तकनीकी बुलेटिन–87

कार्बन का महत्व, पर्यावरणीय घटनाओं से इसका संबंध एवं वनों में कार्बन संचयन का आंकलन

गिरिधर राव

डॉ. सचिन दीक्षित

डॉ. अवधेश शर्मा

अमित पाण्डेय

वन वनस्पति एवं वन पारिस्थितकीय प्रभाग
राज्य वन अनुसंधान संस्थान, जबलपुर (म.प्र.)
2019

कार्बन का महत्व, पर्यावरणीय घटनाओं से इसका संबंध एवं वनों में कार्बन संचयन का आंकलन

गिरिधर राव
प्रधान मुख्य वन संरक्षक एवं संचालक
राज्य वन अनुसंधान संस्थान, जबलपुर (म.प्र.)

डॉ. सचिन दीक्षित
वरिष्ठ अनुसंधान अधिकारी

डॉ अवधेश शर्मा
वरिष्ठ अनुसंधान अधिकारी

अमित पाण्डेय
वरिष्ठ अनुसंधान अधिकारी

वन वनस्पति एवं वन पारिस्थितकीय प्रभाग
राज्य वन अनुसंधान संस्थान, पोलीपाथर
जबलपुर (म.प्र.)
2019

अनुक्रमणिका

क्रमांक	विषय	पृष्ठ संख्या
(I)	कार्बन तथा पर्यावरणीय घटनाओं में इसका महत्व	1
1	कार्बन एवं उसका महत्व	1
2	कार्बन, कार्बन भंडार एवं कार्बन चक्र	3
	● भू–पर्पड़ी (Earth crust)	3
	● समुद्री भंडार क्षेत्र (Ocean pool)	3
	● वायुमंडलीय क्षेत्र (Atmospheric pool)	4
	● पार्थिव इकोसिस्टम (Terrestial ecosystem)	4
	● पार्थिव–वायुमंडलीय कार्बन विनिमय (Terrestial- atmosphere exchange)	6
	● महासागरीय वायुमंडलीय कार्बन विनिमय (Ocean- atmosphere exchange)	6
3	जलवायु परिवर्तन एवं इसके प्रभाव	6
	● ग्रीन हाउस प्रभाव (Green house effect)	6
	● वैश्विक तापन (Global warming)	9
(II)	कार्बन संचयन एवं आंकलन	11
1	कार्बन संचयन अध्ययन विधि	12
	● कार्बन अध्ययन हेतु प्लाट संख्या का निर्धारण	12
	● कार्बन खण्डक का सीमांकन एवं मापन	14

- कार्बन संचयन भूखण्ड में सीमांकन कार्य 14
- चयनित भूखण्ड में वृक्षों की गणना का कार्य 14
- वृक्षों के मापन हेतु कार्य विधि 17

2 कार्बन संचयन विश्लेषण 19

- धरातल के ऊपर खड़े वृक्षों में कार्बन का आंकलन 20
- धरातलीय वनस्पति में कार्बन का आंकलन 21
- धरातल के ऊपर जैवीय कार्बन का आंकलन 22
- धरातल के नीचे कुल जैवीय कार्बन का आंकलन 22
- आस्तरण (लिटर) उत्पादन में कार्बन का आंकलन 23
- गिरे/टूटे वृक्षों में कार्बन का आंकलन 23
- मृदा कार्बनिक कार्बन का आंकलन 24
- वनों में कार्बनिक पूल का आंकलन 25

3 प्रपत्र 1 से 10 तक 26–38

कार्बन तथा पर्यावरणीय घटनाओं में इसका महत्व

कार्बन एवं उसका महत्व

कार्बन जीवन के लिए एक अनिवार्य तत्व है, जिसके बिना जीवन चक्र संभव नहीं हैं। पृथ्वी पर मौजूद सभी जीवन में कार्बन एक आवश्यक एवं अनिवार्य अवयव है क्योंकि सभी जीवित प्रजातियों में कार्बन किसी न किसी रुप में मौजूद है। कार्बन तत्व पृथ्वी में प्रचुर मात्रा में मौजूद है। यह तत्व अपने विभिन्न रुपों में मिलता है जैसे कोयला, हीरा, ग्रेफाईट आदि।

इस तत्व के विभिन्न रुपों में मिलने का मुख्य कारण इसके परमाणु का अन्य तत्वों के परमाणुओं से भिन्न–भिन्न तरीकों से बंधन (bond) बनाना है। इसके अतिरिक्त कार्बन की केंटेनेशन प्रवृति एवं समावयवता (Isomerism) के कारण भी विभिन्न तत्वों से बंधन बनाता है। जीवित प्रजातियों में मुख्य रुप से कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates), लिपिड्स (Lipids), वसा (fats) एवं अन्य अवयव पाये जाते हैं। इन सभी अवयवों में कार्बन मुख्य रुप से उपस्थित रहता है। कार्बन अपनी उपस्थिति में अन्य तत्वों मुख्यतः हाइड्रोजन, नाइट्रोजन एवं ऑक्सीजन से बंधन (bond) बनाकर उपरोक्त अवयवों का निर्माण करता है। इन अवयवों के निर्माण होने पर ही जीवन संभव है।

कार्बन प्रचुर मात्रा में कार्बनिक एवं अकार्बनिक दोनों रुपों में पृथ्वी तथा उसके वायुमंडल पर मौजूद है। कार्बनिक रुप में कार्बन प्रत्येक जीव (life) में Carbohydrates, Fats आदि के रूप में मौजूद है, जबकि अकार्बनिक रुप में कार्बन मुख्यतः कार्बन डाईऑक्साईड (CO_2), कार्बन मोनोऑक्साईड (CO) एवं मीथेन (CH_4) गैसों के रुप में उपस्थित है। कार्बन की कार्बनिक रुप में उपस्थिति जीवन हेतु वरदान है। इसी प्रकार कार्बन की उपस्थिति अकार्बनिक रुप में भी महत्वपूर्ण है। इस रुप का सबसे सरल उदाहरण कार्बन डायआक्साइड है, जिसका उपयोग सूर्य की उपस्थिति में पौधे अपना भोजन बनाने में करते हैं। तकनीकी रुप से भोजन बनाने से अभिप्राय अकार्बनिक रुप का कार्बनिक रुप में परिवर्तित होना होता है। इसी तरह सूक्ष्म जीवाणुओं के श्वसन

(Respiration) या जीवों के सड़ने या अपक्षय (Decomposition/ Decaying) की घटना के दौरान कार्बनिक रुप अकार्बनिक रुप में परिवर्तित होता है। इस तरह कार्बन का विभिन्न रुपों में परिवर्तन निरंतर चलता रहता है, जो कि जीवन रुप (Life form) के लिये आवश्यक है।

दूसरे शब्दों में कह सकते हैं, कि प्रत्येक जीवित कोशिका (Cell) में कार्बन होता है। सामान्यतः प्रत्येक कोशिका (cell) में आयतनिक रुप में 99% पानी होता है एवं शेष 1% में कार्बन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, फासफोरस एवं गंधक मुख्य घटक होते हैं। अन्य घटको में 20 अन्य प्रकार के तत्व भी बहुत ही कम मात्रा में उपस्थित होते है। इस प्रकार कोशिका (Cell) में मुख्य रुप से 6 तत्व होते है, जिनमें कार्बन एक महत्वपूर्ण तत्व होता है क्योंकि प्रत्येक कोशिका में सूखे भार के अनुसार लगभग 50% कार्बन की मौजूदगी होती है एवं शेष में हाइड्रोजन, नाइट्रोजन एवं ऑक्सीजन मुख्य घटक होते हैं।

कोशिका में कार्बन एंव हाइड्रोजन सह संयोजक बंधन (Covalent bond) द्वारा हाइड्रोजन बंधन बनाते है, जिसमें से हाइड्रोजन को विभिन्न प्रकार्यात्मक समूहों (Functional groups) जैसे कि कार्बोक्सिल (COO), अमोनियम (NH_3) आदि द्वारा प्रतिस्थापित (Replace) किया जाता है। परिणाम स्वरुप विभिन्न प्रकार के कार्बनिक उत्पाद जैसे कार्बोहाईड्रेट, लिपिड्स एवं वसा आदि का निर्माण होता है। यही प्रक्रिया जीवित प्रजातियों की सभी कोशिकाओं (Cells) में होने के परिणामस्वरुप उनमें कार्बोहाईड्रेट, वसा आदि अंतिम उत्पाद के रुप में उपलब्ध होते है। इस प्रकार कार्बन जीवित प्रजाति के स्वरुप को बनाये रखने में सबसे महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

इसी प्रकार कार्बन की भूमिका वातावरण को स्थिर रखने में भी बहुत ही महत्वपूर्ण है क्योंकि वायुमंडल में उपस्थित कार्बन डाई ऑक्साइड, सूर्य से निकली हुई किरणों, जो पृथ्वी की सतह से टकराकर वायुमंडल में पहुँच रही होती है, को पुनः पृथ्वी की ओर वापस करती है या दूसरे शब्दों में कार्बन की उपस्थिति परावर्तित हो रहे विकिरण को वायुमंडल में रोककर रखती है। इस विकिरण से वायुमंडल में ऊष्मा (heat) बनी रहती है, जिसके कारण पृथ्वी पर विभिन्न प्रजातियों का जीवन संभव है।

कार्बन, कार्बन भण्डार (Carbon Pool) एवं कार्बन चक्र (Carbon Cycle)

जीवन चक्र में कार्बन की भूमिका का विवरण पूर्व में किया जा चुका है। पृथ्वी पर कार्बन की मात्रा अन्य तत्वों की अपेक्षा प्रचुर है। पृथ्वी की संरचना में मुख्य तीन घटक क्रमशः शिलामण्डल (Lithosphere), जल मण्डल (Hydrosphere) एवं वायुमण्डल (Atmosphere) होते हैं। कार्बन इन तीनों संरचनाओं में विभिन्न रूपों में उपस्थित रहता है। वायुमण्डलीय (Atmospheric) संरचना के अध्ययन में पाया गया कि संरचना (Composition) के आधार पर वायुमण्डल में 78 प्रतिशत नाइट्रोजन (N_2), 21% आक्सीजन (O_2), 0.03% कार्बन (C) एवं शेष में मीथेन आदि घटक (Component) पाये जाते हैं। इस संरचना में कार्बन की उपस्थिति काफी कम होते हुए भी इसका पृथ्वी पर जीवन चक्र में काफी महत्व होता है। पृथ्वी में कार्बन की उपस्थिति को मुख्य रूप से 4 भंडारण क्षेत्रों (Carbon Pools) में बांटा गया है:–

1. भू–पर्पडी (Earth crust): इस क्षेत्र में पृथ्वी पर पाये जाने वाली कुल कार्बन का सबसे अधिक हिस्सा होता है, जो कि अवसादी चट्टानों (Sedimentary rocks) के रूप में उपस्थित होता है, जिसकी मात्रा लगभग 109 Pg (1018 मीट्रिक टन) होती है। यह कार्बन, अकार्बनिक रूप में होता है।इस क्षेत्र में अकार्बनिक कार्बन के अतिरिक्त भी कार्बन, कार्बनिक स्वरूप में हाईड्राकार्बन (Fossil fuel) के रूप में उपस्थित है, जिसकी मात्रा लगभग 4000 Pg (4X10 मीट्रिक टन) होती है। इस प्रकार इस भंडारण क्षेत्र में कार्बन दोनों रूपों अर्थात कार्बनिक एवं अकार्बनिक रूप में उपस्थित रहता है।

