडलों की संख्या 4, 1990 और 1999 में प्रत्येक वर्ष 3, 1998 में 2 तथा 1993 और 1996 में प्रत्येक वर्ष एक थी। वर्ष 1995 में मध्यम तथा भीषण शुष्कता एक साथ प्रकट नहीं हुई, जबकि अनेक उपमंडल दो या अधिक वर्षों के दौरान एक साथ मध्यम तथा भीषण शुष्कता की चपेट में आए। ये निम्न प्रकार हैं :

गुजरात क्षेत्र (1990, 1992), मध्य महाराष्ट्र (1990, 1992, 1994, 1997 एवं 1999), सौराष्ट्र एवं कच्छ (1991, 1996), बिहार (1992, 1993), मराठवाड़ा (1992, 1994 एवं 1997), तेलंगाना (1992, 1994 एवं 1999), रायलसीमा (1992, 1994), उत्तरी एवं दक्षिणी आंतरिक कर्नाटक (1992, 1997) तथा तटीय आँध्र प्रदेश (1994, 1997)।

3.2. सामयिक विश्लेषण

3.2.1. पाक्षिक विश्लेषण

1990-99 के दौरान प्रत्येक वर्ष, विभिन्न पक्षों में, मध्यम तथा भीषण शुष्कता से ग्रस्त उपमंडलों की प्रतिशत संख्या का विश्लेषण किया गया तथा प्रथम एवं द्वितीय उच्चिष्ठ मान ज्ञात किए गए। तालिका 2 में संबंधित आंकड़े दिए गए हैं।

(क) मध्यम शुष्कता

प्रथम उच्चिष्ठ मान के विश्लेषण से ज्ञात हुआ कि 1991, 1992 और 1994 के दौरान क्रमशः नौवें, दूसरे और नौवें पक्षों

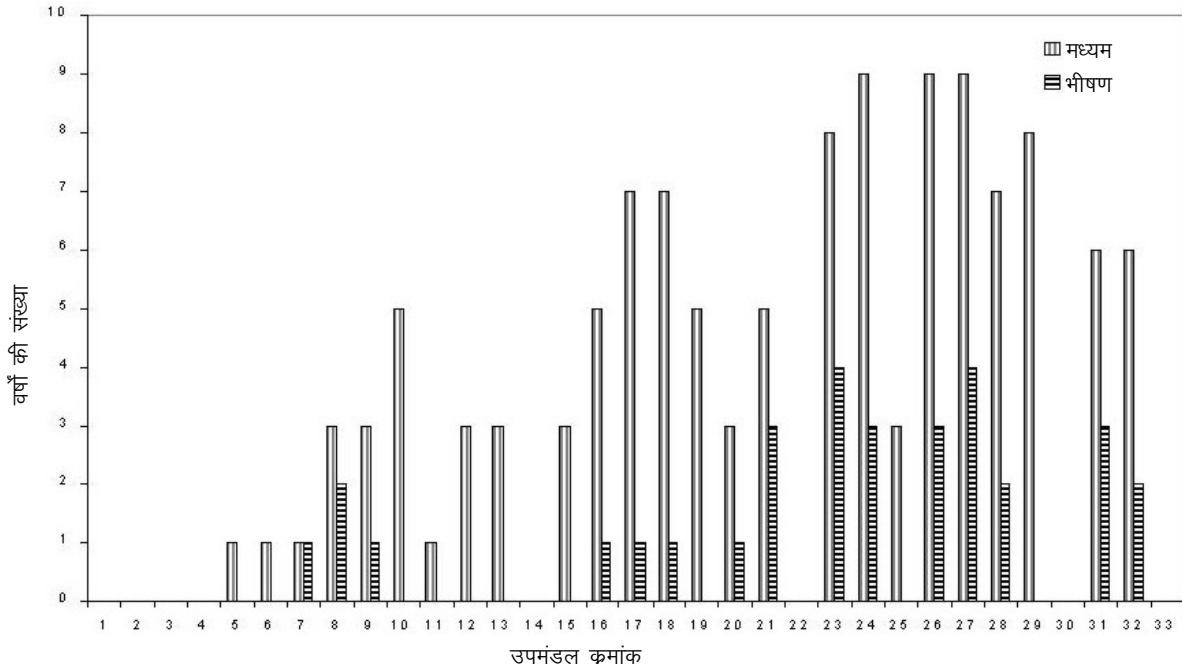
तालिका 3

1990-99 के दौरान उत्तर पूर्व, उत्तर और प्रायद्वीपीय भारत में मध्यम एवं भीषण शुष्कता से ग्रस्त उपमंडलों की अधिकतम संख्या (%) तथा अधिकतम अवधि (पक्षों में)

