"जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ"
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

हरिद्वार नगर में गंगा नदी की प्राथमिक उत्पादकता पर पर्यटकों एवं तीर्थ यात्रियों का प्रभाव

विकास वत्स बी.डी. जोशी
गुरुकुल कांगड़ी विश्वविद्यालय, हरिद्वार

रमाकर झा
राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

प्राथमिक उत्पादकता (Primary Productivity) के अध्ययन द्वारा किसी भी परिस्थितिकीय तंत्र (Ecosystem) में प्रदूषण की स्थिति एवं उसमें ऊर्जा के संवहन का पता लगाया जाता है। उत्पादकता की उच्च दर तंत्र के सुचारु रूप से चलने का सूचक है। जल प्रदूषण से प्राथमिक उत्पादकता में कमी आ जाती है। जिससे पलवको (Phytoplankton) की श्वसन दर एवं उत्पादन की दर के बीच का अनुपात बिगड़ जाता है। एक प्रदूषण रहित जलीय तंत्र (Aquatic System) में उत्पादन की दर श्वसन की दर से अधिक होती है, जबकि प्रदूषित जल में यह दर कम हो जाती है। प्रस्तुत शोध पत्र में हरिद्वार नगर में गंगा नदी की प्राथमिक उत्पादकता का विभिन्न स्थलों पर अध्ययन किया गया। शोध का उद्देश्य इन स्थलों पर पर्यटकों एवं तीर्थयात्रियों के प्रभावों का अध्ययन करना था। शोध परिणामों में सकल प्राथमिक उत्पादकता (Gross Primary Productivity) एवं शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता (Net Primary Productivity) के अधिकतम मान दिसम्बर-फरवरी तथा न्यूनतम मान जुलाई-अगस्त में प्राप्त हुए। यह परिणाम उक्त स्थलों पर प्रदूषण की स्थिति को भी दर्शाते हैं।

1. प्रस्तावना :

गंगा नदी की प्राथमिक उत्पादकता से अभिप्राय उस दर से है जिसमें नदी में उपस्थित जलीय पादपों एवं पलवक सूर्य की विकिरण ऊर्जा को प्रकाश सश्लेषण (Photosyntheois) अभिक्रिया द्वारा कार्बनिक पदार्थों में परिवर्तित करते हैं। यह कार्बनिक पदार्थ पादपों में खाद्य पदार्थो के रूप में संग्रहित रहते हैं। अत: जलीय परिस्थितिकीय यंत्र (Aquatic Ecosystem) में समस्त चयाउपचय क्रियाओं (Metabolic Reactions) का आधार प्राथमिक उत्पादकता ही है। प्राथमिक उत्पादकों द्वारा संग्रहित यह कार्बनिक पदार्थ आगे प्राथमिक उपभोक्ता एवं खाद्य श्रंखला के लिए कड़ी का कार्य करते हैं।

प्राथमिक उत्पादकों द्वारा संग्रहित खाद्य पदार्थ पूर्ण रूप से उपभोक्ता के पास नहीं पहुँचता है अर्थात इसका कुछ भाग उत्पादकों द्वारा श्वसन एवं अन्य क्रियाओं द्वारा व्यर्थ चला जाता है तथा शेष भाग शाकाहारियों (Heribivorous) द्वारा ग्रहण किया जाता है जहाँ से खाद्य श्रंखला के

द्वारा इसका निम्नतम ही भाग मासाहारियों (Carnivorous) तक पहुँच पाता है। उत्पादकों के अतिरिक्त सभी जीवों के इस जैविक भार (Biomass) को द्वितीय उत्पादकता कहते हैं। खाद्य श्रंखला में उत्पादन के चारों क्रम निम्नलिखित हैं :

1.1 सकल प्राथमिक उल्पादकता (Gross Primary Productivity) :

निर्धारित समयावधि में श्वसन प्रक्रिया में प्रयुक्त कार्बनिक पदार्थो सहित प्रकाश संश्लेषण की दर को सकल प्राथमिक उत्पादकता कहते हैं।

1.2 शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता (Net Primary Productivity) :

निर्धारित समयावधि में श्वसन क्रिया से मुक्त होने के अतिरिक्त कार्बनिक पदार्थो के पौधों में संग्रहित होने की दर को शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता कहते हैं।

1.3 शुद्ध प्रजातिय उत्पादकता (Net Community Productivity) :