2. समुद्री भंडार क्षेत्र (Ocean pool): इस भंडारण क्षेत्र में लगभग 38000 Pg (38X10 मीट्रिक टन) कार्बन होता है, जो कि अकार्बनिक अवस्था में पाया जाता है, एवं कभी–कभी वातावरण में परिवर्तन के फलस्वरूप कमजोर कार्बोनिक अम्ल (H_2CO_3) बनाकर कार्बनिक रूप में परिवर्तित हो जाता है। इसके अतिरिक्त लगभग 1000 Pg (10 मीट्रिक टन) कार्बन सतही पानी पर उपस्थित रहता है, जो कि लगातार तेजी से विनिमय (Exchange) होता रहता है। समुद्र सतह पर उपस्थित यह कार्बन भी पानी से रासायनिक क्रिया पश्चात कार्बनिक रूप में आ जाता है एवं समुद्री जीवों की संरचना एवं जीवन चक्र में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

3. **वायुमण्डलीय क्षेत्र (Atmospheric pool)** : इस भंडारण क्षेत्र में कार्बन की मात्रा सबसे कम होती है, जो कि लगभग 750 Pg ($75X10^{15}$ मीट्रिक टन) है। यह कार्बन मुख्य रूप से अकार्बनिक अवस्था में कार्बन डायआक्साइड (CO_2) के रूप में उपस्थित रहता है। इस क्षेत्र में कार्बन डायआक्साइड के अलावा अन्य रूपों जैसे मीथेन आदि के रूप में भी उपस्थित होता है, परन्तु इसकी मात्रा नगण्य होती है। इस क्षेत्र में पायी जाने वाली कार्बन की मात्रा अन्य क्षेत्रों में पाये जाने वाली मात्रा से कम होती है, परन्तु इसका महत्व अत्यधिक होता है, क्योंकि इस क्षेत्र में उपस्थित कार्बन की मात्रा ही ग्रीन हाऊस प्रभाव, जलवायु परिवर्तन जैसे वैश्विक तापन, समुद्र का जल स्तर बढ़ना आदि घटनाओं का कारण मानी जाती है। यह माना जाता है, कि लगभग 560 Pg ($56X10^{15}$ मीट्रिक टन) कार्बन इस भंडारण क्षेत्र में दूसरे भंडारण क्षेत्रों से अतिरिक्त मात्रा में उपस्थित हो जाती है एवं पुनः उन्ही क्षेत्रों में वापिस चली जाती है। परन्तु वर्तमान बदलती हुई परिस्थिति में कार्बन इस क्षेत्र में जिस तेजी से बढ़ रही है, उसी अनुपात में वापिस नही हो पा रही है। बढी हुई कार्बन की इस मात्रा को ही वैज्ञानिकों द्वारा जलवायु परिवर्तन आदि के लिये मुख्य कारक माना जा रहा है।

4. **पार्थिव इकोसिस्टम (Terrestrial ecosystem)**: कार्बन मात्रा की दृष्टि से यह क्षेत्र तृतीय स्थान पर माना जाता है। इस क्षेत्र में उपस्थित कार्बन का महत्व अन्य क्षेत्रों में उपस्थित कार्बन से सबसे अधिक है क्योंकि यह क्षेत्र अपनी जैविक (Biological) गतिविधियों के द्वारा वायुमंडलीय कार्बन को पुनः भंडारित कर वायुमंडल में उपस्थित कार्बन की मात्रा को नियंत्रित करने में सक्षम होता है। इस क्षेत्र में कार्बन पौधो, जीवों, मिट्टी एवं सूक्ष्म जीवों जैसे बैक्टीरिया, कवक आदि के रूप में उपस्थित रहता है, जोकि कार्बन का कार्बनिक रूप होता है। अर्थात इस क्षेत्र में कार्बन मुख्यतः कार्बनिक रूप में ही उपस्थित रहता है। इस क्षेत्र में उपस्थित कार्बन के सभी रूपों में से पौधों एवं मिट्टी के रूपों में कार्बन सबसे ज्यादा पाया जाता है। पौधों में लगभग 560 Pg ($56X10^{15}$ मीट्रिक टन) एवं मिट्टी (1 मी. गहराई तक) में लगभग 1500 Pg ($15X10^{15}$ मीट्रिक टन) कार्बन उपस्थित रहता है।

इस प्रकार पृथ्वी में उपस्थित सम्पूर्ण कार्बन उपरोक्त वर्णित चारों भंडारण क्षेत्रों में उपस्थित रहता है। यह सही है, कि पृथ्वी पर किसी भी एक तत्व का दूसरे तत्व में परिवर्तित होना संभव नहीं है, परन्तु किसी एक तत्व के एक रूप का उसी तत्व के अन्य रूप में परिवर्तन संभव है। उपरोक्त सभी वर्णित क्षेत्रों में कार्बन के यौगिकों का अपना रूप बदलकर एक क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र में जाना एवं पुनः अपने क्षेत्र में लौटना कार्बन चक्र कहलाता है। दूसरे शब्दों में कार्बन के एक भंडारण क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र में जाना एवं पुनः वापिस उसी क्षेत्र में आने की घटना को कार्बन चक्र कहते है। इस प्रकार के चक्र में कार्बन का एक रूप बदलकर दूसरे क्षेत्र में जाता है एवं अन्य रूप में पुनः अपने क्षेत्र में लौट आता है। उदाहरण के लिये, पौधे प्रकाश की उपस्थिति में वायुमंडलीय कार्बन डायऑक्साइड की मदद से अपना भोजन बनाते हैं एवं अपने जैवीय भार को बनाते है या कैल्विन चक्र द्वारा वायुमंडलीय कार्बन को कार्बनिक रूप में स्थिर करते हैं। इस जैवीय भार का कुछ हिस्सा जानवरों द्वारा खाया जाता है, एवं कुछ हिस्सा जीवों द्वारा श्वसन (Respiration) क्रिया के माध्यम से वापिस वायुमंडल में पहुँच जाता है। इस तरह कार्बन चक्र पूर्ण होता है। यह कार्बन चक्र अत्यन्त जटिल प्रक्रिया है, जिसमें कार्बन की मात्रा का वितरण विभिन्न क्षेत्रों में सतत् रूप से होता रहता है। प्रति समय कार्बन की मात्रा का एक भंडारण क्षेत्र से दूसरे भंडारण क्षेत्र में प्रवेश को कार्बन फलक्स (Carbon Flux) कहते है। इसका मापन एक भंडारण क्षेत्र से दूसरे भंडारण क्षेत्र में कार्बन की मात्रा एवं लगे समय के द्वारा किया जाता है। दूसरे क्षेत्र में प्रवेश हुई मात्रा को लगे समय से भाग देने पर प्रति समय स्थानान्तरित मात्रा का पता चलता है। इसे ही Carbon flux कहते है। इस तरह कार्बन चक्र में कार्बन का एक भण्डारण क्षेत्र (Pool) से दूसरे भण्डारण क्षेत्र (Pool) में आवागमन होता रहता है। यह आवागमन मुख्य रूप से पार्थिव भण्डार (Terristial pool) से वायुमण्डलीय भण्डार (Atmospheric pool) एवं महासागरीय भण्डार (Ocean pool) से वायुमण्डलीय भण्डार में लगातार होता रहता है।

पार्थिव–वायुमण्डलीय कार्बन विनिमय (Terrestial- Atmospheric Exchange) :

प्रकाश संश्लेषण से 120 Pg ($12X10^{15}$ मीट्रिक टन) कार्बन प्रतिवर्ष वायुमण्डलीय भण्डार

(Atmospheric Pool) से पार्थिव भण्डार (Terrestial Pool) में प्रवेश करती है। किसी एक समय पर पार्थिव भण्डार में पौधों में उपस्थित कार्बन की मात्रा लगभग 610 Pg ($61X10^{11}$ मीट्रिक टन) होती है। इसी तरह पार्थिव भण्डार से श्वसन क्रिया द्वारा लगभग 60 Pg ($6X10^{11}$ मीट्रिक टन) कार्बन प्रतिवर्ष वायुमण्डलीय भण्डार में प्रवेश करती है। अर्थात प्रकाश संश्लेषण में आयी हुई मात्रा का लगातार आधा भाग पुनः वायुमण्डलीय भण्डार में वापिस चला जाता है। इसी तरह मृदा श्वसन (Soil respiration) एवं जीव पदार्थों के सड़ने–गलने से भी लगभग 60 Pg ($6X10^{11}$ मीट्रिक टन) कार्बन प्रतिवर्ष वायुमण्डलीय भण्डार में प्रवेश करती है।

महासागरीय वायुमण्डलीय कार्बन विनिमय (Ocean Atmosphere exchange): कार्बन डायऑक्साईड (CO_2) के रूप में अकार्बनिक कार्बन का वायुमण्डलीय क्षेत्र से समुद्री भंडार क्षेत्र में विसरण (Diffusion) विधि के द्वारा लगातार विनिमय (Exchange) होता रहता है। पानी कार्बन डायऑक्साईड से रासायनिक विधि (कार्बोनेट रियेक्शन) द्वारा क्रिया करके कार्बोनिक अम्ल (H_2CO_3) बनाता है, जिसके द्वारा वायुमण्डलीय भण्डार की कार्बन समुद्री सतह द्वारा ग्रहण एवं भंडारित की जाती है।

जलवायु परिवर्तन एवं इसके प्रभाव

जलवायु परिवर्तन शब्द जलवायु एवं परिवर्तन शब्दों से मिलकर बना है। जलवायु से अभिप्राय "क्षेत्र विशेष में लम्बे समय (लगभग 40 वर्ष या अधिक) से निर्मित औसत मौसम (Average weather) स्थिति" से है। इसका तात्पर्य यह है कि किसी विशेष क्षेत्र में लंबे समय अंतराल में मौसम की औसत सीमा का निर्धारण हो जाता है एवं इस प्रकार निर्धारित औसत सीमा को ही उस क्षेत्र विशेष की जलवायु कहा जाता है। मौसम से अभिप्राय "क्षेत्र विशेष में अल्प समय पर निर्मित वातावरण स्थिति" से है जिसका तात्पर्य यह है कि क्षेत्र विशेष में अल्प समय पर वातावरणीय कारकों जैसे तापमान, वायु, आर्द्रता आदि का निर्मित होना है।

अतः हम यह कह सकते हैं कि जलवायु से अभिप्राय वातावरणीय कारकों (तापमान, वायु, आर्द्रता आदि) की लम्बे समय में निर्धारित सीमा से है। जलवायु परिवर्तन का

अभिप्राय "वातावरणीय कारकों की लम्बे समय में बनी सीमा में व्यवधान आने की स्थिति" से है अर्थात् किसी क्षेत्र विशेष में लम्बे समय में वातावरणीय कारकों की बनी सीमा में व्यवधान आने को जलवायु परिवर्तन कहते हैं। यह व्यवधान अल्प समय (कम से कम 10 वर्ष) में ही अनुभव किया जाने लगता है।