वर्ष	श्रेणी	उत्तर-पूर्व भारत		उत्तर भारत		प्रायद्वीपीय भारत	
		उपमंडल (%)	अवधि (पक्षों में)	उपमंडल (%)	अवधि (पक्षों में)	उपमंडल (%)	अवधि (पक्षों में)
1990	मध्यम	63	3	100	7	81	6
	भीषण	75	2	89	4	100	6
1991	मध्यम	63	4	89	8	100	8
	भीषण	50	3	89	5	87	5
1992	मध्यम	88	6	100	8	87	8
	भीषण	63	5	67	3	94	6
1993	मध्यम	63	7	100	7	100	8
	भीषण	63	5	78	5	81	5
1994	मध्यम	63	6	100	4	94	8
	भीषण	25	2	44	3	70	6
1995	मध्यम	50	4	100	8	87	7
	भीषण	37	1	44	4	70	4
1996	मध्यम	50	4	67	4	87	6
	भीषण	12	1	44	3	70	7
1997	मध्यम	50	2	78	6	81	9
	भीषण	50	1	67	2	75	7
1998	मध्यम	63	3	89	6	81	8
	भीषण	50	2	55	4	75	6
1999	मध्यम	75	5	100	7	100	9
	भीषण	12	1	89	4	87	6

में 75% से अधिक उपमंडल मध्यम शुष्कता की चपेट में आए। अधिकतम संख्या (82%) दूसरे पक्ष में 1992 के दौरान रही। वर्ष 1997 को छोड़कर, शेष सभी वर्षों में 50% से अधिक तथा 75% से कम उपमंडल मध्यम शुष्कता के प्रभाव में थे, जबकि 1997 में उपमंडलों की उच्चिष्ठ संख्या तीसरे पक्ष में 48% थी। पाँचवें, सातवें और आठवें पक्षों में मध्यम सूखे से प्रभावित उपमंडलों की प्रथम उच्चिष्ठ संख्या दृष्टिगोचर नहीं हुई।

द्वितीय उच्चिष्ठ के विश्लेषण से पता लगा कि 1992 के दौरान तीसरे पक्ष में अधिकतम 79% उपमंडलों में मध्यम शुष्कता का प्रकोप था। वर्ष 1991, 1992, 1993 और 1999 के दौरान क्रमशः आठवें, तीसरे, छठवें और तीसरे पक्ष में मध्यम



चित्र 2. वर्षों की संख्या जिनमें भारत के विभिन्न मौसम उपमंडल 1990-1999 के दौरान मध्यम एवं भीषण शुष्कता से 5 या अधिक पक्षों में प्रभावित हुए

शुष्कता ने 50% से अधिक तथा 75% से कम उपमंडलों को अपनी चपेट में लिया। शेष वर्षों में 50% से कम उपमंडल प्रभावित हुए। चौथे तथा नौवें पक्षों में मध्यम शुष्कता का द्वितीय उच्चिष्ठ प्रकट नहीं हुआ।

(ख) भीषण शुष्कता

प्रथम एवं द्वितीय उच्चिष्ठ मानों के विश्लेषण से ज्ञात हुआ कि मध्यम शुष्कता की तुलना में भीषण तीव्रता की शुष्कता से प्रभावित होने वाले उपमंडलों की प्रतिशत संख्या अपेक्षाकृत कम थी। भीषण शुष्कता के प्रथम उच्चिष्ठ मान से पता लगा कि उपमंडलों की अधिकतम संख्या 1991 में, नौवें पक्ष के दौरान 55% थी जबकि 1990, 1992, 1995 और 1999 में क्रमशः आठवें, तीसरे, दूसरे और तीसरे पक्ष के दौरान प्रत्येक वर्ष में 51% थी। शेष वर्षों में उपमंडलों की संख्या 50% से कम थी। पाँचवें, छठवें और सातवें पक्षों में भीषण शुष्कता का प्रथम उच्चिष्ठ प्रकट नहीं हुआ।