निर्धारित समय में उपभोक्ताओं द्वारा अप्रयुक्त कार्बनिक पदार्थो की दर को शुद्ध प्रजातिय उत्पादकता कहते हैं।

1.4 द्वितीय उत्पादकता (Secondary Productivity) :

उपभोक्ताओं द्वारा ऊर्जा संग्रहित करने की दर को द्वितीय उत्पादकता कहते हैं।

उपरोक्त उत्पादकताओं को निम्न समीकरण द्वारा समझा जा सकता है :

सकल प्राथमिक उत्पादकता = शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता + प्राथमिक उत्पादन की श्वसन दर

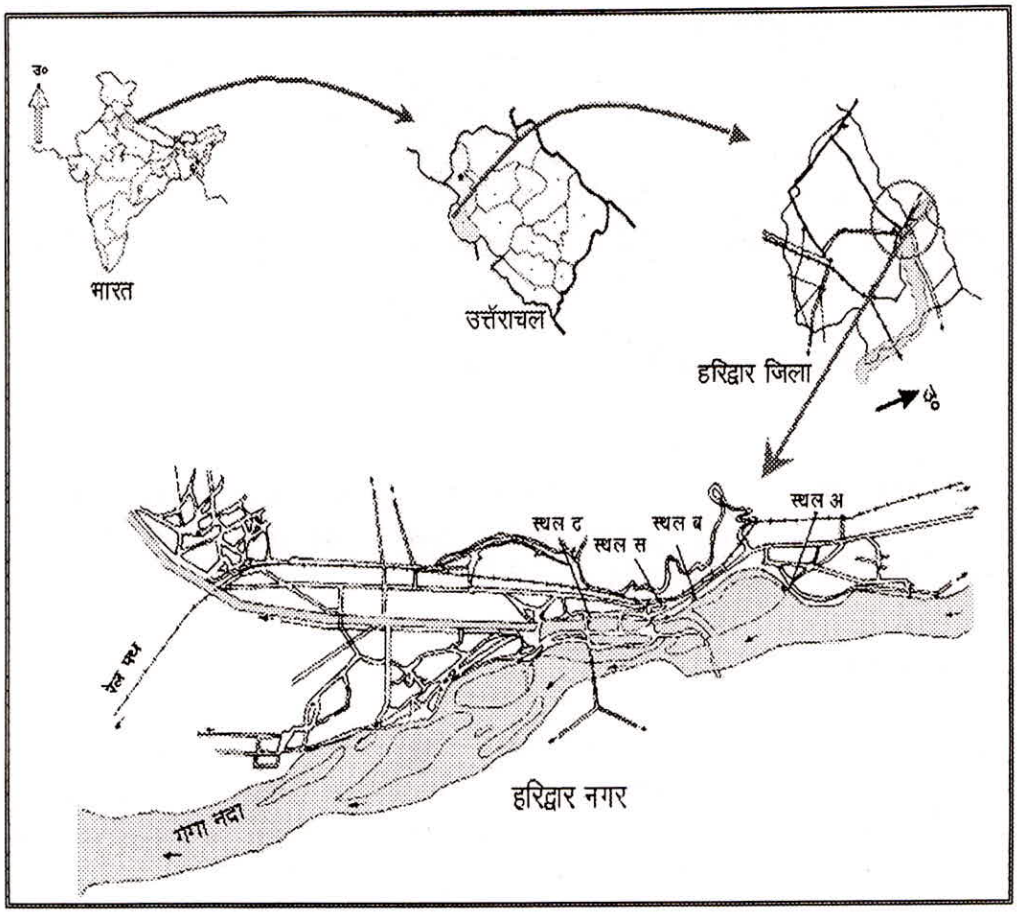
शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता = सकल प्राथमिक उत्पादकता - प्राथमिक उत्पादन की श्वसन दर

शुद्ध प्रजातिय उत्पादकता = सकल प्राथमिक उत्पादकता - उपभोक्ता की श्वसन दर

जल की प्राथमिक उत्पादकता प्रकाश, तापमान, पलवकों की आबादी एवं इनके लिए उपलब्ध खाद्य पदार्थो की मात्रा पर प्रमुख रूप से निर्भर करती है। कार्बनिक पदार्थो के जैव निर्माण में पलवक महत्वपूर्ण भूमिका अदा करते है अर्थात प्राथमिक उत्पादकता किसी जलीय परिस्थिकीय तंत्र में प्राथमिक उपभोक्ता के लिए खाद्य आपूर्ति का साधन भी है। हिमालय पर्वत श्रेणी से निकलने वाली गंगा सदृश्य नदियों की प्राथमिक उत्पादकता तालाबों, झीलों एवं पोखरों आदि से भिन्न होती है।