जलवायु परिवर्तन के कारकों को जानने के लिये जलवायु एवं इसके निर्मित होने की प्रक्रिया को समझना अत्यंत आवश्यक है। किसी भी स्थान में जलवायु निर्मित होने का कारण प्राकृतिक ही है, जो कि ग्रहो की स्थिति (Planetary position) के कारण होता है। जैसे पृथ्वी ग्रह पर जलवायु निर्माण में मुख्यतः पृथ्वी का अपनी धुरी पर घूर्णन (Rotation), पृथ्वी का अपनी धुरी पर झुका हुआ होना (Axis tilth) एवं पृथ्वी का सूर्य के चारों तरफ चक्कर लगाना (Revolution) का महत्वपूर्ण योगदान होता है। घूर्णन के कारण कई वातावरणीय कारकों (जैसे वायु, आर्द्रता आदि) की उत्पत्ति होती है। परिक्रमण के कारण विभिन्न ऋतुओं (जैसे ग्रीष्म, शीत एवं वर्षा) का आगमन होता है। इसके अतिरिक्त एक्सिस टिल्थ का सबसे ज्यादा महत्वपूर्ण योगदान वातावरण निर्माण में होता है क्योंकि पृथ्वी के अपनी धुरी पर झुकने के कारण ही विभिन्न स्थानों पर निर्मित वातावरणीय कारकों (तापमान, वायु, आर्द्रता आदि) में अंतर आता है। अर्थात प्रत्येक स्थान विशेष पर विशेष वातावरणीय कारक का मान निश्चित होता है एवं उसी समय पर दूसरे स्थान पर इसका मान भिन्न होता है। अतः उपरोक्त तीनों कारकों के कारण ही ग्रह विशेष की जलवायु निर्मित होती है।

इस प्रकार जलवायु का बनना एक प्राकृतिक घटना है एवं जलवायु परिवर्तन भी प्राकृतिक घटना होती है, परन्तु बदलती हुई परिस्थिति में जलवायु परिवर्तन के कारणों को निम्नानुसार तीन भागों में बांटा जा सकता है:–

1. ग्रहो की स्थिति (Planetary position)
2. भूगर्भीय संरचना (Geological formation)
3. मानवीय कारक (Human factor)

उपरोक्त वर्णित प्रथम दो कारण प्राकृतिक है जबकि तृतीय कारक मानव निर्मित है। ग्रह स्थिति (प्लेनेटरी पोजीशन) में बदलाव करोडों–अरबों सालों में होता है। इसी तरह

इसके अंतर्गत एक कारक एक्सिस टिल्त्थ है जिसके बदलाव में भी लाखों वर्ष लगते है। अतः इसमें बदलाव होने से जलवायु में भी परिवर्तन आता है। चूँकि जलवायु परिवर्तन होने में अत्यधिक समय लगता है, अतः इसके कारण हुआ जलवायु परिवर्तन अत्यंत धीमा और अनुकूलनीय (Adaptable) होता है। इसी तरह भूगर्भीय संरचना में ज्वालामुखी, भूकम्प, पहाड़ों का बनना, समुद्रो का स्थान परिवर्तन आदि कारक आते है जिनके कारण भी वातावरणीय कारकों में परिवर्तन होता है, परन्तु यह परिवर्तन भी अत्यत धीमा होता है एवं इसके घटित होने में भी करोड़ों वर्ष लगते है। अतः उपरोक्त दोनों प्राकृतिक कारणों से होने वाली जलवायु परिवर्तन अत्यंत धीमा होने के कारण अनुकूलनीय होता है।

तृतीय कारक मानवीय है, जिससे जलवायु परिवर्तन तीव्र गति से हो सकता है, क्योंकि पूर्व दो कारकों में कार्बन का एक पूल से दूसरे पूल में विनिमय धीमी गति से होते हुए स्थिर हो जाता है। मानवीय कारक में कार्बन का उत्सर्जन तीव्र गति से हो रहा है, जिसमें मुख्य योगदान औद्योगीकरण, जीवाष्म ईंधन का अत्यधिक उत्सर्जन, वन विनाशीकरण, जंगलो की आग, भू–उपयोग प्रकार (Land use pattern) में परिवर्तन आदि आते है। इन कारणों से भू–पर्पड़ी एव पार्थिव भण्डार की कार्बन का विदोहन तीव्र गति से होते हुए वायुमण्डलीय भण्डार में स्थानांतरण हो रहा है। इसके विपरीत वायुमण्डलीय भण्डार से इन भण्डारो में कार्बन धीमी गति से लौट रहा है, जिसके कारण वायुमण्डलीय भण्डार में कार्बन की मात्रा बढ रही है। यही बढ़ी हुई अतिरिक्त कार्बन की मात्रा अतिरिक्त ऊष्मा को अवशोषित करके धरती पर पुनः भेजती है, जिसके कारण वातावरणीय कारकों (जैसे तापमान, वर्षा आदि) पर विपरीत प्रभाव पड रहा है और वैश्विक तापन, समुद्र जल का स्तर बढना, वर्षा वितरण में भिन्नता आदि घटनाओं को पृथ्वी पर महसूस किया जा रहा है।

ग्रीन हाऊस प्रभाव (Green house effect)

ग्रीन हाऊस प्रभाव एक प्राकृतिक घटना है, जो पृथ्वी की सतह को गर्म बनाए रखने में मदद करती है और इसी कारण पृथ्वी पर जीवन संभव है। सूर्य से आने वाली प्रकाश किरणें पृथ्वी पर टकराकर वापिस जाती है, जिसमें से कुछ ऊर्जा पृथ्वी पर मौजूद पानी, मिट्टी, हवा आदि द्वारा अवशोषित कर ली जाती है। इसके अतिरिक्त पृथ्वी के वातावरण में

उपस्थित कुछ गैसों द्वारा लौट रही ऊष्मा को पुनः पृथ्वी की ओर वापिस कर दिया जाता है। इन गैसों को ग्रीन हाऊस गैस कहा जाता है एवं इस प्रकार वापिस हुई ऊर्जा से ऊष्मा (Heat) उत्पन्न होती है, जिससे पृथ्वी का वातावरण गर्म हो जाता है। इस प्रकार गर्म हुए वातावरण में जीवन संभव होता है एवं इसी को ही ग्रीन हाऊस प्रभाव कहते हैं।

इस प्रकार से वातावरण में उत्पन्न ऊष्मा (Heat) के कारण ही पृथ्वी या अन्य किसी ग्रह/उपग्रह पर जीवन संभव है, क्योंकि ग्रीन हाऊस गैसों की अनुपस्थिति में उसी ग्रह/उपग्रह का तापमान दिन में अत्यधिक बढ़ जायेगा एवं रात्रि में बहुत कम हो जायेगा या दूसरे शब्दों में कहें कि औसत तापमान अत्यधिक कम होने के कारण ऊष्मा (Heat) की उपस्थिति कम हो जायेगी, जिससे उस आकाशीय पिण्ड (Planet) पर जीवन संभव नहीं हो पायेगा। इस प्रकार पृथ्वी या अन्य किसी ग्रह/उपग्रह पर जीवन की संभावना हेतु ग्रीन हाऊस गैसों की अत्यधिक महत्वपूर्ण भूमिका है। इसे ग्रीन हाऊस प्रभाव इसलिए कहा जाता है क्योंकि जिस प्रकार ग्रीन हाऊस बनाकर एक निश्चित स्थान पर तापमान नियंत्रित करके वैज्ञानिकों द्वारा फसलों आदि पर अध्ययन किया जाता है, इसी तरह प्राकृतिक रुप से किसी ग्रह का तापमान कुछ गैसों द्वारा नियंत्रित किया जाता है। अतः इस कारण से इन गैसों को ग्रीन हाऊस गैस एंव इससे उत्पन्न ऊष्मा (Heat) प्रभाव को ग्रीन हाऊस प्रभाव कहते हैं।

वातावरण में मौजूद ग्रीन हाऊस गैसों में सबसे अनिवार्य जल वाष्प है। इसके अतिरिक्त गैसों में कार्बन डायऑक्साइड, कार्बन मोनोऑक्साइड, मीथेन एवं नाइट्रोजन के ऑक्साइडस आदि शामिल है। इस प्रकार से पानी के बाद कार्बन यौगिको का इस घटना में अत्यधिक महत्व है। यदि पृथ्वी पर ग्रीन हाऊस प्रभाव नहीं होता तो पृथ्वी का तापमान वर्तमान औसत तापमान से अत्यंत कम होता और पृथ्वी पर जीवन संभव ही नहीं होता।

वैश्विक तापन (Global warming)

पृथ्वी के बाहर विभिन्न प्रकार की गैसों का आवरण होता है जिसमें विभिन्न गैसीय घटको का अपना एक प्रतिशत होता है, यह गैसीय आवरण पृथ्वी पर सुरक्षा पर्त की तरह कार्य करता है, जिसके असंतुलित होते ही भीषण समस्यायें सामने आने लगती है। ग्लोबल

वार्मिंग भी इन समस्याओं में से एक है। वैश्विक तापन को सामान्य भाषा में भूमंडलीय तापमान में वृद्धि कहा जाता है। सामान्यत: ऑक्सीजन की मात्रा वातावरण में कार्बन से ज्यादा होती है, परन्तु बढ़ते हुए प्रदूषण के कारण कार्बन डाई ऑक्साइड की मात्रा में वृद्धि हो रही है। इस वृद्धि के कारण वातावरण में उपस्थित ग्रीन हाऊस गैसों की संरचना में असंतुलन हो रहा है। हम जानते है, कि ग्रीन हाऊस प्रभाव से पृथ्वी पर गर्माहट बनी रहती है, जिसका मुख्य कारण पृथ्वी पर मौजूद ग्रीन हाऊस गैसों की उपस्थिति है जो कि प्रकाश किरणों को अवशोषित करती है। इन गैसों में कार्बन तत्व से बने यौगिको की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होती है, क्योंकि वर्तमान समय में जीवाश्म ईंधन का बढ़ता उपयोग, कार्बन के अत्यधिक विदोहन, जंगली आग, भू–उपयोग परिवर्तन, औद्योगीकरण आदि कारणों से वातावरण में अत्यधिक कार्बन उत्सर्जित होती है, जो कि परार्तित विकिरण (प्रकाश किरणें) की अत्यधिक मात्रा वायुमंडल में रोक लेती है, जिसके कारण सामान्य से अधिक ऊष्मा (heat) वायुमंडल में रहती है एवं औसत तापमान में सामान्य से अधिक वृद्धि हो जाती है। वायुमंडल में इन कारणों से बढ़ रहे तापमान को ही वैश्विक तापन कहते हैं।

वैश्विक तापन के कारण प्राकृतिक एवं मानवीय दोनों हो सकते है। प्राकृतिक कारणों से यह परिवर्तन अत्यंत धीमा होता है। दूसरे शब्दों में इस परिवर्तन मे लाखों करोड़ो वर्ष लगते हैं परन्तु अप्राकृतिक कारणों में मानवीय कारक महत्वपूर्ण है, जिसके कारण यह परिवर्तन जल्द होने लगता है। मानवीय कारकों में प्रदूषण मुख्य कारण है, जिसके कारण मुख्यत: कार्बन डायऑक्साइड, कार्बन मोनोऑक्साइड, मीथेन आदि कार्बन युक्त तत्वों की वायुमंडल में वृद्धि होती है।