भीषण शुष्कता के प्रथम उच्चिष्ठ और मध्यम शुष्कता के प्रथम एवं द्वितीय उच्चिष्ठों की तुलना में, सभी वर्षों के दौरान, भीषण शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की संख्या के द्वितीय उच्चिष्ठ मान कम (<50%) पाए गए। अधिकतम उपमंडल 1990 के दौरान (48%) पाँचवें और 1992 के दौरान (45%) पहले पक्ष में प्रकट हुए। शेष सभी वर्षों में ये संख्या 40% से कम रही। चौथे और आठवें पक्ष के दौरान भीषण शुष्कता का द्वितीय उच्चिष्ठ मान दृष्टिगोचर नहीं हुआ।

3.2.2. शुष्कता अवधि का विश्लेषण

तालिका 3 में उत्तर पूर्व, उत्तर और प्रायद्वीपीय भारत में मध्यम और भीषण शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की अधिकतम संख्या (%) तथा शुष्कता की सबसे लंबी अवधि (पक्षों में) दिखाई गई है। चित्र 2 में उन वर्षों की संख्या प्रदर्शित की गई है जिनके दौरान पाँच या अधिक पक्षों में विभिन्न उपमंडल मध्यम तथा भीषण शुष्कता की चपेट में आए। चित्र 2 में दिखाई गई उपमंडल की क्रमांक संख्या तालिका 4 में प्रदर्शित उपमंडलों से संबंधित है।

(क) मध्यम शुष्कता

उत्तर पूर्व भारत में, केवल बिहार उपमंडल में मध्यम शुष्कता अधिकतम सात पक्षों के दौरान 1993 में तथा छः पक्षों में 1992 और 1994 में दिखाई दी। पाँच पक्षों के दौरान 1999 में उड़ीसा मध्यम शुष्कता से प्रभावित हुआ। 60% से अधिक उपमंडल 1990 से 1994, 1998 और 1999 के दौरान प्रभावित हुए। सर्वाधिक उपमंडल 1992 (88%) में मध्यम शुष्कता की चपेट में आए।

उत्तर भारत में अधिकतम आठ पक्षों के दौरान मध्यम शुष्कता 1991 में जम्मू-कश्मीर, 1992 में पश्चिमी उत्तर प्रदेश और 1995 में पूर्वी राजस्थान में दिखाई दी। सात पक्षों में 1990 में पूर्वी उत्तर प्रदेश, 1993 में पूर्वी एवं पश्चिमी उत्तर

तालिका 4

1990-1999 के दौरान पक्षों और वर्षों की संख्या जिनमें भारत के विभिन्न मौसम उपमंडल मध्यम एवं भीषण अनुलंबना से प्रभावित हुए

क्र. सं.	मौसम उपमंडल	मध्यम अनुलंबना										भीषण अनुलंबना										
		वर्ष										वर्षों की संख्या										
सं.		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
1.	अरुणाचल प्रदेश																					
2.	असम एवं मेघालय																					
3.	नागालैंड, मणीपुर, मिजोरम एवं त्रिपुरा																					
4.	उप.हिमालयी पश्चिम बंगाल																					
5.	गांगेय पश्चिम बंगाल																					
6.	उड़ीसा			3								1		3							1	
7.	झारखण्ड			3	3							2		3							1	
8.	बिहार			3	5							2		3	4						2	
9.	पूर्वी उत्तर प्रदेश	4		6	4	3	4					5			3						1	
10.	पश्चिमी उत्तर प्रदेश			6	5	3	4				3	5			3						1	
11.	उत्तरांचल																					
12.	हरियाणा, चण्डीगढ़ एवं दिल्ली			4							5	2	3								1	
13.	पंजाब		6	4	5							3										
14.	हिमाचल प्रदेश																					
15.	जम्मू एवं कश्मीर		6	3	5					3	4											
16.	पश्चिमी राजस्थान	4	6	3	4					5	4	6	3	3							2	
17.	पूर्वी राजस्थान	3	3	3	5	3	8		6	6	4	9	3							3	2	
18.	पश्चिमी मध्य प्रदेश	4	3	4	7	3	7	3	3	4	4	10	5				3				2	
19.	पूर्वी मध्य प्रदेश एवं छत्तीसगढ़		4	3	5			3	3	3	6	3	3					3			3	
20.	गुजरात क्षेत्र	4	6	3	3					3	5	3	3								2	
21.	सौराष्ट्र एवं कच्छ		5	3			5	5	3	5	6	7		5	3	5		5			6	5
22.	कोंकण एवं गोवा			3								1										
23.	मध्य महाराष्ट्र	4	4	3	3	6	3		9	3	9	9	5	3							6	3
24.	मराठवाड़ा	3	4		4	6	3	3	3			7	3		3							2
25.	विदर्भ		3	4				3	5	3	3	6	3	3								2
26.	तटीय आंध्र प्रदेश	3	8	4	6	6		5	5	5	8	9			3					3		2
27.	तेलंगाना		4	4	6	6	3	3	9	8	9	9			5			6		3		3
28.	रायलसीमा	3	4	4	6	6		4	6	4	6	9		4	3	5						3
29.	तमिलनाडु एवं पांडिचेरी		4	6		6		5	7	4	7	7										
30.	तटीय कर्नाटक																					
31.	उत्तरी आंतरिक कर्नाटक			4	6	6		3	8		9	6			5			6				2
32.	दक्षिणी आंतरिक कर्नाटक	3	4	4		4		4	3	4	8	8			4			3				2
33.	केरल																					