2. अध्ययन क्षेत्र एवं आंकड़ों का संकलन :

नवनिर्मित उत्तरांचल प्रदेश में हरिद्वार नगर गंगा नदी के दाहिने तट पर स्थित है। भौगोलिक दृष्टि से हिन्दुओं का यह पवित्र नगर $78^0 13'$ पू. अक्षांश एवं $28^0 58'$ उ. देशान्तर के मध्य स्थित है। प्रस्तुत शोध के लिये हरिद्वार नगर में निम्न स्थलों का चयन किया गया।



चित्र 1 : हरिद्वार नगर की भौगोलिक स्थिति

2.1 अध्ययन क्षेत्र :

2.1.1 भगीरथ बिन्दू (Bhagirath Point) :

भगीरथ बिन्दू हरिद्वार नगर के उत्तर में स्थित है। नगर में गंगा नदी का यह उद्गम स्थान है। इस स्थल पर गंगा प्रदूषण एवं नगरीय क्रियाओं से रहित है। इस स्थल पर गंगा का तल बालू एवं पत्थरों से युक्त है।

2.1.2 हर की पौड़ी से पूर्व (UP Stream Har ki Pauri) :

यह स्थल खड़खड़ी के कच्चे शमशान के बाद स्थित है। भगीरथ बिन्दू से इस स्थल की दूरी लगभग 2 किमी. है। मृत शरीरों के अन्तिम संस्कार के उपरांत चिता के अवशेष, राख, वस्त्र आदि भगराऊ नाले के दाहिने छोर पर इस स्थल से कुछ पूर्व प्रवाहित किये जाते हैं। इनके अतिरिक्त सीवेज एवं मौसमी नाले भी इस स्थल पर प्रदूषण के प्रमुख कारक हैं।

2.1.3 हर की पौड़ी (Har ki Pauri) :

हरिद्वार नगर का यह प्रमुख तीर्थ स्थल है। प्रतिवर्ष लाखों की संख्या में श्रद्धालु एवं पर्यटक गंगा में स्नान कर मोक्ष प्राप्ति की कामना हेतु यहाँ आते हैं। प्रत्येक दिन टनों राख, फूल, पत्तियां, खाद्य पदार्थ एवं अपशिष्ट पदार्थ गंगा में धकेल दिया जाता है जिससे जल का परिस्थितिकीय तंत्र प्रभावित होता है। गंगा तल के कंकरीटीकरण हो जाने के कारण इस स्थल पर प्रवाह तीव्र है।

2.1.4 हर की पौड़ी के उपरांत (Downstream Har ki Pauri) :

यह स्थल हर की पौड़ी स्थल के 1.5 किमी. आगे की दूरी पर ऊपरी गंगा नहर पर स्थित है। इस स्थल के समीप प्रसिद्ध मकरवाहिनी मंदिर है। फूल, पत्तियां, मौसमी नालें एवं खाद्य एवं अपशिष्ट पदार्थ आदि इस स्थल पर मुख्यत: प्रदूषण के कारक है। यह स्थल पर घाट प्राय: स्नान एवं कपड़े आदि धोने के लिये प्रयोग में लाये जाते है।

2.2 आंकड़ा संकलन :

जल गुण मापन के लिये जल के दो-दो नमूने प्रत्येक माह के पहले एवं तीसरे हफ्ते में सुबह 7 बजे से 10 बजे के मध्य लिये गये। अत: जनवरी 2001 से दिसम्बर 2002 तक दो वर्षो की अवधि में लिये गये प्रत्येक जल के गुण (Parameter) के लिए कुल 96 नमूने लिये गये। जिनके आधार पर इनके वार्षिक औसतमान निकाले गये।

3. विधि (Methodology) :

गंगा नदी की प्राथमिक उत्पादकता ज्ञात करने के लिये विंकलर (Winkler's) की श्वेत श्याम बोतल (Dark & White Bottle) विधि द्वारा ऑक्सीजन की सान्द्रता ज्ञात की गई है।