वायुमंडल में मौसम एंव जलवायु शब्द अलग–अलग है। मौसम में परिवर्तन आम घटना है एवं प्रत्येक वर्ष हम ठंडी, गर्मी एवं बरसात का अनुभव करते हैं, इससे मौसम में हुए परिवर्तन को हम आसानी से समझ लेते है परन्तु इसके विपरीत जलवायु परिवर्तन अत्यंत धीमा होता है एवं हम इस धीमी प्रक्रिया के साथ सामंजस्य भी आसानी से बैठा लेते है और परिवर्तन को समझ भी नहीं पाते हैं। परन्तु यदि यह परिवर्तन तेजी से होने लगे तो यह पृथ्वी एवं उपस्थित जीवों के लिए अत्यंत खतरनाक सिद्ध हो सकता है।

सूर्य से आने वाली प्रकाश किरणो का 31% भाग पृथ्वी की सतह से पुनः परावर्तित होकर अंतरिक्ष में चला जाता है और 20% भाग वातावरण के द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। सूर्य से प्राप्त उर्जा का बचा हुआ भाग पृथ्वी पर मौजूद पानी, मिट्टी, समुद्र और सतह पर मौजूद तत्वों द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है और फिर से ऊष्मा (Heat) में परिवर्तित किया जाता है, जो पृथ्वी की सतह, हवाओं तथा वातावरण को गर्म रखने में मदद करता है। पृथ्वी के वातावरण में मौजूद कुछ खास गैसें ग्रीन हाऊस आवरण की तरह कार्य करती है एवं ऊष्मा को बांधें रखती है, जिससे पृथ्वी का वातावरण गर्म बना रहता है। इसे ही ग्रीन हाऊस प्रभाव कहते है।

कार्बन संचयन एवं आंकलन

पूर्व में कार्बन एवं उसका महत्व, कार्बन का विभिन्न क्षेत्रों में वितरण (Carbon pool), कार्बन चक्र, जलवायु परिवर्तन एवं इसके प्रभाव, जलवायु परिवर्तन एवं कार्बन की भूमिका (ग्रीन हाऊस प्रभाव एवं वैश्विक तापन) को वर्णित किया जा चुका है। वर्तमान में जलवायु परिवर्तन को सभी के द्वारा अनुभव किया जा रहा है एवं इसके कारणों में कार्बन का महत्व भी समझा जा चुका है। कार्बन चक्र में वायुमण्डल एवं पार्थिव क्षेत्रों में कार्बन के विनिमय (Exchange) को समझा जा चुका है। इसके अंतर्गत पार्थिव क्षेत्र में उपस्थित कार्बन का महत्व भी समझा जा चुका है।

कार्बन संचयन (Sequestration) से अभिप्राय कार्बन के अवशोषण से है। यह अवशोषण पौधों के द्वारा प्रकाश संश्लेषण विधि से किया जाता है। इस विधि में पौधे प्रकाश की उपस्थिति में कार्बन डायआक्साईड एवं पानी की मदद से अपना भोजन बनाते है। कार्बन डायआक्साईड वायुमण्डल में अकार्बनिक रूप में उपस्थित रहती है, जिसे पौधे अपने भोजन बनाने में उपयोग करते है। पौधों में प्रकाश संश्लेषण विधि द्वारा कार्बन डायआक्साईड केल्विन चक्र के द्वारा कार्बनिक रूप में परिवर्तित हो जाती है। इस कार्बनिक रूप को ही पौधे भोजन के रूप में उपयोग में लेते है। इस तरह वायुमण्डलीय अकार्बनिक कार्बन पौधों में कार्बनिक रूप में आ जाती है। चूँकि पौधों को पार्थिव कार्बन क्षेत्र का घटक माना जाता है, अतः तकनीकी रूप से वायुमण्डलीय कार्बन का पार्थिव क्षेत्र

में आना ही, कार्बन संचयन कहलाता है।

पार्थिव क्षेत्र में पेड़–पौधो द्वारा कार्बन का उपयोग भोजन बनाने में किया जाता है। इस प्रकार उपयोग किये जाने के कारण वायुमंडलीय कार्बन पौधों में आ जाती है। वायुमंडलीय कार्बन का पौधों में आना ही कार्बन संचयन कहलाता है। चूँकि पौधे वन क्षेत्रों में सर्वाधिक पाये जाते है, इसलिए कार्बन संचयन में वन क्षेत्रों का महत्व बढ़ जाता है।

कार्बन संचयन अध्ययन जलवायु परिवर्तन के दुष्परिणामों को दूर करने में एक प्रमुख साधन (tool) के रूप में उपयोग किया जा सकता है। इसके लिये कार्बन संचयन का आंकलन आवश्यक है। यहाँ कार्बन संचयन (Sequestration) एवं कार्बन उत्सर्जन (Emission) के बीच के अंतर को जानना आवश्यक है। कार्बन उत्सर्जन (Emission) का मापन किया जा रहा है। इसी तरह संचयन का मापन भी आवश्यक है। मापन उपरांत ही जलवायु परिवर्तन जैसे संवेदनशील मुददो पर कोई ठोस योजना बनाई जा सकती है। अतः वनों द्वारा कार्बन संचयन का मापन एक आवश्यक कार्य है।

कार्बन संचयन अध्ययन विधि

कार्बन अध्ययन हेतु प्लाट संख्या का निर्धारण

प्राथमिक सर्वेक्षण हेतु विशेष वन प्रकार में याकृत (Random) विधि के द्वारा कार्बन संचयन अध्ययन हेतु नमूना भूखण्डों का लेआउट करते है, जो कि उस वन क्षेत्र का प्रतिनिधित्व करता है। राष्ट्रीय कार्य आयोजना कोड 2014 के अनुसार इस तरह डाले गये वर्गाकार प्लाट का क्षेत्रफल 0.1 हेक्टेयर होता है एवं इनकी संख्या 40 से 50 के मध्य होती है। इस प्रकार से प्राप्त आकड़ों को प्राथमिक आकडे कहते है। इन आकड़ों के आधार पर वन क्षेत्र पापुलेशन में कार्बन अध्ययन हेतु विभिन्न पैरामीटर्स का आंकलन करने हेतु नमूने का आकार, नमूनों की संख्या एवं प्रतिचयन प्रवलता (Sampling intensity) का निर्धारण करते है। कार्बन संचयन अध्ययन के लिये वन क्षेत्र विशेष में डाले गये प्रतिनिधि प्लाटों में वृक्षों की गोलाई एवं ऊँचाई का मापन आवश्यक है। अतः प्राथमिक सर्वेक्षण में इन पैरामीटर्स का मापन किया जाता है।

प्रतिनिधि प्लाटों के मापन से प्राप्त आकड़ों के आधार पर संबंधित पैरामीटर के माध्य (Mean), मानक विचलन (Standard deviation) एवं मानक त्रुटि (Standard Error) का आंकलन करते है। प्राप्त मानक त्रुटि की सहायता से अधिकतम अनुज्ञेय त्रुटि सीमा (Maximum permissible limit of error) का आंकलन किया जाता है। चूँकि माध्य अंतर की मानक त्रुटि (Standard error of difference between mean) का मान, मानक त्रुटि (Standard error) के दुगने से अधिक होने पर ही सार्थक (Significant) माना जाता है, अतः अधिकतम अनुज्ञेय त्रुटि सीमा (Maximum permissible limit of error) का मान कम से कम मानक त्रुटि का दुगना होना चाहिए। इस परिकल्पना के आधार पर ही अध्ययन हेतु खण्डको की संख्या का निर्धारण किया जाता है। इस हेतु निम्नानुसार फार्मूला का उपयोग करते है:–

$$2SE = MPL \text{ (Maximum Permissible Limit of error)}$$

चूँकि इस स्थिति में सेंम्पल के डाटा सामान्य वितरण (Normal Distribution) के अनुरूप वांछनीय सीमा में होंगे एवं माध्य के दोनो तरफ एक समान दूरी पर होंगे, इस कारण अधिकतम अनुज्ञेय त्रुटि सीमा को आधा करके मानक त्रुटि को स्थिर किया जाता है, क्योकि इस प्रकार स्थिर किये गये मान में अंतर होने की संभावना "संयोग से (by chance)" बहुत ही कम (0.05) होती है। इस तरह Precision level का निर्धारण करके मानक त्रुटि के स्थान को स्थिर करने के उपरांत प्लाट संख्या का निर्धारण करते है। प्लाट संख्या निर्धारण हेतु निम्नानुसार सूत्र का प्रयोग करते है:–

$$\text{प्लाट संख्या} = \left[\frac{\text{मानक विचलन}}{\text{मानक त्रुटि}}\right]^2$$

$$\text{No. of Plots} = \left[\frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Standard Error}}\right]^2$$

इस तरह कार्बन संचयन अध्ययन हेतु प्लाट्स की संख्या का निर्धारण किया जाता है। इसके अतिरिक्त यदि प्लाट संख्या का निर्धारण नहीं करना है तो किसी भी वन प्रकार में पूर्व में प्रचलित कार्य आयोजना (Working Plan) के खण्डको का उपयोग भी किया जा सकता है या उपरोक्त वर्णित विधि अनुसार नये खण्डक डालकर भी अध्ययन कर सकते है।

कार्बन खण्डक का सीमांकन एवं मापन

खण्डको (Plots) की संख्या निर्धारण उपरांत, कार्बन संचयन अध्ययन हेतु वन क्षेत्रों में 0.1 हेक्टेयर के प्लाट डालते है। वन क्षेत्रों में इस तरह सीमांकित नमूना खण्डक (Sample plot) के चारों कोनों के अक्षांश एवं देशांतर जी.पी.एस. की सहायता से रिकार्ड करते है। मापन कार्य हेतु जानकारी निम्नानुसार अभिलेखित की जानी चाहिए।

