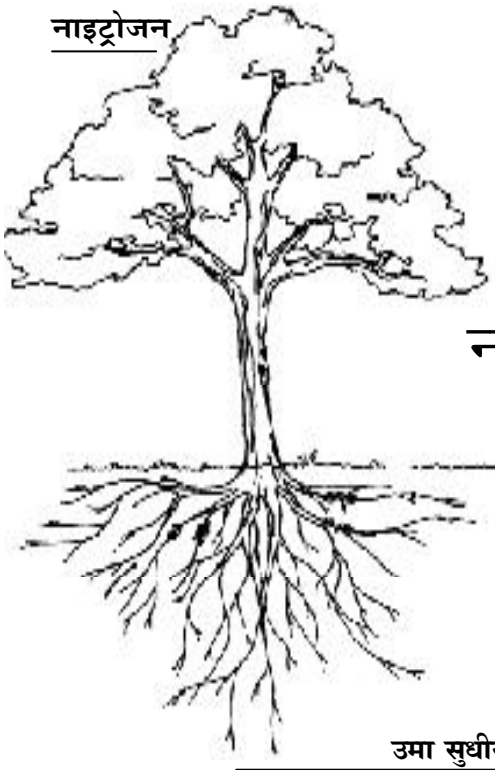


सजीवों में नाइट्रोजन का अंगीकरण

उमा सुधीर

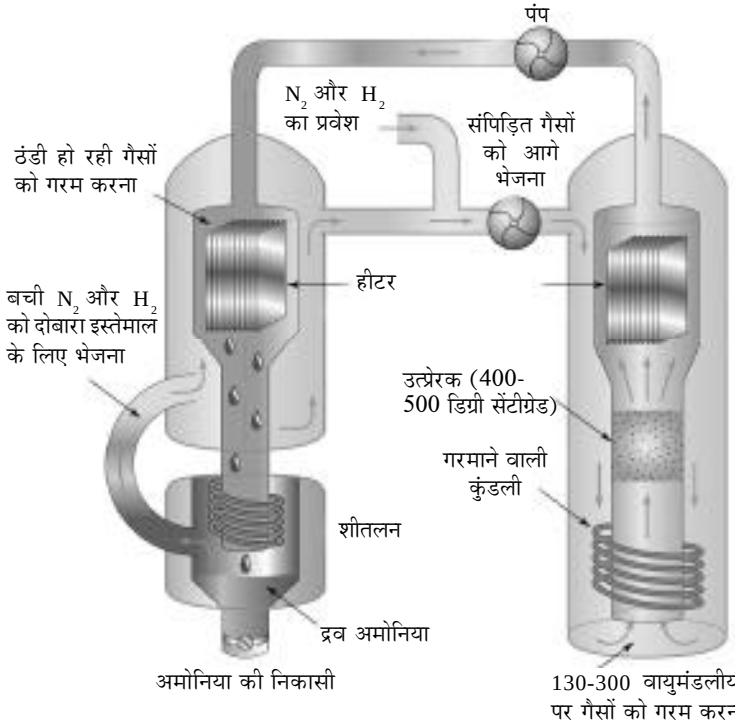
अनुवाद एवं संपादन : सुशील जोशी

इस लेख के पिछले भाग में मैंने नाइट्रोजन की टिकाऊ प्रकृति की चर्चा की थी और यह बताने की कोशिश की थी कि आणविक कक्षक का सिद्धांत हमें यह समझने में मदद करता है कि क्यों नाइट्रोजन सामान्य हालात में अक्रिय होती है। यहां मैं उसी से सम्बंधित एक मुद्दे की चर्चा करूंगी।

हम जानते हैं कि हवा में एक द्विपरमाणविक अणु के रूप में पाई जाने वाली नाइट्रोजन जीवधारियों में बहुत अहम भूमिका निभाती है। यह कई जैविक रूप से महत्वपूर्ण अणुओं में पाई जाती है, जैसे प्रोटीन्स, न्यूक्लिक एसिड और अल्केलॉइड्स। तो ये जीवधारी इस अक्रिय तत्व को कैसे इन अणुओं में जोड़ लेते हैं?