3.1 सिद्धान्त (Principle) :

पौधों द्वारा कार्बनिक अभिक्रिया में प्रयुक्त कार्बन-डाइ-ऑक्साइड़ गैस की मात्रा विसर्जित ऑक्सीजन की मात्रा के बराबर होती है अर्थात प्रयुक्त कार्बन-डाइ-ऑक्साइड़ गैस की मात्रा को उन्मुक्त ऑक्सीजन की मात्रा ज्ञात करके पता लगाया जा सकता है।

$$6Co_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

3.2 क्रियाविधि (Procedure) :

नमूनों को काली एवं सफेद बोतलों में एक साथ एक ही स्थान से लिया गया। जल में प्रारम्भिक ऑक्सीजन की मात्रा एक ओर बोतल (आरंभिक) द्वारा ज्ञात की गई। निर्धारित समयावधि तक बोतलों को रखकर उनकी ऑक्सीजन की मात्रा ज्ञात की जाती है।

3.3 गणना (Calculation) :

शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता (Net Primary Productivity)

$$O_2 \text{ मिग्रा. ली/घं} = \frac{\text{ऑक्सीजन (सफेद)} - \text{ऑक्सीजन (प्रारम्भिक)}}{\text{समय (घंटे में)}}$$

सकल प्राथमिक उत्पादकता (Gross Primary Productivity)

$$O_2 \text{ मिग्रा. ली/घं} = \frac{\text{ऑक्सीजन (सफेद)} - \text{ऑक्सीजन (काली)}}{\text{समय (घंटे में)}}$$

जहां

ऑक्सीजन (आरम्भिक) - आरम्भिक बोतल में घुलित ऑक्सीजन की सान्द्रता (मि.ग्रा./ली.)

ऑक्सीजन (सफेद) - सफेद बोतल में घुलित ऑक्सीजन की सान्द्रता (मि.ग्रा./ली.)

ऑक्सीजन (काली) - काली बोतल में घुलित ऑक्सीजन की सान्द्रता (मि.ग्रा./ली.)

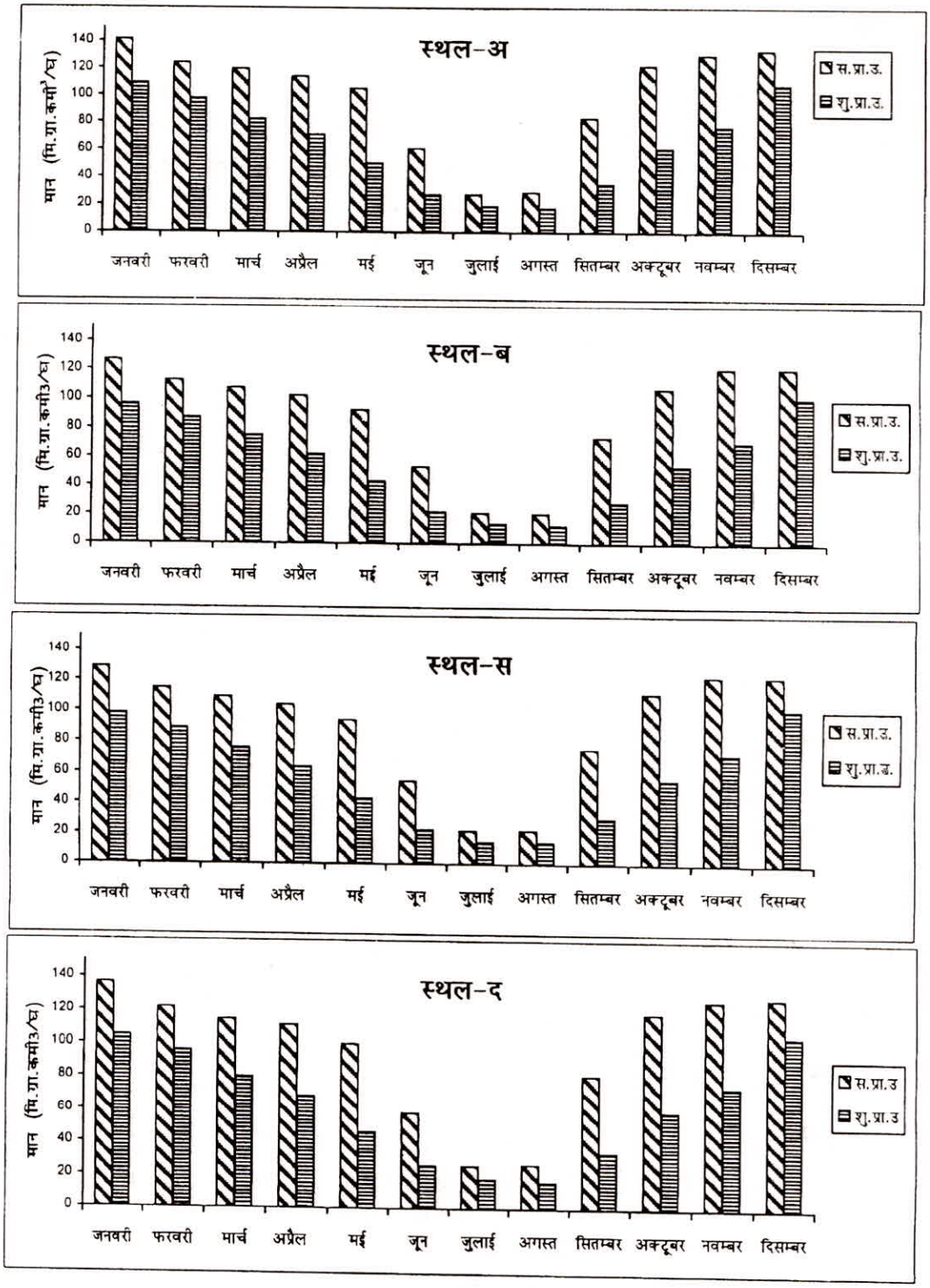
समय - समय की अवधि (घंटे में)