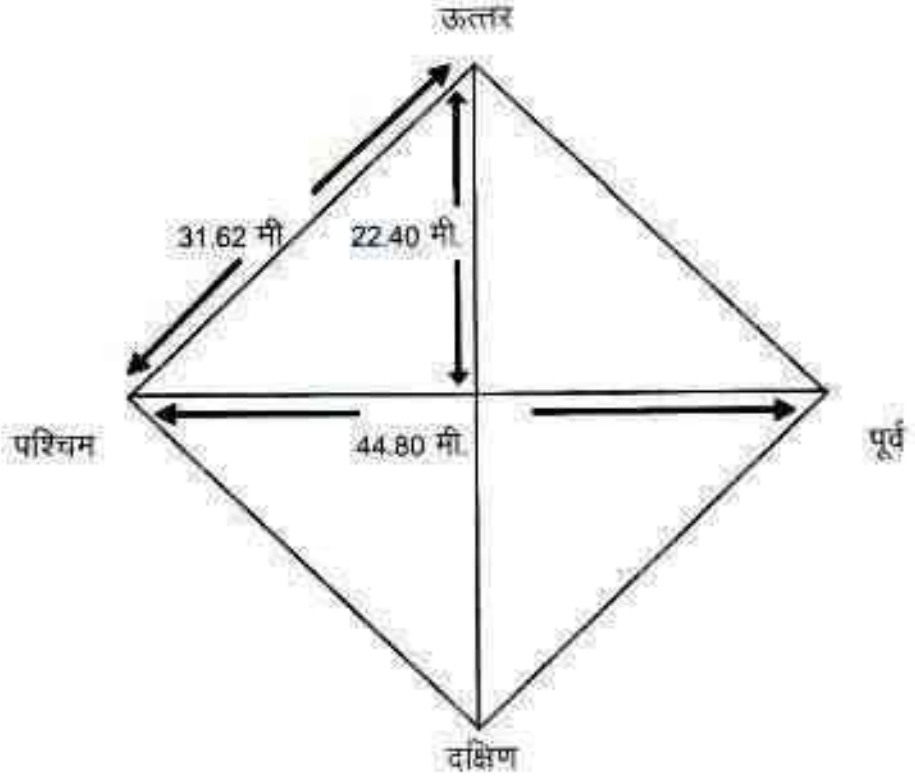
1. कार्बन संचयन भूखण्ड में सीमांकन कार्य

- प्रत्येक संचयन भूखण्ड के चारों कोनो के अक्षांश एवं देशांतर को अभिलेखित करना।
- प्रत्येक संचयन भूखण्ड की भौगौलिक स्थिति, जलवायु, मृदा एवं भौमिकी विवरण, वानस्पतिक विवरण आदि को संलग्न प्रपत्र–1 में भरा जावे।
- संचयन भूखण्ड की सीमा रेखा निर्धारण हेतु मानचित्र का उपयोग किया जावे। इस भूखण्ड की उत्तर पश्चिम एवं दक्षिण पश्चिम सीमा रेखा पर आने वाले 15.7 सेमी. (5 से.मी. व्यास) से अधिक छाती गोलाई के समस्त वृक्षों की छाती ऊँचाई पर 6 से.मी. चौड़ी पट्टी में भरी छाल निकाली जावे एवं गणना हेतु क्रमांकन किया जावे, जबकि उत्तर पूर्व एवं दक्षिण पूर्व सीमा में आने वाले समस्त वृक्षो की गणना में नहीं लिया जायेगा।

2. चयनित भूखण्ड में वृक्षों का चिन्हांकन / गणना कार्य

- प्रत्येक संचयन भूखण्ड में 0.1 हेक्टयर के वर्गाकार (31.62 मी. × 31.62 मी.) प्लॉट को स्थापित किया जाये। इसे डालने के लिये चयनित क्षेत्र के केन्द्र में एक खूंटी गाड़ी जावे तथा उत्तर दक्षिण दिशा में खूटी के दोनो ओर 22.40 मीटर की रस्सी बांधकर

दोनों सिरों पर एक–एक खूटी गाड़ी जायेगी अर्थात् इस पूरी रस्सी की लंबाई 44.80 मीटर होगी। तदुपरांत पूर्व–पश्चिम दिशा में केन्द्र से 90 डिग्री का कोण बनाते हुये पुनः 44.80 मीटर की दूसरी रस्सी डालकर दोनों सिरों पर खूंटी गाड़ी जायेगी। इस तरह की तैयारी के पश्चात् किन्हीं भी दो सिरों अर्थात् पश्चिम उत्तर/उत्तर पूर्व/पूर्व दक्षिण/दक्षिण पश्चिम में टेप डालकर नापे जाने पर यह दूरी 31.62 मीटर आयेगी। यदि ऐसा है, तो इसका अर्थ होगा कि डाला गया प्लॉट 0.1 हेक्टेयर का बन चुका है। इसके अतिरिक्त इसके सत्यापन की दूसरी विधि यह होगी कि केन्द्र में डाली गई खूटी से उत्तर दिशा की ओर 6 मीटर का निशान बनाकर तथा केन्द्र से पूर्व दिशा की ओर 8 मीटर का निशान बनाकर दोनों निशानों को जोड़ने पर इसकी दूरी 10 मीटर होनी चाहिए क्योंकि पायथागोरस प्रमेय के अनुसार तभी दोनों रेखाओं (पूर्व–पश्चिम एवं उत्तर–दक्षिण) के बीच का कोण समकोण होगा। इस तरह नीचे दर्शाए गये चित्रानुसार कार्बन संचयन प्रदर्शन प्लाट स्थापित हो जायेगें। सेंम्पल प्लाट बन जाने के पश्चात इसके चारों ओर की सीमा पर उपस्थित सभी वृक्ष प्रजातियों पर पेंट की सहायता से छाती गोलाई पर निशान लगाकर प्लाट की सीमा निर्धारित करना चाहिए। इसके उपरांत चयनित भूखण्डों में उपस्थित सभी वृक्षों (जिनकी छाती गोलाई 15.7 से.मी. से अधिक हो) में नामांकन कार्य किया जाये। इस हेतु चयनित भूखण्ड में स्थित क्षेत्र को चार हिस्सों में विभाजित कर नामांकन का कार्य उत्तर–पश्चिम क्वाड्रेट से प्रारम्भ करते हुए निरंतरता में उत्तर–पूर्व, दक्षिण–पूर्व एवं दक्षिण–पश्चिम में करते है। नामांकन पश्चात इसी क्रम में गणना एवं अन्य मापन कार्य किया जाये।



31.62m x 31.62m (0.1 ha.)

- प्रत्येक प्लाट के अंतर्गत 15.7 से.मी. से अधिक छाती गोलाई वाले समस्त वृक्षों को गणना हेतु चिन्हांकित करते हुए समस्त वृक्षों की छाती ऊँचाई पर 3 से.मी. चौडी मरी छाल निकालकर पेंट के पट्टे डाले जाये या अस्थायी प्लाट की स्थिति में वृक्षों में चाक द्वारा अंकन भी कर सकते है।
- सभी वृक्षों में पट्टे डालने अथवा चाक / गेरू के निशान के पश्चात् पट्टे के ऊपर वर्गाकार लगभग 4 X 4 सेमी. आकार का खांचा बनाकर उसे काले रंग के पेंट से पोता जावे एवं उस पर सफेद रंग के पेंट से स्पष्ट क्रमांक अंकित करने का कार्य किया जावे। पेंट से क्रमांक लिखने के अतिरिक्त प्रत्येक वृक्ष के आधार पर गेल्वेनाईज्ड टिन

प्लेट पर कील द्वारा उकेरकर क्रमांक लिखकर कील की सहायता से लगाये जावें। अस्थायी प्लाट की स्थिति में वृक्षों में चाक द्वारा अंकन भी कर सकते है।

- वृक्षों पर क्रमांक अंकित करने का कार्य प्लाट में स्थित 15.7 से.मी. छाती गोलाई एवं उससे अधिक के समस्त वृक्षों पर उत्तर से दक्षिण एवं पुनः दक्षिण से उत्तर की ओर निरंतरता में क्रम बद्ध तरीके से किया जावे। समस्त वृक्षों पर इस तरह क्रमांक डाले जावें ताकि पहुँचमार्ग से देखने पर सभी वृक्षों के क्रमांक एक साथ देखे जा सकें। अस्थाई खण्डक में चाक अथवा गेरू से अंकन किया जावे।

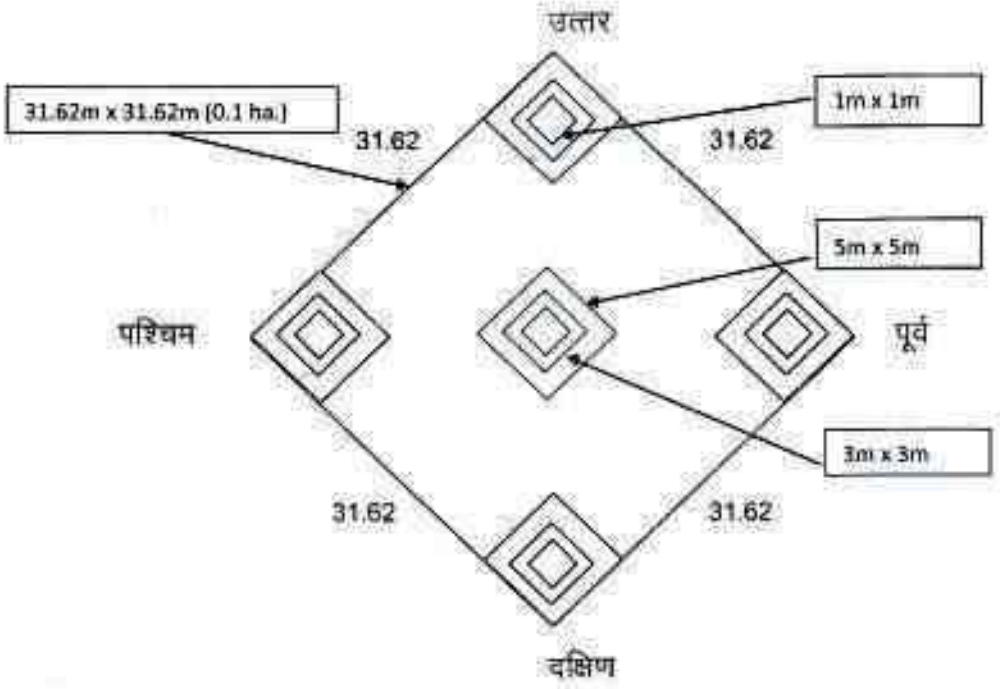
3. वृक्षों के मापन हेतु कार्य विधिः–

- सीमांकन एवं चिन्हांकन के पश्चात 15.7 से.मी. गोलाई के उपर के समस्त वृक्षो की प्रजातिवार गणना, मापन एवं अभिलेखन का कार्य प्रपत्र–2 के अनुसार किया जावे।

- परिरक्षित भूखण्ड में बांस भिर्रा होने की स्थिति में वृक्षों की तरह प्रत्येक भिर्रो का नामांकन किया जावेगा। प्रत्येक भिर्रे में आने वाले कल्मों की संख्या, औसत गोलाई एवं ऊँचाई की गणना की जावेगी। प्रपत्र–2 में भिर्रो में उपस्थित कल्मों की संख्या को रिमार्क कॉलम में अभिलेखित किया जाये।

- वृक्ष प्रजातियों का गोसवारा विभिन्न गोलाई वर्गों में प्रपत्र–3 के अनुसार तैयार किया जावे। बांस भिर्रो के लिये संख्या वाले कॉलम में कुल कल्मों की संख्या को अंकित किया जाये। इसी तरह औसत गोलाई एवं ऊँचाई वाले कॉलमों में प्राप्त कल्मों का औसत निकालकर अंकित किया जावेगा।

- प्रत्येक कार्बन संचयन भूखण्ड के चारों कोनो एवं मध्य में गिरे अथवा टूटे हुये लकड़ी (Deadwood) के अध्ययन हेतु पाँच 5 मी. X 5 मी. आकार के स्थाई/अस्थाई प्लॉट स्थापित किये जावे एवं उनमें उपस्थित मरे एवं गिरे वृक्षों की गणना चित्रानुसार तथा अभिलेखन का कार्य प्रपत्र क्रमांक–7 के अनुसार किया जावे।