पहले तो यह देखते हैं कि जीवित तंत्रों से बाहर यानी कारखानों में यह काम कैसे किया जाता है।

नाइट्रोजन को उसके यौगिकों में बदलने का सबसे आम तरीका यह अपनाया जाता



हैबर विधि से अमोनिया बनाना – वैज्ञानिक काफी पहले जान गए थे कि नाइट्रोजन और हाइड्रोजन के मिश्रण को विद्युत स्पार्क से गुज़ारा जाए तो अमोनिया निर्मित होती है और यह क्रिया उल्टाई भी जा सकती है। लेकिन इस तरह से बेहद कम मात्रा में अमोनिया बनती थी।

हैबर ने 1913 में जो विधि अपनाई उसमें उत्प्रेरकों का सहारा लिया। इस विधि में तापमान लगभग 600 डिग्री सेंटीग्रेड तथा दबाव 200 वायुमंडलीय दाब तक होता था। इस तरीके में शुरुआत में ली गई हाइड्रोजन और नाइट्रोजन से मात्र 8 प्रतिशत अमोनिया प्राप्त होती थी।

मौजूदा समय में हैबर विधि में किए गए सुधारों की वजह से उपयोग में लाई गई गैसों से करीब 40 से 60 प्रतिशत अमोनिया प्राप्त होती है। इसमें उत्प्रेरक के रूप में सरंध्र लोहे और पोटेशियम-एल्युमिनियम के ऑक्साइड का इस्तेमाल होता है और तापमान भी अपेक्षाकृत रूप से कम होता है।

यहां ऊपर दिए चित्र में हैबर विधि का एक संशोधित रूप है, जिसमें दिखाया गया है कि किस तरह विविध प्रक्रियाओं से होकर गुज़रते हुए हाइड्रोजन और नाइट्रोजन से तरल अमोनिया प्राप्त होती है।

है कि पहले उसे अमोनिया में बदल दिया जाता है। इसके लिए हैबर प्रक्रिया का उपयोग किया जाता है जिसमें उत्प्रेरक की उपस्थिति में ऊंचे तापमान और दबाव पर नाइट्रोजन की क्रिया हाइड्रोजन से करवाई जाती है:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

यह क्रिया 550^0 से. तापमान, 200 वायुमंडल दबाव और थोड़े से सीरियम व क्रोमियम मिले लौह ऑक्साइड उत्प्रेरक की उपस्थिति में होती है। उत्प्रेरक उन पदार्थों को कहते हैं जो किसी रासायनिक अभिक्रिया की रफ्तार बढ़ाते हैं।

यह क्रिया उत्क्रमणीय (reversible) है और इसमें अमोनिया की उपज बढ़ाने के लिए अमोनिया को क्रिया के स्थान से हटाते जाते हैं। इस मूल प्रक्रिया में धीरे-धीरे कई संशोधन किए गए हैं। जैसे आजकल इसमें कहीं ज़्यादा दबाव का उपयोग किया जाता है। इसके अलावा, अमोनिया को लगातार वहां से हटाया जाता है और नाइट्रोजन व हाइड्रोजन का रिसायक्लिंग किया जाता है।

हैबर अभिक्रिया को देखकर ही स्पष्ट हो जाता है कि नाइट्रोजन की क्रिया करवाना हंसी-खेल नहीं है। इसके लिए बहुत अधिक तापमान व दबाव ज़रूरी होते हैं। मगर सजीव ऐसे ऊंचे तापमान और दबाव के बिना भी इस प्रक्रिया को अंजाम देते हैं। इसलिए यह सवाल महत्वपूर्ण हो जाता है कि सजीव इस अक्रिय तत्व को यौगिकों में कैसे बदलते हैं।

प्रकृति के ढंग निराले

प्रकृति में नाइट्रोजन को उसके यौगिकों में बदलने की यही प्रक्रिया सजीव और निर्जीव दोनों रास्तों से होती रहती है। दूसरे वाले रास्ते से यह प्रक्रिया बिजली कड़कने के समय होती है। इस दौरान नाइट्रोजन के ऑक्साइड्स बन जाते हैं और ये बारिश के पानी में घुलकर मिट्टी