प्रदेश और 1999 में पश्चिमी उत्तर प्रदेश प्रभावित हुए। छः पक्षों के दौरान, 1997 में पश्चिमी उत्तर प्रदेश तथा पूर्वी और पश्चिमी राजस्थान में एवं 1998 में पूर्वी राजस्थान में मध्यम शुष्कता छाई रही। सभी वर्षों (1990-99) के दौरान, 60% से अधिक उपमंडल मध्यम शुष्कता की चपेट में आए। उत्तर भारत के सभी उपमंडलों में 1990, 1992-94 और 1999 के दौरान मध्यम शुष्कता का प्रकोप दृष्टिगोचर हुआ।

प्रायद्वीपीय भारत में, उत्तर पूर्व और उत्तर भारत की तुलना में, मध्यम शुष्कता की अवधि अपेक्षाकृत लंबी थी। समूचे मानसून ऋतु के दौरान मध्यम शुष्कता 1997 में मध्य महाराष्ट्र और 1999 में तेलंगाना, उत्तर आंतरिक कर्नाटक और मध्य महाराष्ट्र में प्रकट हुई। आठ पक्षों के दौरान, 1991 में गुजरात व तटीय आंध्र प्रदेश, 1992 में तेलंगाना, रायलसीमा, तमिलनाडु, उत्तर एवं दक्षिण आंतरिक कर्नाटक, 1993 में

तटीय आंध्र प्रदेश, तेलंगाना व उत्तर आंतरिक कर्नाटक, 1994 में मध्य महाराष्ट्र, मराठवाड़ा, रायलसीमा, तमिलनाडु व उत्तर आंतरिक कर्नाटक और 1998 में तेलंगाना प्रभावित हुए। सभी वर्षों (1990-99) के दौरान, 80% से अधिक उपमंडलों में मध्यम शुष्कता दिखाई दी। सभी उपमंडल 1991, 1993 और 1999 के दौरान मध्यम शुष्कता से प्रभावित हुए।

(ख) भीषण शुष्कता

भीषण शुष्कता की अवधि, मध्यम शुष्कता की तुलना में सभी वर्षों में अपेक्षाकृत कम रही।

उत्तर पूर्व भारत में, भीषण शुष्कता अधिकतम पाँच पक्षों के दौरान 1992 में झारखण्ड व बिहार और 1993 में केवल बिहार में दिखाई दी। इसकी अवधि 1991 में केवल तीन पक्ष थी। शेष सभी वर्षों में केवल एक या दो पक्षों में ही भीषण शुष्कता प्रकट हुई। चार वर्षों (1994, 1995, 1996 और 1999) को छोड़ कर, शेष सभी वर्षों के दौरान 50% या अधिक उपमंडल भीषण शुष्कता से प्रभावित हुए। सर्वाधिक 75% उपमंडल 1990 में प्रभावित हुए।