- गिरे एवं टूटे वृक्षों की श्रेणी में उन्हीं वृक्षों को मान्य किया जावेगा, जिनकी गोलाई 5 से. मी. व्यास (15.7 से.मी.गोलाई) से ज्यादा हो। इससे कम गोलाई वाले गिरे एवं टूटे हुये वृक्षों को इस मापन में शामिल नहीं किया जावेगा। यदि मापन खण्ड (5 मी x 5 मी.) में मापन ज्यादा लंबाई वाला वृक्ष आता हो तो प्लाट की सीमा में आने वाले हिस्से तक की दोनों गोलाई का मापन किया जावेगा।
- तत्पश्चात् धरातलीय वनस्पति (Ground vegetation) के अभिलेखन एवं मापन हेतु प्रत्येक प्लॉट के मध्य एवं अन्य दिशाओं में पूर्व दर्शित चित्रानुसार 1मी. x 1मी. आकार का वर्गाकार एक प्लाट खूटी डालकर स्थाई/अस्थाई रूप से स्थापित किया जावे जिसमें ग्राउन्ड वेजीटेशन (घास, शाक, झाडियां, लताऐं, 1मी. से कम ऊँचाई एवं 10 से.मी. से कम गोलाई की समस्त सीडलिंग्स) की प्रजातिवार गणना, मापन एवं अभिलेखन का कार्य प्रपत्र–4 के अनुसार किया जावे।
- ग्राउन्ड वेजीटेशन के हरित जैवभार निर्धारण हेतु प्लाट में स्थापित क्वाड्रेट (1 मी. x 1 मी.) में उपस्थित समस्त घास, सीडलिंग, सैपलिंग एवं शाकीय पौधों (1 मी. से कम

ऊँचाई तथा 10 से.मी. गोलाई तक के समस्त पौधे) को ग्रीन बायोमास हेतु काटा जावे एवं मौके पर उसका भार प्रपत्र–5 के अनुसार अभिलेखित किया जावे तथा एकत्रित नमूने का 250 ग्रा. नमूना प्रयोग शाला अध्ययन हेतु सुरक्षित रखा जावे।

- आस्तरण उत्पादन (Litter production) निर्धारण हेतु प्रत्येक संचयन भूखण्ड में 05 विभिन्न स्थानों पर (जोकि चित्रानुसार प्लाट में स्थित हों) 3मी.x3मी के प्लाट स्थापित कर लिटर एकत्रित किया जाये एवं उनका विवरण हरित जैवभार प्रपत्र–6 के अनुसार अभिलेखित किया जावे। समस्त प्रजाति समूह का 100 ग्राम लिटर नमूना प्रयोग शाला अध्ययन हेतु सुरक्षित रखा जावे। इस अध्ययन के अंतर्गत उन सभी शाखाओं, वृक्षों के ठूठ आदि को लिया जावेगा जिनका व्यास 5 से.मी. (15.7 से.मी. गोलाई) से कम हो। इसके अतिरिक्त क्वाड्रेट में उपस्थित (खडे हुये) सभी लतायें (Climbers) एवं झाड़ी (Shrub) को लिया जावेगा, जिनकी गोलाई 15.7 से.मी. से कम हो। इस हेतु कम से कम 3 लतायें / झाड़ी प्रजाति को काटकर उनका वजन करके माध्य वजन अनुसार कुल वजन का निर्धारण करते है।
- स्थापित प्लाट (31.62मी. x 31.62मी.) के चारों कोनो में एवं मध्य में अर्थात पांच स्थानों से प्रपत्र–8 के अनुसार मृदा नमूने एकत्रित किये जाये। नमूनों को एकत्रित करने हेतु चयनित पांचों स्थानों से क्रमश: 0–10 से.मी. तथा 10–30 से.मी. की गहराई से मृदा एकत्रित कर पॉलीथिन बैग में रखकर एवं नम्बर अंकित करते हुये भौतिक, रासायनिक एवं जैविक परीक्षण हेतु सुरक्षित रखा जावे।
- मृदा नमूनों के अतिरिक्त मृदा घनत्व अध्ययन हेतु चयनित प्लाट में किसी भी एक स्थान पर 0–10, 10–20 एवं 20–30 से.मी. गहराई तक बल्क डेन्सिटी मीटर उपकरण की सहायता से तीन नमूने एकत्रित किये जावेगें एवं सम्पूर्ण मिट्टी को अलग–अलग पोलीथीन / अन्य बैग में क्रमांकन करते हुए प्रयोगशाला भेजा जावे। इन नमूनों का विवरण प्रपत्र–9 में अंकित किया जाये।

कार्बन संचयन विश्लेषण

एकत्रित किये गये आंकड़ों के विश्लेषण हेतु समस्त एकत्रित आंकड़ों को कम्प्यूटर में अंकित किया जाकर प्रत्येक कार्बन संचयन प्लाट के आंकड़ो का अंकन भी कम्प्यूटर में

किया जावे। अभिलेखित आंकड़ो के द्वारा वनों में कार्बन के अध्ययन हेतु निम्नानुसार गणना कार्य किया जाता है:–

1. धरातल के ऊपर खड़े वृक्षों (Standing tree) मे कार्बन का आंकलन
2. धरातलीय वनस्पति (Ground vegetation) कार्बन का आंकलन
3. धरातल के ऊपर जैवीय भार एवं कार्बन का आंकलन (Above ground carbon)
4. धरातल के नीचे कुल जैवीय भार एवं कार्बन का आंकलन (Below ground carbon)
5. आस्तरण (Litter) उत्पादन में कार्बन का आंकलन
6. गिरे/टूटे वृक्षों की कार्बन का आंकलन
7. मृदा कार्बनिक कार्बन (Soil Organic Carbon) का आंकलन

1. **धरातल के ऊपर खड़े वृक्षों (Standing tree) मे कार्बन का आंकलन** : इस हेतु धरातल के ऊपर मौजूद वृक्षों के आयतन का आंकलन किया जाता है। प्लाट में चारो क्वाड्रेटो में उपस्थित सभी वृक्षों की ऊंचाई एवं गोलाई का मापन किया जाता है। वृक्षों के मापन हेतु उन्ही वृक्षों को लिया जाता है, जिनकी गोलाई 15.7 से.मी. (5 से.मी. व्यास) से अधिक हो। खण्ड में मापन करते हुये मापन की जानकारी प्रपत्र 1, प्रपत्र 2 एवं प्रपत्र 3 के अनुरूप भरी जावे। तत्पश्चात एक्सेल शीट का उपयोग करते हुए प्राप्त आंकड़ो से निम्नानुसार तालिका–1 बनाई जाती है:–

कार्बन संचयन प्लाट संख्या...............................

तालिका –1: प्रजातिवार धरातल के ऊपर आयतन का आंकलन

क्र.	प्रजाति	वैज्ञानिक नाम	औसत गोलाई (मी.)	औसत ऊँचाई (मी.)	पौधों की कुल संख्या	आयतन (घ.मी) FSI के अनुसार
1	2	3	4	5	6	7

नोट :कार्बन संचयन खण्ड में बांस भिर्रे होने की स्थिति में बांस भिर्रो की कुल संख्या लिखी जाती है। प्रत्येक बांस भिर्रे में उपस्थित कल्म की संख्या लिखकर, सभी भिर्रो में पाये जाने वाली संख्या को निकाल कर कॉलम 6 में रखकर गणना कार्य करते है। औसत कल्म की ऊंचाई एवं गोलाई को नापकर कॉलम 4 एवं 5 में लिखते है।

इस तरह से प्राप्त जानकारी को तालिका –2 में ले जाते हैं, जिसमें तालिका क्र.–1 से प्राप्त जानकारी को प्रजातिवार संग्रहित करके गणना कार्य किया जाता है। यहाँ पर गणना कार्य हेतु प्रजाति घनत्व एवं बी.ई.एफ. (Biomass Expansion Factor) मान की आवश्यकता होती है। बी.ई.एफ. का मान FSI द्वारा ऊष्णकटिबंधीय वनों के लिये 1.59 निर्धारित किया है, जिसका उपयोग गणना हेतु करते हैं। इसी तरह FSI, ICFRE तथा IPCC द्वारा विभिन्न प्रजातियों के लिये प्रजाति घनत्व की सूची जारी की गई है, जिसका उपयोग भी जैवीय भार निकालने हेतु आवश्यक होता है। प्रजाति घनत्व की सूची प्रपत्र क्र. 10 में संलग्न है।

इन दोनों मानों का उपयोग करते हुए गणना कार्य निम्नानुसार किया जाता है:–

तालिका–2 : धरातल के ऊपर प्रजातिवार जैवीय भार एवं कार्बन का आंकलन

क्र.	प्रजाति	कुल प्रजातिवार आयतन (तालिका–1 का कॉलम 7	प्रजाति घनत्व	आंकलित प्रजाति भार (कॉलम 3x4)	बी.ई. एफ. मान (1.59) के अनुसार भार	प्रजातिवार कार्बन भार
1	2	3	4	5	6	7

कार्बन के आंकलन बी.ई.एफ. के अनुसार प्राप्त भार में एफ.एस.आई. द्वारा दिये गये मान (Factor) 0.47 से गुणा करके प्रजातिवार कार्बन प्राप्त करते हैं। समस्त प्रजातियों के कार्बन को जोड़कर कुल कार्बन प्रति हेक्टेयर में गणना करते हैं।

2. धरातलीय वनस्पति (ग्राऊण्ड वेजीटेशन) में कार्बन का आंकलन: ग्राऊण्ड वेजीटेशन में उपस्थित कार्बन के निर्धारण हेतु प्रपत्र–4 एवं 5 के अनुसार सभी पांच क्वाड्रेटों के डाटा का उपयोग करते हुए निम्नानुसार गणना कार्य तालिका–3 में करते है:–

तालिका– 3 : ग्राऊण्ड वेजीटेशन में कार्बन का आंकलन

ग्रीन जैवीयभार	ड्राई जैवीय भार	कुल ड्राई जैवीय भार	कुल कार्बन
1	2	3	4

इस अध्ययन में प्रपत्र–5 के अनुसार उपलब्ध प्रजातियों के औसत ग्रीन बायोमास तालिका–3 में अंकित करते हुए प्रयोगशाला से प्राप्त ड्राई भार को अनुपातित करके कॉलम–2 में रखते है। पांचो क्वाड्रेट से प्राप्त ड्राईजैवीय भार को जोड़कर कुल ग्राऊण्ड वेजीटेशन में उपलब्ध कार्बन निकालते है। तदनुसार निम्न सूत्र का उपयोग करते हुए प्रति हेक्टेयर कार्बन का आंकलन करते है।

ग्राऊण्ड वेजीटेशन में कार्बन / हे.=(तालिका–3 के चौथे कॉलम का जोड़) x 2000

3. **धरातल के ऊपर जैवीय कार्बन (Above ground carbon) का आंकलन –** धरातल के ऊपर जैवीय कार्बन से अभिप्राय धरातल के ऊपर उपस्थित खड़े वृक्षों एवं ग्राउण्ड वेजीटेशन में उपस्थित कुल कार्बन है। अतः इसके आंकलन हेतु तालिका–2 में खड़े वृक्षों की आंकलित कुल कार्बन (कालम 7 का जोड़) एवं तालिका 3 में आंकलित कार्बन भार (कालम–4) को जोड़कर मान प्राप्त करते है, जिसे गणतीय रूप में निम्नानुसार व्यक्त कर सकते है :