क्रिया की रफ्तार

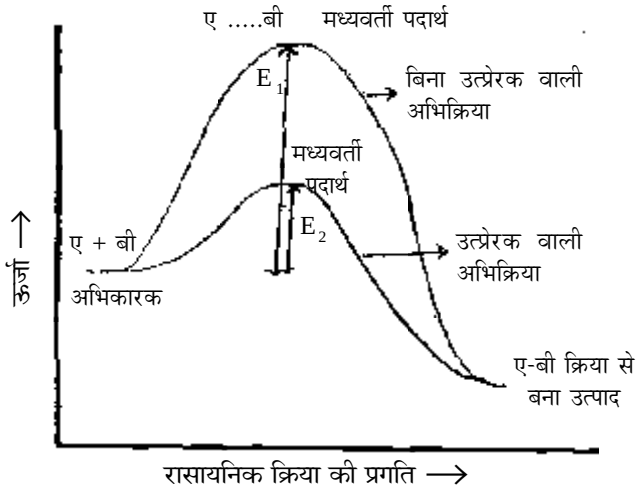
किसी भी क्रिया की रफ्तार बढ़ाने के दो ही तरीके हो सकते हैं। पहला तरीका यह है कि ऐसी स्थितियां निर्मित की जाएं कि अभिकारक (Reactant) के अणु आपस में ज़्यादा बार टकराएं। इससे उनके बीच क्रिया होने की संभावना बढ़ जाती है। तापमान या दबाव बढ़ाकर हम मूलतः टक्करों की संख्या बढ़ा देते हैं। जब विघटन क्रिया करवानी हो, तो टक्करों की संख्या कम भी करनी पड़ सकती है।

अभिक्रिया (Reaction) की रफ्तार को बढ़ाने का दूसरा तरीका यह है कि अभिकारकों के अणु जब भी टकराएं, सही ढंग से टकराएं ताकि हर टक्कर में उनके बीच क्रिया होने की संभावना बढ़े। उत्प्रेरक (Catalyst) का उपयोग यही दूसरा वाला तरीका है।

में पहुंच जाते हैं। बिजली कड़कना एक ऐसी ही उग्र घटना है। अर्थात प्रकृति में भी नाइट्रोजन उग्र माहौल में ही क्रिया करती है।

सजीव जगत में इस प्रक्रिया को कुछ बैक्टीरिया संपादित करते हैं। इन्हें नाइट्रोजन स्थिर करने वाले बैक्टीरिया कहते हैं। जैसे राइज़ोबियम। ये सामान्य परिस्थितियों (वायुंडलीय दबाव और 20-37 डिग्री सेल्सियस तापमान) पर इस कार्य को अंजाम देते हैं।

नाइट्रोजन से अमोनिया बनाने की इन दो विधियों - हैबर विधि और बैक्टीरिया विधि - की तुलना करें तो हैरत होती है। आखिर ऐसा क्यों है कि सजीवों के लिए नाइट्रोजन के टिकाऊ अणु को तोड़ना



E_1 बिना उत्प्रेरक वाली रासायनिक क्रिया के लिए सक्रियकरण ऊर्जा
E_2 उत्प्रेरक वाली रासायनिक क्रिया के लिए सक्रियकरण ऊर्जा

चित्र-1: कई क्रियाओं में उत्पाद की कुल ऊर्जा स्थिति अभिकारकों से नीची यानी कम होती है परन्तु फिर भी ये अभिक्रियाएं अपने आप आसानी से नहीं हो पाती क्योंकि क्रिया के दौरान जो मध्यवर्ती पदार्थ बनता है उसकी ऊर्जा स्थिति काफी ऊंची है। अभिकारकों को मध्यवर्ती पदार्थ में बदलने के लिए जो ऊर्जा देनी पड़ती है उसे सक्रियकरण ऊर्जा कहते हैं। यानी इन क्रियाओं में सक्रियकरण ऊर्जा (E_1) काफी ज़्यादा होती है। इसलिए इन्हें संभव बनाने के लिए विशेष परिस्थितियों की ज़रूरत होती है।

अगर इन क्रियाओं में उत्प्रेरक के रूप में एंज़ाइम इस्तेमाल किए जाएं तो जो मध्यवर्ती पदार्थ बनता है उसकी सक्रियकरण ऊर्जा (E_2) काफी कम हो जाती है। इस वजह से अब यह क्रिया सामान्य परिस्थितयों में भी संभव हो पाती है।