उत्तर भारत में सभी वर्षों के दौरान भीषण शुष्कता की अवधि दो से पाँच पक्षों के बीच ही रही। अधिकतम पाँच पक्षों में, भीषण शुष्कता, 1991 में पश्चिमी व पूर्वी राजस्थान और 1993 में पूर्वी उत्तर प्रदेश में प्रकट हुई। शेष वर्षों में यह अवधि 2 से 4 पक्षों के बीच रही। तीन वर्षों (1994, 1995 और 1996) को छोड़कर शेष सभी वर्षों में भीषण शुष्कता से प्रभावित होने वाले उपमंडलों की संख्या 50% से अधिक रही। सर्वाधिक 89% उपमंडल 1990, 1991 और 1999 के दौरान प्रभावित हुए।

प्रायद्वीपीय भारत में, 1995 को छोड़कर शेष सभी वर्षों के दौरान पाँच या अधिक पक्षों तक भीषण शुष्कता का प्रभाव रहा। अधिकतम सात पक्षों में भीषण शुष्कता 1996 में सौराष्ट्र एवं कच्छ और 1997 में उत्तर आंतरिक कर्नाटक में छाई रही। छः पक्षों के दौरान, 1990 में पश्चिमी मध्य प्रदेश व मध्य महाराष्ट्र, 1992 में मध्य महाराष्ट्र, 1994 में रायलसीमा व उत्तर आंतरिक कर्नाटक, 1998 में तटीय आंध्र प्रदेश और 1999 में सौराष्ट्र एवं कच्छ, मध्य महाराष्ट्र व तेलंगाना में भीषण शुष्कता प्रकट हुई। पाँच पक्षों में, 1991 और 1993 में, सौराष्ट्र एवं कच्छ प्रभावित हुआ। सभी वर्षों के दौरान 70% या अधिक उपमंडल भीषण शुष्कता की चपेट में आए। वर्ष 1990 में प्रायद्वीपीय भारत के समस्त उपमंडल और 1992 में 94% उपमंडल प्रभावित हुए।

3.3. शुष्कता अनुलंबना

तालिका 4 में भारत के विभिन्न उपमंडलों में मध्यम और भीषण शुष्कता की अनुलंबना से संबंधित आंकड़े दिए गए हैं।

(क) मध्यम अनुलंबना

उत्तर पूर्व भारत में, 1992 में उड़ीसा में और 1992 तथा 1993 में झारखण्ड में 3 पक्षों तक मध्यम तीव्रता की अनुलंबना दृष्टिगोचर हुई। बिहार में 1992 और 1993 में मध्यम अनुलंबना की अवधि क्रमशः 3 और 5 पक्ष थी।

उत्तर भारत में, मध्यम अनुलंबना की अवधि 3 से 8 पक्ष रही। पूर्वी राजस्थान में, 1996 को छोड़कर शेष नौ वर्षों में मध्यम अनुलंबना रही जिसकी अधिकतम अवधि 1995 में 8 पक्ष थी। पूर्वी उत्तर प्रदेश और पश्चिमी उत्तर प्रदेश में, 1992 में, पंजाब, जम्मू एवं कश्मीर और पश्चिमी राजस्थान में 1991 में तथा पूर्वी राजस्थान में 1997 और 1998 में मध्यम अनुलंबना की अवधि 6 पक्ष रही। उत्तरांचल तथा हिमाचल प्रदेश में मध्यम अनुलंबना की घटना दिखाई नहीं दी।