धरातल के ऊपर जैवीय कार्बन = धरातल के ऊपर खड़े वृक्षों में कार्बन + ग्राउण्ड वेजीटेशन में कार्बन

4. **धरातल के नीचे कुल जैवीय कार्बन (Below ground carbon) का आंकलन –** इस हेतु उपर वर्णित धरातल के उपर जैवीय कार्बन के मान का उपयोग करते हैं एवं IPCC तथा FSI की Guideline के अनुसार मानक रूट–शूट अनुपात का उपयोग करके धरातल के नीचे कुल जैवीय कार्बन (Below Ground Carbon) निम्नानुसार तालिका–4 में आंकलित करते है:–

तालिका–4: प्रजातिवार धरातल के नीचे कुल जैवीय कार्बन का आंकलन

क्र	आंकलित प्रजाति भार (तालिका–2 का कॉलम 7 का जोड़)	कुल ड्राय जैवीय भार (तालिका 3 के कॉलम 4 का जोड़)	कुल कार्बन भार (तालिका 4 के कॉलम 2 एवं 3 का जोड़)	आंकलित कार्बन मात्रा {रूट–शूट फेक्टर मान (0.27)} (तालिका 4 का कॉलम 4 x0.27)
1	2	3	4	5

5. **लिटर उत्पादन में कार्बन का आंकलन :** लिटर उत्पादन में कार्बन के निर्धारण हेतु प्रपत्र–6 के अनुसार सभी पांच क्वाड्रेटों के डाटा का उपयोग करते हुए निम्नानुसार गणना कार्य तालिका–5 में करते है:–

तालिका–5 : लिटर उत्पादन में कार्बन का आंकलन

क्र.	क्वाड्रेटो में ग्रीन बायोमास	ड्राई जैवीय भार	कुल ड्राई जैवीय भार	कुल कार्बन
1	2	3	4	5

इस अध्ययन में प्रपत्र–6 के अनुसार प्रत्येक क्वाड्रेट में उपस्थित लिटर ग्रीन बायोमास को तालिका–5 में अंकित करते हुए प्रयोगशाला से प्राप्त ड्राई भार को अनुपातित करके कॉलम–4 में रखते है, एवं उक्त मान में 0.47 से गुणा करके कार्बन का आंकलन करते है। पांचो क्वाड्रेट से प्राप्त कार्बन को जोडकर कुल लिटर उत्पादन में उपलब्ध कार्बन निकालते है। तदनुसार निम्नानुसार सूत्र का उपयोग करते हुए प्रति हेक्टेयर कार्बन का आंकलन करते है।

लिटर उत्पादन में कार्बन / हे. = (तालिका–5 के पांचवे कॉलम का जोड) X 222.2

6. **गिरे / टूटे वृक्षों की कार्बन का आंकलन:** गिरे / टूटे वृक्षों में उपलब्ध कार्बन के निर्धारण हेतु प्रपत्र–7 के अनुसार सभी पांच क्वाड्रेटों के डाटा का उपयोग करते हुए निम्नानुसार गणना कार्य तालिका–6 में करते है:–

तालिका–6 : गिरे / टूटे वृक्षों के आयतन का आंकलन

क्र.	प्रजाति	सभी क्वाड्रेट में कुल संख्या	आरम्भिक सिरे की औसत गोलाई	अंतिम सिरे की औसत गोलाई	औसत लंबाई	आयतन
1	2	3	4	5	6	7

उपरोक्तानुसार प्राप्त आंकडों का उपयोग करते हुए गणना कार्य आगे बढ़ाया जाता है। प्रजाति घनत्व (प्रपत्र–10) एवं आयतन द्वारा जैवीय भार की गणना तालिका–7 के अनुसार करते हुए कार्बन की मात्रा का आंकलन निम्नानुसार करते है:–

तालिका–7 : गिरे/टूटे वृक्षों में कार्बन का आंकलन

क्र.	प्रजाति	आयतन	प्रजाति घनत्व	जैवीयभार	कुल कार्बन
1	2	3	4	5	6

इस प्रकार तालिका–7 के कॉलम 5 में प्राप्त जैवीय भार में 0.47 का गुणा करके कार्बन का आकलन करते हैं एवं कॉलम 6 में गणना किये गये मानो का योग करके कार्बन की कुल मात्रा का आंकलन करते है। प्राप्त कार्बन की मात्रा प्रति हेक्टेयर होती है।

7. **मृदा कार्बनिक कार्बन का आंकलन:** मृदा कार्बन के आंकलन हेतु प्रपत्र–8 एवं 9 में लिये गये नमूनों का उपयोग करते है। इसके पश्चात प्रपत्र–8 में लिये गये नमूनों को प्रयोगशाला में लाकर मानक विधि (Standard method) द्वारा सूखाकर इनका ड्राई भार निकालते है। चूँकि बल्क डेन्सिटी मीटर एक बेलनाकार संरचना होती है, जिसके कोर का ब्यास 4.5 से.मी. एवं गहराई 9.85 से.मी. होती है। अत: बल्क डेन्सिटी मीटर में उपस्थित मिट्टी का कुल आयतन 156.67 से.मी^{3} होता है। निकाले गये ड्राई भार एवं बल्क डेन्सिटी मीटर के आयतन द्वारा मृदा की बल्क डेन्सिटी निम्नानुसार सूत्र से ज्ञात करते है:–

$$\text{बल्क डेन्सिटी (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{नमूना मिट्टी का सूखा भार (कि.ग्रा.)}}{\text{कोर का आयतन (m}^3\text{)}}$$

इस प्रकार प्राप्त बल्क डेन्सिटी की इकाई कि.ग्रा./मी^{3} होती है। चाब्रा आदि (2002) द्वारा दिये गये सूत्र का उपयोग करते हुए मिट्टी में उपस्थित कार्बनिक कार्बन की गणना एवं प्राप्त मात्रा को प्रति हेक्टेयर में निम्नानुसार गणना करते है:–

कार्बन = कार्बनिक कार्बन% x बल्क डेन्सिटी (कि.ग्रा./मी^{3}) x
मिट्टी की गहराई (मी.)

वनों में कार्बनिक पूल का आंकलन

कार्बन के महत्व एवं विभिन्न क्षेत्रों में कार्बन का वितरण (Carbon pool) पूर्व में वर्णित किया जा चुका है। कार्बन पूल वितरण के अनुसार वनक्षेत्र पार्थिव क्षेत्र (Terristial pool) में आता है। चूँकि वन क्षेत्र में कार्बन संचयन का आंकलन विभिन्न हिस्सों में अलग–अलग किया जाता है। अतः इन सभी के द्वारा वन क्षेत्र (पौधों एवं मृदा) में उपस्थित कुल कार्बन का आंकलन किया जाता है, जिसे कार्बन पूल कहते है। अतः हम कह सकते है कि वन क्षेत्र में कार्बन पूल से अभिप्राय, वनों के विभिन्न घटकों में उपस्थित कार्बन का योग है। अतः वन क्षेत्रों में कार्बन पूल निकालने हेतु इस क्षेत्र के सभी घटक अर्थात धरातल के ऊपर जैवीय कार्बन, धरातल के नीचे जैवीय कार्बन, खड़े हुए वृक्षों में कार्बन, पुनरूत्पादन में कार्बन, ग्राऊण्ड वेजीटेशन में कार्बन, लिटर में उपस्थित कार्बन, टूटे/गिरे वृक्षों में उपस्थित कार्बन एवं मृदा (0.30 मी. गहराई तक) में उपस्थित मृदा कार्बनिक कार्बन को आंकलित करके सभी को जोड़ देते है। इस तरह वन क्षेत्र में कार्बन पूल का निर्धारण किया जाता है।

गणितीय रूप में वन क्षेत्र में कार्बन पूल को निम्नानुसार व्यक्त करते है:–

कार्बन पूल = धरातल के ऊपर वृक्षों में कार्बन + धरातल के नीचे वृक्षों में कार्बन
+ लिटर कार्बन + टूटे/गिरे वृक्षों की कार्बन + मृदा कार्बनिक कार्बन

प्रपत्र–1 कार्बन भूखण्ड की सामान्य जानकारी

Description of Experimental Plot No. ..... Division.....

1. Object of the Experiment - .....
   प्रयोग का उद्देश्य
2. Species .....
   प्रजाति / वन प्रकार
3. Date of Formation .....
   स्थापना की तारीख
4. Area (Ha) .....
   क्षेत्रफल (हे.)
5. Situation .....
   स्थिति
6. Climate
   जलवायु
   a. Mean annual rainfall .....
      औसत वार्षिक वर्षा
   b. Mean Annual temperature .....
      औसत वार्षिक तापमान
7. Aspect, Slope and Height above sea level.....
   रूख, ढाल और समुद्र तल से ऊँचाई
8. Rock, Soil, Humus .....
   चट्टान, मृदा एवं धरण
9. Drainage .....
   पानी का निकास

10. Animal factor .....

जैविक कारक

11. Type of Forest .....

वन का प्रकार

12. Initial condition of plot

भूखण्ड की प्रारम्भिक स्थिति

a. Overwood .....

उपरिवन

b. Under wood .....

अधोवन

c. Weed growth .....

घास–पात वृद्धि

d. Regeneration of principal species.....

मुख्य प्रजातियों का पुर्नजनन

13. Details of work carried out at first formation.....

पहली बार निर्माण पर किये गये कार्य का ब्यौरा

14. Details of treatment to be applied .....

किये जाने वाले उपचार का ब्यौरा

15. Interval and period/ season of observation.....

अवलोकनों के बीच का अंतराल एवं अवधि

16. Remarks

टिप्पणी

.....

प्रपत्र–2: कार्बन भूखण्ड में वृक्षों के मापन कार्य हेतु प्रपत्र

कार्बन भूखण्ड का नाम/संख्या..... दिनांक.....

वनमण्डल ..... परिक्षेत्र ..... कक्ष क्र. .....

मापन अधिकारी का नाम एवं पद .....

भूखण्ड में स्थापित क्वाड्रेट का आकार एवं संख्या .....

क्वाड्रेट क्र.	वृक्ष क्र.	प्रजाति	छाती गोलाई (से.मी.) (धरातल से 1.37 मी उंचाई पर)	वृक्ष की कुल उंचाई (मी.)	रिमार्क
1	2	3	4	5	6

(नोट: प्रत्येक वृक्ष के धरातल से 137 से.मी. ऊँचाई पर पेंट द्वारा पट्टा लगाया जावे एवं मापन के समय उसी पट्टे के ऊपर वृक्ष की गोलाई मापी जावे।)

प्रपत्र –3: वृक्ष प्रजातियों की गोलाई का गोसवारा

कार्बन भूखण्ड का नाम / संख्या ..... दिनांक ..... वनमण्डल ..... परिक्षेत्र .....