शुरुआती पदार्थ से अंतिम पदार्थ

जब कोई भी अभिक्रिया होती है, तो उसमें शुरुआती पदार्थ (अभिकारक) और अंतिम पदार्थ (उत्पाद) के बीच ऊर्जा का अंतर होता है। यदि अभिकारकों की कुल ऊर्जा उत्पादों की कुल ऊर्जा से अधिक है तो अक्सर यह क्रिया अनायास ही होती रहेगी। दूसरी ओर, यदि अभिकारकों की कुल ऊर्जा उत्पादों से कम है तो क्रिया को करवाने के लिए ऊर्जा देनी पड़ेगी। इसमें कुछ जटिलताएं भी होती हैं। जैसे प्रायः अभिकारक सीधे उत्पाद में तब्दील नहीं होते - पहले एक मध्यवर्ती पदार्थ बनता है, जो बाद में उत्पाद में तब्दील होता है। ऐसी अभिक्रियाओं में यह भी देखना होता है कि ऊर्जा के हिसाब से मध्यवर्ती पदार्थ कहां स्थित है। आम तौर पर अभिकारकों को मध्यवर्ती पदार्थ में बदलने के लिए ऊर्जा देनी पड़ती है। इसे सक्रियकरण ऊर्जा (Activation Energy) कहते हैं।

इतना सहज होता है जबकि कोशिका के बाहर हमें भारी दबाव और अत्यंत ऊंचे तापमान का सहारा लेना पड़ता है? देखा जाए तो सजीवों में यह सहजता सिर्फ नाइट्रोजन स्थिरीकरण के मामले में ही नहीं दिखती। ऐसी कई क्रियाएं हैं जो कोशिकाओं में सहजता से होती हैं मगर प्रयोगशाला में करवाने के लिए खूब पापड़ बेलने पड़ते हैं। इस चमत्कारिक सहजता का राज़ एंज़ाइमों की संरचना व सक्रिय बिंदुओं में छिपा है।

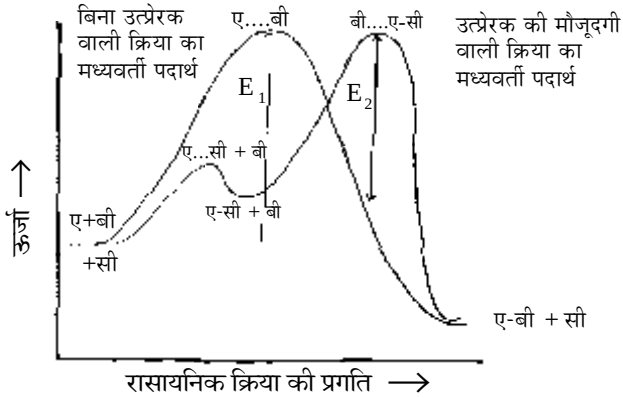
बैक्टीरिया द्वारा नाइट्रोजन को अमोनिया में बदला जाना अत्यंत महत्वपूर्ण क्रिया है क्योंकि इसी के ज़रिए नाइट्रोजन को सजीव तंत्र में समाहित किया जाता है। इस क्रिया को बैक्टीरिया द्वारा उत्पन्न नाइट्रोजिनेस नामक एक एंज़ाइम संपन्न करता है। नाइट्रोजिनेस की क्रिया को समझने से पहले यह देखते हैं कि आम तौर पर सजीव तंत्रों में होने वाली क्रियाओं में एंज़ाइमों की भूमिका क्या होती है।

एंज़ाइम

एंज़ाइम जैविक उत्प्रेरक हैं। ये मुख्यतः प्रोटीन्स होते हैं। (देखिए चित्र -1)

मान लीजिए A और B पदार्थों की क्रिया से AB बनता है। इस क्रिया की सफलता के लिए ज़रूरी है कि दोनों अभिकारक सही कोण से पास-पास आएं (टकराएं) और सही तरीके से जुड़ जाएं।