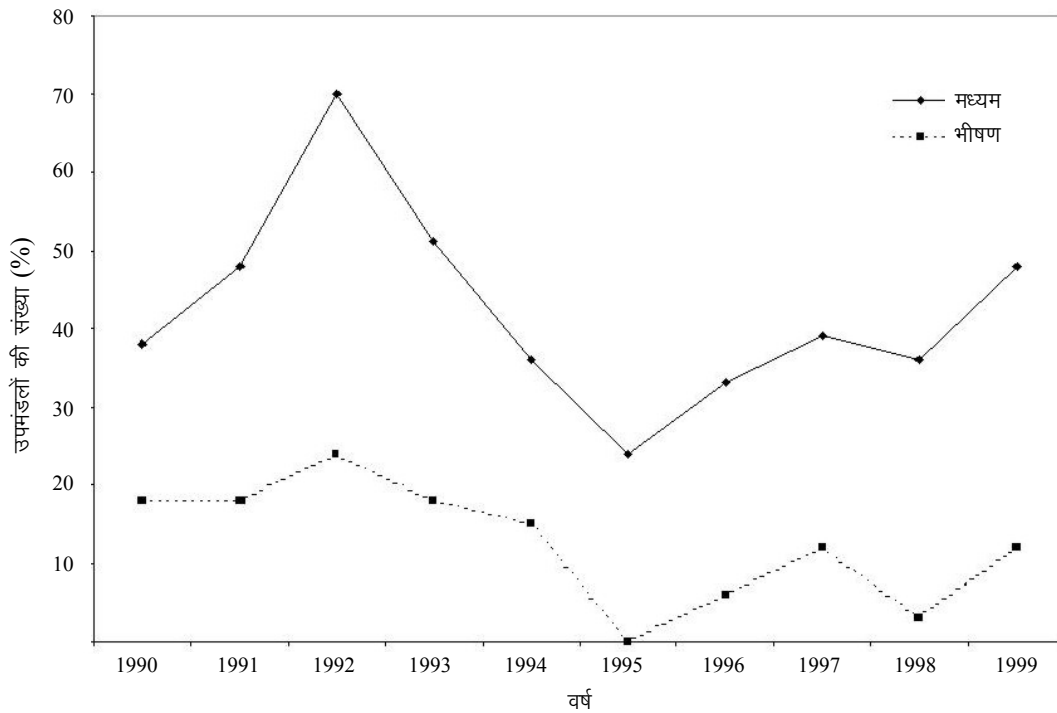
प्रायद्वीपीय भारत में, मध्यम अनुलंबना की स्थिति अधिकांश रूप में दिखाई दी तथा इसकी अवधि 3 से 9 पक्ष के बीच रही। प्रस्तुत अध्ययन के सभी दस वर्षों (1990-99) के दौरान मध्यम अनुलंबना की अवधि पश्चिमी मध्य प्रदेश में दिखाई दी, जिसकी अधिकतम अवधि 1993 और 1995 में 7 पक्ष तक रही। मध्य महाराष्ट्र, तटीय आंध्र प्रदेश, तेलंगाना और रायलसीमा में प्रत्येक उपमंडल में 9 वर्षों के दौरान यह स्थिति दिखाई दी। अधिकतम 9 पक्ष की अवधि तक मध्य महाराष्ट्र और तेलंगाना में क्रमशः 1997 और 1999 तथा उत्तरी आंतरिक कर्नाटक में 1999 के दौरान मध्यम अनुलंबना का प्रकोप रहा। तटीय आंध्र प्रदेश में 1991 और 1999 में तथा तेलंगाना, उत्तरी आंतरिक कर्नाटक और दक्षिणी आंतरिक कर्नाटक में क्रमशः 1998, 1997 और 1999 में 8 पक्षों की अवधि के दौरान मध्यम अनुलंबना का प्रकोप रहा। तमिलनाडु में 1997 और 1999 में यह स्थिति 7 पक्षों तक रही।

चित्र 3 में, 1990-99 के दौरान मध्यम अनुलंबना से विभिन्न अवधियों में प्रभावित उपमंडलों की प्रतिशत संख्या दिखाई गई है। मध्यम अनुलंबना से सर्वाधिक उपमंडल 1992 (70%) और 1993 (51%) में प्रभावित हुए। शेष सभी वर्षों में 50% से कम उपमंडल मध्यम अनुलंबना की चपेट में आए, जबकि 1995 में इनकी न्यूनतम संख्या 24% थी।

(ख) भीषण अनुलंबना

उत्तर पूर्व तथा उत्तर भारत में भीषण अनुलंबना की घटनाएं कम दिखाई दीं। उत्तर पूर्व भारत में, 1992 में उड़ीसा और झारखण्ड में तीन तथा बिहार 1992 और 1993 में क्रमशः 3 और 4 पक्षों में भीषण अनुलंबना रही। शेष उपमंडलों में भीषण अनुलंबना का प्रकोप नहीं था।

उत्तर भारत में, 1993 में पूर्वी उत्तर प्रदेश और पश्चिमी उत्तर प्रदेश, 1990 में हरियाणा, 1990 और 1991 में पश्चिमी राजस्थान तथा 1991 और 1999 में पूर्वी राजस्थान में प्रत्येक



चित्र 3. वर्ष 1990-1999 के दौरान मध्यम एवं भीषण अनुलंबना द्वारा प्रभावित उपमंडलों की प्रतिशत संख्या

उपमंडल में केवल 3 पक्षों की अवधि की भीषण अनुलंबना रही। शेष उपमंडलों में यह घटना दिखाई नहीं दी।