उपरोक्त मानों को कार्बन मानों में निम्न प्रकार व्यक्त कर सकते हैं :

सकल प्राथमिक उत्पादकता, शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता (ग्राम क/मी^{3}/घ) = सकल प्राथमिक उत्पादकता, शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता (मि.ग्रा. O_2/मी^{3}/घ x 0.375)

4. परिणाम (Result) :

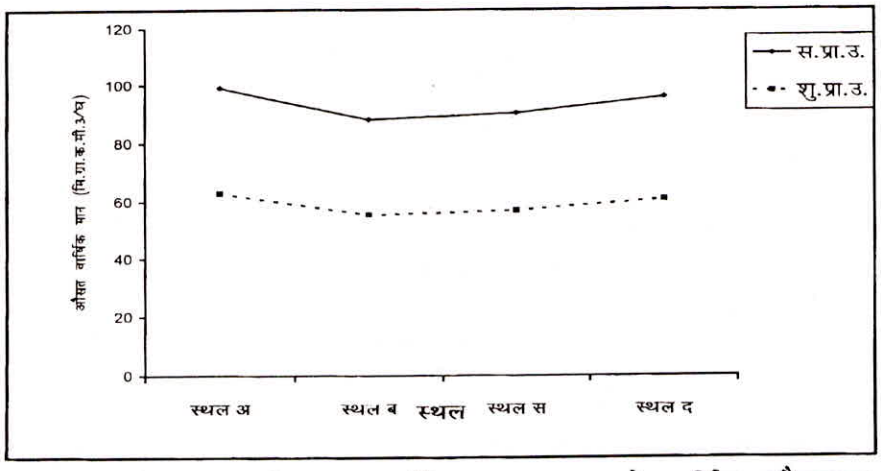
प्रत्येक पैरामीटर के 96 नमूनों के आधार पर सकल प्राथमिक उत्पादकता एवं शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता के प्रत्येक माह के 8 नमूनों का औसतमान (Mean) प्रमाण विचलन (Standard Deviation) सहित तालिका-1 में दिया गये हैं। सकल एवं शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता के मासिक औसत मान दिसम्बर - जनवरी में अधिकतम तथा जुलाई- अगस्त में निम्नतम प्राप्त हुए। जैसा कि चित्र 2 में दर्शाया गया है। वार्षिक औसत मान के मान दर्शाते हैं कि स्थल ब, स्थल स पर गंगा नदी की सकल प्राथमिक उत्पादकता एवं शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता स्थल अ व स्थल द से कम है। (चित्र 3)।



चित्र 2 : सकल एवं शुद्ध प्रार्थमिक उत्पादकता के मासिक औसतमान (स्थलवार)