कभी-कभी क्रिया पूरी होने से पहले एक मध्यवर्ती पदार्थ बनता है जिसकी ऊर्जा अभिकारकों व उत्पाद दोनों से अधिक होती है। यह मध्यवर्ती पदार्थ फिर अंतिम उत्पाद में तब्दील हो जाता है। इस मध्यवर्ती पदार्थ (जिसे एक्टिवेट्ड कॉम्प्लेक्स या सक्रिय संकुल भी कहा जाता है) तक पहुंचने के लिए अभिकारकों को जितनी ऊर्जा की ज़रूरत होती है, उसे सक्रियकरण ऊर्जा कहते हैं। उत्प्रेरक इस सक्रियकरण ऊर्जा को कम कर देते हैं। ऊर्जा की ज़रूरत कम करने के लिए वे अभिकारकों



E_1 बिना उत्प्रेरक वाली रासायनिक क्रिया के लिए सक्रियकरण ऊर्जा
E_2 उत्प्रेरक वाली रासायनिक क्रिया के लिए सक्रियकरण ऊर्जा

चित्र-2: कुछ क्रियाओं में जब अभिकारक एंज़ाइम से जुड़ता है तो उसकी त्रिआयामी संरचना बदलकर एक उच्चतर ऊर्जा वाली स्थिति में आ जाती है। इसमें भी एंज़ाइम की वजह से क्रिया की सक्रियकरण ऊर्जा (E_2) कम हो जाती है। इस चित्र में उत्प्रेरक/एंज़ाइम 'सी' की मौजूदगी में ऐसी ही एक अभिक्रिया दिखाई गई है।

को आपस में जोड़ने का एक वैकल्पिक मार्ग उपलब्ध करा देते हैं - A पहले उत्प्रेरक/एंज़ाइम C से जुड़ता है, फिर यह एंज़ाइम-अभिकारक संकुल क्रिया को पूरा करता है। एंज़ाइम द्वारा वैकल्पिक अल्प ऊर्जा मार्ग कई तरह से उपलब्ध करवाया जा सकता है:

1. दोनों अभिकारक एंज़ाइम के सक्रिय बिंदु पर पास-पास जुड़ सकते हैं जिससे क्रिया की रफ्तार बढ़ जाती है। इसका मतलब यह है कि क्रिया करने वाले दोनों पदार्थों को एक ही समय पर एक स्थान पर पहुंचने की ज़रूरत खत्म हो जाती है। यदि एक पदार्थ पहले पहुंचा तो वह एंज़ाइम से जुड़कर स्थिर हो जाएगा। अब दूसरा पदार्थ जब भी आएगा, पहला पदार्थ उसका इंतज़ार करता मिलेगा।

दरअसल एंज़ाइम का प्रोटीन अणु काफी विशाल होता है। केवल इसका एक छोटा सा हिस्सा ही उत्प्रेरण यानी केटेलिसिस में हिस्सा लेता है। अणु का शेष भाग इस सक्रिय हिस्से यानी सक्रिय बिन्दु को विशेष आकृति में बनाए रखता है।

2. अभिकारक जब एंज़ाइम से जुड़ते हैं तो उनका विशेष उन्मुखीकरण (orientation) बन जाता है जिससे उनके

बीच क्रिया होने में सुविधा होती है।

3. एंज़ाइम अम्ल या क्षार की तरह कार्य करते हुए भी क्रिया को गति दे सकते हैं। जैसे किसी एंज़ाइम में अम्लीय या क्षारीय साइड- ृंखला (site-chain) जुड़ी होती है। ये ृंखलाएं घोल में उपस्थित अम्ल या क्षार की अपेक्षा क्रिया में बेहतर ढंग से सहयोग कर पाती हैं क्योंकि ये सक्रिय बिदुओं पर जुड़े अभिकारकों के नज़दीक ही होती हैं।
4. जब अभिकारक एंज़ाइम से जुड़ता है तो कई बार उसकी त्रिआयामी संरचना इस तरह बदलती है कि वह एक उच्चतर ऊर्जा वाली स्थिति में आ जाती है। क्रिया के सक्रिय संकुल बनने के लिए यह स्थिति ज़रूरी होती है। इस मामले में क्रिया का ऊर्जा चित्र कुछ इस प्रकार का होता है (देखिए चित्र-2)।

ऐसे मामलों में रासायनिक क्रिया शायद इसलिए तेज़ हो जाती है क्योंकि अभिकारक-एंज़ाइम संकुल की ऊर्जा अकेले अभिकारक से अधिक होती है। इसलिए सक्रियकरण ऊर्जा की ज़रूरत कम हो जाती है।