प्रायद्वीपीय भारत में, भीषण अनुलंबना का क्षेत्रीय विस्तार और अवधिकाल अपेक्षाकृत अधिक था। सौराष्ट्र और कच्छ में इसका प्रभाव अधिकतम 5 वर्ष तक रहा। भीषण अनुलंबना की सबसे लंबी अवधि 1997 में तेलंगाना और उत्तरी आंतरिक कर्नाटक तथा 1999 में सौराष्ट्र एवं कच्छ और मध्य महाराष्ट्र में 6 पक्षों तक रही। भीषण अनुलंबना पाँच पक्षों के दौरान निम्न उपमंडलों में दृष्टिगोचर हुई।

1990 में पश्चिमी मध्य प्रदेश और मध्य महाराष्ट्र, 1990, 1993 और 1996 में सौराष्ट्र एवं कच्छ तथा 1994 में तेलंगाना, रायलसीमा और उत्तरी आंतरिक कर्नाटक। कोंकण एवं गोवा, तमिलनाडु, तटीय कर्नाटक तथा केरल भीषण अनुलंबना से मुक्त रहे।

चित्र 3 में स्पष्ट दिखाया गया है कि मध्यम तीव्रता की तुलना में भीषण अनुलंबना से प्रभावित उपमंडलों की संख्या अपेक्षाकृत काफी कम थी। इस प्रकार के उपमंडलों की अधिकतम संख्या 1992 में 24% तथा 1990, 1991 और 1993 में प्रत्येक वर्ष 18% थी। वर्ष 1995 के दौरान कोई भी उपमंडल भीषण अनुलंबना से प्रभावित नहीं हुआ। शेष वर्षों में प्रभावित उपमंडलों की संख्या 18% से कम थी।

4. निष्कर्ष

भारत के 33 उपमंडलों में, 1990 से 1999 तक दस वर्ष की अवधि के दौरान, शुष्कता विसंगतियों के विश्लेषण से मुख्य रूप से निम्नलिखित परिणाम ज्ञात हुए हैं :

(i) पाँच या अधिक पाक्षिक अवधियों में मध्यम शुष्कता का क्षेत्रीय और सामयिक विस्तार 1992 में अधिक महत्वपूर्ण था। उत्तर पूर्व, उत्तर तथा प्रायद्वीपीय भारत में, 1992 में मध्यम शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की अधिकतम संख्या क्रमशः 37%, 89% तथा 75% थी। वर्ष 1992 में ही दूसरे और तीसरे पक्ष में मध्यम शुष्कता से ग्रस्त उपमंडलों की संख्या का प्रथम और द्वितीय उच्चिष्ठ मान क्रमशः 82% और 79% था।

(ii) प्रायद्वीपीय भारत में, पाँच या अधिक पाक्षिक अवधियों के दौरान घटित भीषण शुष्कता का प्रभाव अधिक महत्वपूर्ण था। अधिकतम 44% उपमंडल 1992 में प्रभावित हुए। भीषण शुष्कता से प्रभावित उपमंडलों की संख्या का प्रथम और द्वितीय उच्चिष्ठ मान 1991 और 1990 में क्रमशः नौवें और पाँचवें पक्ष के दौरान 55% और 48% था। सौराष्ट्र एवं कच्छ में 1996 और उत्तर आंतरिक कर्नाटक में 1997 के दौरान भीषण शुष्कता की सबसे लंबी अवधि 7 पक्ष थी।

(iii) कुल 15 उपमंडल पाँच या अधिक पक्षों में मध्यम एवं भीषण शुष्कता से एक साथ प्रभावित हुए। सर्वाधिक 9

उपमंडल 1992 में प्रभावित हुए। मध्य महाराष्ट्र अधिकतम 5 वर्षों में 1990, 1992, 1994, 1997 और 1999 के दौरान पाँच या अधिक पक्षों में मध्यम और भीषण शुष्कता से एक साथ प्रभावित हुआ।

(iv) मध्यम शुष्कता की अनुलंबना की सबसे लंबी अवधि 1997 में मध्य महाराष्ट्र तथा 1999 में तेलंगाना और उत्तर आंतरिक कर्नाटक में 9 पक्ष थी। मध्यम अनुलंबना से प्रभावित सर्वाधिक उपमंडलों की संख्या 1992 में 70% थी। पश्चिमी मध्य प्रदेश में 1990-99 के दौरान प्रत्येक वर्ष मध्यम अनुलंबना की अवधि 7 पक्ष थी।