तालिका 1 : सकल प्राथमिक उत्पादकता एवं शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता एवं प्रमाप विचलन

महीना	सकल प्राथमिक उत्पादकता				शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता			
	स्थल अ	स्थल ब	स्थल स	स्थल द	स्थल अ	स्थल ब	स्थल स	स्थल द
जनवरी	141.3±6.86 (135-155)	126.85±6.34 (120-138)	128.9±6.18 (122-142)	136.7±6.6 (130-150)	109±6.82 (98-119)	96.45±6.93 (89-115)	98.35±6.17 (86-118)	105.1±6.42 (94-119)
फरवरी	124.25±4.85 (118-132)	112.45±4.02 (108-120)	114.9±4.5 (108-122)	122±4.86 (115-133)	97.65±5.98 (90-107)	87.2±5.21 (81-97)	89.15±4.86 (83-106)	95.95±5.05 (85-106)
मार्च	119.5±5.46 (112-128)	107.35±5.95 (98-119)	109.25±6.33 (97-119)	114.8±6.38 (108-127)	82.35±5.07 (78-90)	75.1±6.18 (67-86)	76.3±5.86 (67-88)	80±5.15 (73-89)
अप्रैल	114±5.98 (106-124)	102.05±7.75 (92-112)	104.3±6.11 (93-112)	111.15±4.94 (105-120)	70.9±5.57 (64-81)	61.9±5.89 (55-72)	63.95±5.1 (57-74)	68.4±5.47 (57-79)
मई	105.2±7.52 (96-118)	92.35±7.73 (86-102)	94.5±6.29 (87-106)	100±6.58 (92-112)	50.4±3.73 (45-56)	43±5.06 (36-51)	43.1±4.81 (38-53)	46.3±3.75 (40-55)
जुन	60.85±8.38 (48-78)	53.15±8.33 (39-68)	55±8.65 (40-70)	58.35±8.98 (45-72)	27.4±4.67 (19-35)	21.8±4.54 (16-30)	22.95±4.25 (16-29)	26.05±3.64 (20-33)
जुलाई	27.4±4.09 (20-35)	20.9±3.87 (14-27)	22.2±4.79 (15-29)	25.9±4.38 (16-32)	19.35±5.56 (12-29)	13.6±3.06 (10-19)	14.8±2.66 (11-21)	18.2±2.84 (14-25)
अगस्त	29.2±4.16 (22-35)	20.45±4.03 (12-24)	22.6±2.55 (18-26)	27±3.57 (20-31)	17.6±3.29 (14-24)	12.3±3.66 (11-21)	14.55±3.01 (12-21)	16.2±2.71 (13-23)
सितम्बर	83.15±5.72 (75-92)	73.35±5.15 (64-83)	75.85±5.12 (68-83)	81.35±5.64 (71-88)	34.95±4.83 (28-43)	28.25±5.53 (19-37)	30.4±4.95 (22-39)	33.95±5.21 (27-45)
अक्तुबर	121.95±6.9 (111-132)	107.2±7.27 (93-119)	111.95±5.22 (106-121)	118.8±7.84 (104-128)	61.15±6.63 (52-72)	53.75±6.44 (44-63)	55.85±5.61 (48-64)	59.3±6.46 (47-69)
नवम्बर	129.9±7.08 (120-141)	120.85±6.13 (110-133)	123.1±6.16 (109-136)	126.8±6.64 (117-140)	76.65±6.75 (64-84)	70.3±6.96 (58-81)	72.3±6.73 (61-83)	74.75±6.75 (67-86)
दिसम्बर	133.4±6.95 (125-145)	121.1±6.7 (115-135)	122.9±5.82 (117-135)	128.25±5.11 (120-136)	108.15±7.6 (96-121)	100.65±7.53 (92-113)	101.6±7.18 (91-115)	104.9±6.84 (96-117)
वार्षिक औसत	99.18	88.17	90.45	95.93	62.96	55.36	56.94	60.76



चित्र 3 : सकल एवं शुद्ध प्रार्थमिक उत्पादकता के वार्षिक औसतमान

5. निष्कर्ष (Conclusion) :