दरअसल किसी भी क्रिया में शुरुआती अभिकारकों और अंतिम उत्पाद के बीच कुल ऊर्जा परिवर्तन में तो कोई फेरबदल नहीं होता मगर एंज़ाइम के होने से यह ऊर्जा परिवर्तन चरणों में संभव हो जाता है।

कुल मिलाकर सामान्य स्थिति में अभिकारकों के बीच अनगिनत बेतरतीब टक्करों में वह बात नहीं बन पाती जो एंज़ाइम की उपस्थिति में आसानी से बन जाती है। एंज़ाइम अभिकारकों से जुड़ जाता है, उन्हें परस्पर सही दिशा में जमा देता है, ज़रूरत के अनुसार अम्लीय या क्षारीय परिवेश उपलब्ध करा देता है, और इस तरह से यह सुनिश्चित करता है कि क्रिया एक निर्धारित ढंग से चले। एंज़ाइम न हो तो ये सारी ज़रूरी बातें - उन्मुखीकरण, ऊर्जा, हाइड्रोजन आयन सांद्रता - संयोग के भरोसे रहती हैं।

नाइट्रोजिनेस

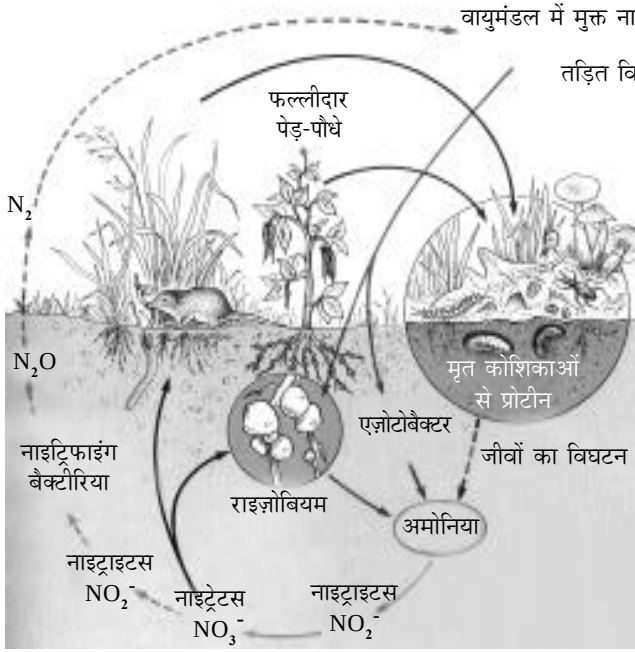
तो नाइट्रोजन स्थिरिकरण पर लौटें। इस क्रिया के लिए एंज़ाइम है नाइट्रोजिनेस जो वायुमंडल की नाइट्रोजन को अमोनिया में बदल देता है। यह अमोनिया फिर सजीव

कितनी ऊर्जा खर्च होती है

नाइट्रोजिनेस एंज़ाइम संकुल नाइट्रोजन के एक अणु को हाइड्रोजन से जोड़कर अमोनिया के दो अणु बनाने में 12 एटीपी अणुओं (कोशिकाओं की ऊर्जा मुद्रा) के बराबर ऊर्जा खर्च करता है। इसके अलावा बचे हाइड्रोजन आयनों को हाइड्रोजन में बदलने में एटीपी के 4 और अणु खर्च होते हैं। पूरी क्रिया निम्नानुसार है:

$N_2 + 6e^- + 12\ ATP + 8H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + 12\ ADP + 12\ Pi$

$2H^+ + 2e^- + 4\ ATP \rightarrow H_2 + 4ADP + 4\ Pi$



नाइट्रोजन चक्र में वायुमंडल की नाइट्रोजन को अमोनिया, नाइट्रेट व नाइट्राइट्स में बदला जाता है, जिसे विकसित वनस्पतियां ग्रहण करके विभिन्न अमीनो अम्लों और अन्य नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक पदार्थों में बदलती हैं। इनका उपभोग जंतु करते हैं। जब पेड़-पौधे और जंतु मरते हैं तब विभिन्न बैक्टीरिया नाइट्रोजन युक्त जटिल अणुओं को तोड़-तोड़कर वापस अमोनिया, नाइट्राइट्स और नाइट्रेट्स में बदल देते हैं। कुछ अन्य बैक्टीरिया इन पदार्थों को वापस नाइट्रोजन में भी बदल डालते हैं। इस प्रकार से नाइट्रोजन सजीव तंत्र में अंगीकार होती है और फिर से मुक्त हो जाती है। यही नाइट्रोजन चक्र है।