(v) मध्यम अनुलंबना की तुलना में भीषण अनुलंबना का प्रभाव काफी कम रहा। यद्यपि प्रायद्वीपीय भारत में भीषण अनुलंबना अधिक प्रभावशाली थी। वर्ष 1997 में तेलंगाना और उत्तर आंतरिक कर्नाटक तथा 1999 में सौराष्ट्र एवं कच्छ और मध्य महाराष्ट्र में भीषण अनुलंबना की सबसे लंबी अवधि छः पक्ष थी। भीषण अनुलंबना द्वारा प्रभावित उपमंडलों की अधिकतम संख्या 1992 में 24% थी।

(vi) उत्तर भारत के सभी उपमंडल 1990, 1992-94 और 1999 के दौरान मध्यम शुष्कता से प्रभावित हुए। प्रायद्वीपीय भारत के समस्त उपमंडल भी मध्यम शुष्कता से 1991, 1993 और 1999 में प्रभावित हुए। जबकि भीषण शुष्कता 1990 में प्रायद्वीपीय भारत के सभी उपमंडलों में प्रकट हुई।

आभार

प्रस्तुत शोध पत्र के लेखक, इस अध्ययन के दौरान निरंतर प्रोत्साहन देने के लिए, श्री बी. लाल, अपरमहानिदेशक के प्रति अपना विशेष आभार व्यक्त करते हैं। शोध अध्ययन से संबंधित आंकड़ों के संसाधन हेतु सर्व श्री के. बी. गुहा और महेन्द्र सिंह धन्यवाद के पात्र हैं।

संदर्भ

- अप्पा राव, जी. एवं विजयराघवन, जी. एस., 1983, "स्टडी ऑफ 1982 खरीफ एग्रीकल्चरल ड्राउट ओवर इंडिया", *वायुमंडल*, **13**, 3-4, पृ. 35-40.
- चौधरी, ए., रामाशास्त्री, के. एस. एवं रंटाला, जी. एस., 1977, "ए स्टडी ऑफ एग्रीकल्चरल ड्राउट ऑफ 1965 एण्ड 1966 खरीफ सीजन", भारत मौसम विज्ञान विभाग, वैज्ञानिक रिपोर्ट संख्या 77 / 4.
- जॉर्ज, सी. जे., एवं रामाशास्त्री, के. एस., 1972, "एग्रीकल्चरल ड्राउट ऑफ 1971 खरीफ सीजन" *इंडियन जर्नल ऑफ मीटियोरोलोजी, हायड्रोलोजी एण्ड जियोफिजिक्स*, **23**, 4, पृ. 515-524.
- जॉर्ज, सी. जे., एवं रामाशास्त्री, के. एस., 1975, "एग्रीकल्चरल ड्राउट ऑफ 1972 खरीफ सीजन" *इंडियन जर्नल ऑफ मीटियोरोलोजी, हायड्रोलोजी एण्ड जियोफिजिक्स*, **26**, 1, पृ. 89-96.
- प्रसाद, राजेन्द्र एवं दातार, एस. व्ही., 1989, "इंटेसिफिकेशन एण्ड पर्सिस्टेंस ऑफ खरीफ एग्रीकल्चरल ड्राउट ड्युरिंग 1987", *मौसम*, **40**, 3, पृ. 269-274.
- थोन्ध्वेट, सी. डब्ल्यू, एवं माथर, जे. आर., 1957, "इंस्ट्रक्शंस एण्ड टेबल्स फॉर कंप्यूटिंग पोटेंशियल इवेपोट्रासंपिरेशन एण्ड वाटर बैलेंस", पब्लिकेशन इन क्लाइमेटोलोजी, **10**, 3.
- राव, के. वी., जॉर्ज, सी. जे. एवं रामाशास्त्री, के. एस., 1971, "पोटेंशियल इवेपोट्रासंपिरेशन ओवर इंडिया", भारत मौसम विज्ञान विभाग, वैज्ञानिक रिपोर्ट सं. 136.
- विश्व मौसम विज्ञान संगठन, 1975, "ड्राउट एण्ड एग्रीकल्चर", डब्ल्यू. एम. ओ. टेकनीकल नोट सं. 138.