..... वक्ष क्र. ..... मापन अधिकारी का नाम एवं पद ..... भूखण्ड में

स्थापित क्वाड्रेट का आकार एवं संख्या .....

क्र.	प्रजाति का स्थानीय नाम	वानस्पतिक नाम	20–30 से.मी.	31–45 से.मी.	46–60 से.मी.	61–90 से.मी.	91–120 से.मी.	121–150 से.मी.	151–180 से.मी.	180 से.मी. से अधिक	यु.	सूखा	योग
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

प्रपत्र–4: कार्बन संचयन भूखण्ड में वृक्षों के ग्राउन्ड वेजीटेशन (1 मी. उंचाई से कम की सीडलिंग, सेप्लिंग एवं शाकीय पौधे) के मापन कार्य हेतु प्रपत्र

क्वाड्रेट क्र.	क्वाड्रेट में पौधों की सख्या	औसत उंचाई(से.मी.)	औसत सतही गोलाई(से.मी.)	टिप्पणी
1	2	3	4	5
01				
02				
03				
04				
05				

प्रपत्र–5: कार्बन संचयन भूखण्ड में ग्राउन्ड वेजीटेशन (1 मी. उंचाई से कम घास, शाक, झाड़िया एवं लतायें) के बायोमास कार्य हेतु प्रपत्र

क्वाड्रेट क्र.	क्वाड्रेट में पौधों की सख्या	ग्रीन बायोमास	ड्राई बायोमास	टिप्पणी
1	3	4	5	6
01				
02				
03				
04				
05				

प्रपत्र–6: कार्बन संचयन भूखण्ड में लिटर प्रोडक्शन (शाक, झाड़िया, लतायें) के मापन कार्य हेतु प्रपत्र

क्वाड्रेट क्र.	लिटर ग्रीन बायोमास	लिटर ड्राई बायोमास	टिप्पणी
1	3	4	5
01			
02			
03			
04			
05			

प्रपत्र–7 कार्बन संचयन भूखण्ड में गिरे / टूटे वृक्षों का आंकलन प्रपत्र

क्र.	प्रजाति का नाम	वैज्ञानिक नाम	गिरे / टूटे वृक्ष की प्रथम सिरे की गोलाई	गिरे / टूटे वृक्ष की अंतिम सिरे की गोलाई	कुल लंबाई
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					

प्रपत्र–8 कार्बन संचयन भूखण्ड में मृदा नमूनों का विवरण

मृदा नमूना क्र.	0 से 10 से.मी. गहराई की मृदा का नमूना	10 से 30 से.मी. गहराई की मृदा का नमूना	टिप्पणी
1	2	3	4
1			
2			
3			
4			
5			

नोट :– प्रत्येक संचयन भूखण्ड के चार कोनों एवं एक मध्य से मृदा नमूने का संग्रहण

प्रपत्र–9 कार्बन संचयन भूखण्ड में मृदा बल्क घनत्व अध्ययन प्रपत्र

क्र.	मृदा नमूनो की गहराई (से.मी.)	नमूनो का कुल वजन	नमूनों का सूखा वजन	टिप्पणी
1	2	3	4	5
1	0–10			
2	10–20			
3	20–30			

प्रपत्र–10 प्रजातियों का घनत्व

क्र.	प्रजाति का नाम	वैज्ञानिक नाम	प्रजाति का घनत्व	संदर्भ (Reference)
1	2	3	4	5
1	Balsena	*Abelio chinensis*	0.580	-
2	Gurar	*Acacia abbus*	0.690	Reyes *et al.* (1992)
3	Khair	*Acacia catechu*	0.825	Anon (1974) Reyes *et al.* (1992) Sheikh *et al.* (2011)
4	Rimjha	*Acacia leucophloea*	0.760	Reyes *et al.* (1992)
5	Setha	*Acacia senegal*	0.590	Reyes *et al.* (1992)
6	Haldu	*Adina cordifolia*	0.590	Limaye (1953)
7	Bel	*Aegle marmelos*	0.750	Reyes *et al.* (1992)
8	Akol	*Alangium salvifolium*	0.800	Benthall (1984)
9	Black Sirus	*Albizia lebbek*	0.573	Sallenave (1955)
10	Chichola	*Albizia odoratissima*	0.667	Anon (1974)
11	White Sirus	*Albizia procera*	0.640	Benthall (1984)
12	Dhawa	*Anogeissus latifolia*	0.770	Soerjanegara (1994)
13	Kardhai	*Anogessus pendula*	0.940	Benthall (1984)
14	Kadwa	*Antidesma diandrum*	0.590	Reyes *et al.* (1992)
15	Neem	*Azadirachta indica*	0.690	Reyes *et al.* (1992)
16	Asta/Choti Kachnar	*Bauhinia racemosa*	0.634	Anon (1974)

17	Kachnar	*Bauhinia variegata*	0.700	Benthall (1984)
18	Semal	*Bombax ceiba*	0.330	Reyes *et al.* (1992)
19	Salai	*Boswellia serrata*	0.500	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953)
20	Kasai	*Bridelia retusa*	0.500	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953)
21	Achar	*Buchanania lanzan*	0.455	Reyes *et al.* (1992) Anon (1974) Chaturvedi *et al.* (2012)
22	Palash	*Butea monosperma*	0.560	Benthall (1984) Zanne *et al.* (2009)
23	Palash Bel	*Butea superba*	0.480	Benthall (1984)
24	Kumbhi	*Careya arborea*	0.800	Benthall (1984)
25	Tondari	*Casearia elliptica*	0.620	Brown, S. (1997)
26	Gilchi	*Casearia graveolens*	0.560	Seng (1951)
27	Bheri	*Casearia tomentosa*	0.640	Benthall (1984)
28	Amaltash	*Cassia fistula*	0.710	Reyes *et al.* (1992)
29	Bhirra	*Chloroxylon swietenia*	0.850	Seng (1951)
30	Garari	*Cleistanthus collinus*	0.880	Reyes *et al.* (1992)
31	Dahihar	*Cordia dichotoma*	0.670	Benthall (1984)
32	Gondi	*Cordia gharaf*	0.530	Reyes *et al.* (1992)
33	Dhovan	*Dalbergia paniculata*	0.640	Reyes *et al.* (1992)
34	shisham	*Dalbergia sissoo*	0.760	Benthall (1984)

35	Bamboo	*Dendrocalmius strictus*	0.480	Lee *et al.* (1994)
36	Tendu	*Diospyros melanoxylon*	0.680	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953) Zanne *et al.* (2009)
37	Jamrashi	*Elaeodendron glaucum*	0.730	Seng (1951)
38	Aonla	*Emblica officinalis*	0.780	Reyes *et al.* (1992)
39	Eucalyptus	*Eucalyptus lanceolatus*	0.600	Skolmen (1975)
40	Ficus	*Ficus microcarpa*	0.390	Reyes *et al.* (1992)
41	Peepal	*Ficus religiosa*	0.443	Anon (1974)
42	decamali	*Gardenia gummifera*	0.610	Limaye (1953)
43	Papda	*Gardenia latifolia*	0.640	Reyes *et al.* (1992)
44	Kalhar	*Gardenia turgida*	0.640	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953)
45	Kekad	*Garuga pinnata*	0.51	Reyes *et al.* (1992)
46	khejda	*Glochidion ventutinum*	0.57	Ilic (2000)
47	Dhawan	*Grewia tilifolia*	0.650	Limaye (1953) Zanne *et al.* (2009)
48	Anjan	*Hardwickia binnata*	0.730	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953)
49	Mararfalli	*Helicteres isora*	0.470	-
50	Dudhi/ Kuretha	*Holarrhina antidysentrica*	0.512	Anon (1974)
51	Chirol	*Holoptelea integrifolia*	0.500	Limaye (1953)

52	Ratanjot	*Jatropha carcus*	0.170	Detienne (1983)
53	Baranga	*Kydia calycina*	0.258	Pearson (1932)
54	Lendia	*Lagerstroemia parviflora*	0.620	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953)
55	Moyan	*Lannea coromandelica*	0.540	Reyes *et al.* (1992)
56	Kaitha	*Limonia acidissima*	0.840	Anon (1974)
57	Maida	*Litsea glutinosa*	0.560	Seng (1951)
58	Mahua	*Madhuca indica*	0.740	Reyes *et al.* (1992)
59	Sinduri	*Mallotus philiphensis*	0.640	Reyes *et al.* (1992)
60	Umbia	*Mangifera induca*	0.680	Benthall (1984)
61	Kari	*Millusa tomentosa*	0.670	Limaye (1953) Chaturvedi and Raghubanshi (2012)
62	Kaima	*Mitragyna parviflora*	0.560	Reyes *et al.* (1992)
63	Harshingar	*Nyctanthes arbortristis*	0.880	Cavender (2004)
64	Tinsa	*Ougeinia dalbergioides*	0.700	Reyes *et al.* (1992)
65	Karanj	*Pongamia pinnata*	0.640	Benthall (1984)
66	Bilayti Babul	*Prosopis juliflora*	0.700	Felker (2001)
67	Beeja	*Pterocarpus marsupium*	0.670	Reyes *et al.* (1992)
68	Arandi	*Ricinus communis*	0.400	Crivellaro and Schweingruber (2013)
69	Najarbattu	*Saccopetalum tomentosum*	0.530	-

70	Chandan	*Santalum album*	0.840	Brand *et al.* (2012)
71	Kosam	*Schleichera oleosa*	1.080	Benthall (1984)
72	Mokha	*Schrebera swietenioides*	0.754	Anon (1974)
73	Bhilma	*Semecarpus anacardium*	0.640	Reyes *et al.* (1992)
74	Sal	*Shorea robusta*	0.730	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953) Zanne *et al.* (2009)
75	Rohan	*Soymida febrifuga*	0.960	Reyes *et al.* (1992) Limaye (1953)
76	Kullu	*Sterculia urens*	0.670	Reyes *et al.* (1992)
77	Jamun	*Syzygium cumini*	0.700	Reyes *et al.* (1992)
78	Katjamun	*Syzygium heyneanum*	0.610	Jothivel (2016)
79	Imli	*Tamarindus indica*	1.280	Benthall (1984)
80	Teak	*Tectona grandis*	0.550	Reyes *et al.* (1992) Sallenave (1955)
81	Koha/Arjun	*Terminalia arjuna*	0.680	Reyes *et al.* (1992)
82	Baheda	*Terminalia belerica*	0.720	Reyes *et al.* (1992) Benthall (1984)
83	Harra	*Terminalia chebula*	0.880	Reyes *et al.* (1992) Benthall (1984)
84	Saja	*Terminalia tomentosa*	0.730	Reyes *et al.* (1992) Flynn (2001)
85	Dhawai	*Woodfordia fruticosa*	0.660	Chaturvedi and Raghubanshi (2012)

86	Dudhi	*Wrightia tinctoria*	0.780	Benthall (1984)
87	Beri	*Ziziphus jujuba*	0.680	Benthall (1984)
88	Kanker	*Ziziphus oenoplea*	0.670	Chaturvedi and Raghubanshi (2012)
89	Bela (Churna ber)	*Ziziphus rugosus*	0.660	Chaturvedi and Raghubanshi (2012)
90	Ghont	*Ziziphus xylopyrus*	0.67	Pearson (1932)