तंत्र में समाहित हो जाती है। मज़ेदार बात है कि तथाकथित विकसित पेड़-पौधों और जंतुओं में नाइट्रोजन स्थिरीकरण की क्षमता नहीं होती। वायुमंडल की नाइट्रोजन को कैद करना तो राइज़ोबियम और क्लोस्ट्रिडियम जैसे बैक्टीरिया के ज़िम्मे है। ये बैक्टीरिया सहजीवी हैं। गैर-सहजीवी परिस्थिति में नाइट्रोजन स्थिरीकरण का काम नीली-हरी शैवाल, मिट्टी में रहने वाले एज़ोटोबैक्टर के अलावा क्लेबसिएला और एक्रोमोबैक्टर जैसे कुछ बैक्टीरिया द्वारा किया जाता है। प्रकाश संश्लेषण करने वाले सारे बैक्टीरिया भी नाइट्रोजन स्थिरीकरण कर सकते हैं। इन बैक्टीरिया

की मेहनत का फल पेड़-पौधों को मिलता है और उनके ज़रिए जंतुओं को। इस सहजीवी संबंध में फायदा बैक्टिरिया को भी होता है कि उन्हें बैठे बिठाए भोजन मिलता रहता है।

नाइट्रोजिनेस एंज़ाइम संकुल, दो प्रोटीन्स का संकुल होता है। इनमें से एक लौह प्रोटीन है और दूसरा लौह-मॉलिब्डेनम प्रोटीन है। इनमें से कोई भी अकेला कार्य नहीं कर सकता है। नाइट्रोजन स्थिरीकरण की क्रिया तभी होती है जब ये दोनों प्रोटीन्स मौजूद हों। एक प्रोटीन न हो तो दूसरा अपने बल पर मध्यवर्ती पदार्थ का निर्माण नहीं कर पाता। यह एंज़ाइम संकुल नाइट्रस ऑक्साइड, एसिटिलीन, एज़ाइड, साएनाइड व अन्य सम्बंधित पदार्थों का अवकरण (reduction) भी कर सकता है।

इसकी क्रियाविधि के बारे में सोचा जाता है कि NN को चरणबद्ध ढंग से डाईइमाइड NH=NH में और फिर हाइड्रेज़ीन NH_2-NH_2 में और अंततः $2NH_3$ में बदला जाता है। मगर रोचक तथ्य यह है कि यह एंज़ाइम संकुल इनमें से किसी भी अभिकारक पर सीधे क्रिया नहीं करता। यानी यदि नाइट्रोजन की बजाए डाईइमाइड अथवा हाइड्रेज़ीन दिए जाएं तो यह एंज़ाइम उन्हें अमोनिया में तब्दील नहीं कर पाता। इससे पता चलता है कि ये वास्तविक मध्यवर्ती पदार्थ नहीं हैं। या यह हो सकता है कि एंज़ाइम के सक्रिय बिंदु इन मध्यवर्तियों को सीधे लेकर अमोनिया नहीं बना सकते। हो सकता है कि एंज़ाइम के सक्रिय बिंदु विशिष्ट रूप से मात्र नाइट्रोजन के अणु से ही जुड़ पाते हैं।

सहजीवी बैक्टीरिया

वायुमंडल से नाइट्रोजन ले सकने वाले अधिकांश जीव स्वतंत्र जीवी हैं। अलबत्ता, कुछ जीव ऐसे भी हैं जो फलीदार पौधों (Legumes) के साथ सहजीवी सम्बंध में बंध गए हैं। इन सहजीवी बैक्टीरिया की मदद से नाइट्रोजन स्थिरीकरण का काम जहां फलीदार पौधों की 13,000 से ज़्यादा प्रजातियों में होता है, वहीं गैर-फलीदार पौधों की 250 प्रजातियां ही इस काम को कर पाती हैं। गैर-फलीदार पौधों के साथ जुड़े बैक्टिरिया उनके तनों व पत्तियों पर पाए जाते हैं; जड़ों पर गठानें मात्र फलीदार पौधों में ही पाई जाती हैं। ये बैक्टीरिया फलीदार पौधों की जड़ों पर गठानें बनाकर रहते हैं और नाइट्रोजन स्थिरीकरण के लाभ के बदले में उनकी शेष ज़रूरतें फलीदार पौधा पूरी करता है।