प्राथमिक उत्पादकता प्रकाश संश्लेषण की जैव रासायनिक अभिक्रिया पर आधारित होती है जिसके अन्तर्गत सूर्य की विकिरण ऊर्जा (Radiant Energy) जैव ऊर्जा में परिवर्तित होती है। सकल प्राथमिक उत्पादकता एवं शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता के उच्चतम मान ऑक्सीजन की अधिक सान्द्रता, जल की अधिक पारदर्शिता (Transparency) एवं कुल घुलित ठोस तत्वों (TDS) की कम मात्रा

के कारण शीत काल में प्राप्त हुए। जबकि लघुतम मान ऑक्सीजन की कम सान्द्रता, क्षीण पारदर्शिता एवं तेज धारा वेग से प्रभावित हो मानसून काल में प्राप्त हुये। स्थल ब व स के मान स्थल स व द से निम्न, मानव जनित कारणों से दिखे। स्थल अ एवं द पर जैव उत्पादकता कम मानवीय प्रभाव, प्रदूषकों की कमी, पलवकों के खाद्य पदार्थो की उपलब्धता पारदर्शिता एवं प्रकाश की उत्तम उपलब्धता से बढ़ी पाई गयी। जबकि स्थल ब व स पर मानवीय प्रभावों से जनित प्रदूषकों से जल की उत्पादक क्षमता गिर गयी। यह परिणाम कासिम एवं अन्य (1969), कुंशिग एवं वाल्फ (1984), जोशी एवं अन्य (1993), खन्ना (1993) एवं चुंग (2000) के परिणामों से मेल खाते हैं।

6. सन्दर्भ :

(1) ए.पी.एच.ए. (1980) स्टैण्ड़र्ड मैथड़ फार द एक्सामिनेशन आफ वाटर एण्ड वेस्ट वाटर अमेरिकन पब्लिक हेल्थ एसोसिएशन 1015, फिफ्टीन स्ट्रीट, न्यूयार्क, वासिंगटन

(2) चुग, टी. (2000) सीसनल वेरिएशन इन द माइक्रोबाइल इकोलोजी आफ रिवर गंगा एट हरद्वार, पी.एच.डी. थीसस, गु.का. विश्वविद्यालय, पेज 1-169

(3) कुंशिग, जी.एफ. और वाल्फ ई.जी. (1984) प्राइमरी प्रोडक्शन इन रेटिला स्नेक स्प्रिग, ए कोल्ड डिजर्ट स्प्रिग स्ट्रिम, हाइड्रोबाइलोजिया 144 : 229-236

(4) जोशी, बी.डी., पाठक, जे.के. सिंह, वाई.एन., बिष्ट, आर.सी.एस., और जोशी, एन. (1993) फाइटोप्लेकनकटान प्रोडक्शन इन द स्नो फेड रिवर भगीरथी इन द गढ़वाल हिमालय, हिम. ज., जु., 7:60-63

(5) जोशी, बी.डी., पाठक, जे.के., सिंह, वाई.एन., बिस्ट, आर.सी.एस. और जोशी, एन. (1993) आन द फिजिको कैमिकल कैरक्टरस्टिकस आफ रिवर भगीरथी इन द अपलैण्ड आफ गढ़वाल हिमालय, हिम. ज. जु., 7:64-75

(6) जोशी, बी.डी., बिस्ट, आर.सी.एस. और सेमवाल, वी.पी., (1995) प्राइमरी प्रोडक्टिविटी इन वेस्टरन गंगा केनाल एट ज्वालापुर, हरिद्वार, इण्डिया, ज. इक्लो 22(2):123-126

(7) खन्ना, डी.आर. (1993) इकोलोजी एण्ड पोल्युशन आफ गंगा रिवर। आशीष पब्लिशिंग हाऊस, दिल्ली : 1-241

(8) कासिम, एस.जेड., भटनागर, पी.एम.ए. और आबिदी, एस.ए.एच. (1969) प्रोक. नें एकड., र.सा., 69:51

(9) त्रिवेदी, आर.के. और गोयल, पी.के. (1984) केमिकल एण्ड बायोलोजिकल मैथडस फार वाटर पोल्युशन स्टड़ीज, कारड, एण्वायन्मेण्डल पब्लिकेशनस, 1-251

(10) वोलेनवैडर, आर.ए. (1971) : इन मैन्युल आन मैथड़स फार मेज़रिंग प्राइमरी प्रोडक्टिविटी इन एक्वाटिक एण्वारनमेण्टल, आई.वी.पी. हेण्डबुक, 12, ऑक्सफार्ड, ब्लैकबिल स्टूटिलिक