अकेले के बस की बात नहीं

नाइट्रोजिनेस के साथ सम्बद्ध एक और एंज़ाइम लेगहिमोग्लोबीन है जो फलीदार पौधों में उसके काम में मदद करता है। यह हमारे खून में मौजूद हिमोग्लोबीन से मिलता-जुलता है। इसी की वजह से फलीदार पौधों की जड़ों की गठानों में हल्की गुलाबी रंगत होती है और इसीलिए इसका नाम लेग-हिमोग्लोबीन (Leg-haemoglobin) है (फलीदार पौधों को अंग्रेज़ी में लेग्यूम कहते हैं)। इस एंज़ाइम का काम नाइट्रोजिनेस के आसपास से ऑक्सीजन को हटाना है। ऑक्सीजन की उपस्थिति में नाइट्रोजिनेस निष्क्रिय हो जाता है। इससे लगता है कि यह एंज़ाइम सूदूर अतीत में तब विकसित हुआ होगा जब पृथ्वी के वायुमंडल में ऑक्सीजन न के बराबर थी और अनॉक्सी जीवन ही प्रमुख था। लेग-हिमोग्लोबीन ऑक्सीजन से जुड़ जाता है और उसे नाइट्रोजिनेस संकुल के पास नहीं फटकने देता। इस तरह से नाइट्रोजिनेस संकुल की अखंडता बनी रहती है। दूसरी बात यह है कि लेग-हिमोग्लोबीन का उत्पादन सहजीवी बैक्टीरिया द्वारा नहीं बल्कि मेज़बान यानी फलीदार पौधे द्वारा किया जाता है जैसे कि मूंगफली, चना, मटर, मैथी आदि में सहयोग की यह तस्वीर दिखाई देती है।

रास्ते और भी हैं

सजीव तंत्रों में नाइट्रोजन को नाइट्राइट और नाइट्रेट के रूप में भी सोखा जाता है। नाइट्राइट और नाइट्रेट का निर्माण नाइट्रोसोमोनास और नाइट्रोबैक्टर जैसे कुछ बैक्टीरिया करते हैं। ये बैक्टीरिया मिट्टी में उपस्थित अमोनिया का ऑक्सीकरण करके स्वयं के लिए ऊर्जा प्राप्त करते हैं और मिट्टी में नाइट्राइट व नाइट्रेट तैयार कर देते हैं। इस प्रक्रिया को नाइट्रीकरण कहते हैं; इसका परिणाम यह होता है कि विकसित पौधों को मिट्टी में नाइट्रोजन प्रमुख रूप से नाइट्रेट के रूप में मिलती है। कुछ बैक्टीरिया नाइट्रेट को वापस नाइट्रोजन में परिवर्तित कर देते हैं और इस प्रकार से प्रकृति में नाइट्रोजन चक्र चलता रहता है।

तो, हमने देखा कि सजीव तंत्र में नाइट्रोजन जैसे अक्रिय अणु से क्रिया करवाकर जीवन के लिए ज़रूरी अणु पैदा करने के लिए एक पेचीदा व्यवस्था बनी है। दरअसल, सजीवों में हर रासायनिक क्रिया के नियंत्रण व समन्वय हेतु ऐसी ही विस्तृत प्रणालियां हैं। इन सारी जटिल प्रक्रियाओं का ताना-बाना जब कामकाजी जीवों का रूप लेता है तो 'वाह' कहने को जी करता है।

उमा सुधीर: एकलव्य के विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम से संबद्ध हैं। इंदौर में रहती हैं।
अनुवाद एवं संपादन: सुशील जोशी: एकलव्य द्वारा प्रकाशित स्रोत फीचर सेवा से जुड़े हैं।