अध्याय -12

नाइट्रोजन उपापचय तथा नाइट्रोजन चक्र

(Nitrogen Metabolism and Nitrogen Cycle)

नाइट्रोजन वायुमण्डल में सबसे अधिक मात्रा में पायी जाने वाली गैस है। वायुमण्डल में इसकी मात्रा लगभग 78 प्रतिशत तक होती है। नाइट्रोजन जीवद्रव्य में पाये जाने वाले प्रोटीन का प्रमुख घटक है। यह न्यूक्लिक अम्लों, विटामिन, प्रोटीन, अमीनो अम्लों, एन्जाइमों आदि कार्बनिक यौगिकों के रूप में पौधों में उपस्थित होती है।

पादप, वायु के साथ नाइट्रोजन को भी रंध्रों द्वारा ग्रहण करते हैं परन्तु इस रूप में इसका स्वांगीकरण नहीं कर सकते हैं। पादप नाइट्रोजन को केवल मृदा द्वारा प्राप्त करते हैं, क्योंकि मृदा में यह कार्बनिक एवं अकार्बनिक नाइट्रोजन युक्त यौगिकों के रूप में विद्यमान रहती है।

गैसीय अवस्था में उपस्थित मुक्त नाइट्रोजन का उपयोग उच्च विकसित सजीवों द्वारा नहीं किया जा सकता है। परन्तु कुछ जीवाणु, कवकें, नीलहरित शैवाल आदि वातावरणीय मुक्त नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करने में सक्षम होते हैं। ये सूक्ष्मजीव स्वतंत्र अथवा सहजीवी अवस्था में पाये जा सकते हैं।

पादपों में नाइट्रोजन युक्त यौगिकों का शुष्कभार पौधे के सम्पूर्ण शुष्क भार का लगभग 5-30 प्रतिशत तक होता है, जो पादपों में इसके महत्व को प्रदर्शित करता है। यह एक नियंत्रक पोषक तत्व है एवं इसकी कमी से कई प्रकार के पादप रोग उत्पन्न होते हैं।

पादप निम्न चार प्रकार के नाइट्रोजन युक्त यौगिकों का उपयोग करते है-

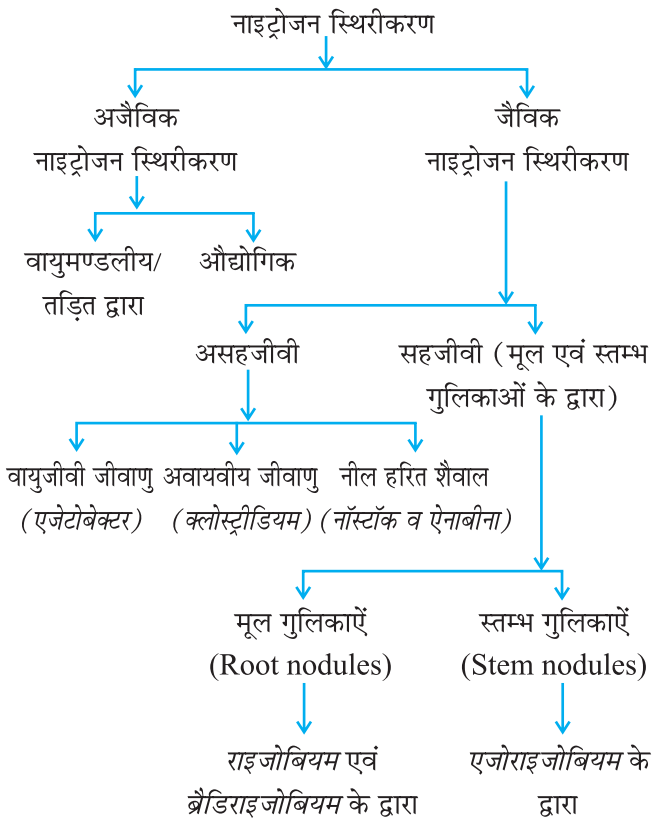
(i) नाइट्राइट **(ii)** नाइट्रेट **(iii)** अमोनिया युक्त यौगिक **(iv)** नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक यौगिक

पौधों द्वारा नाइट्रोजन के उपयोग के पश्चात् विभिन्न कार्बनिक यौगिको को निर्माण किया जाता है। कुछ सूक्ष्मजीव वायुमण्डलीय नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करते हैं। इस प्रकार स्थिरीकृत नाइट्रोजन विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा पुनः वातावरण में दूसरे जीवों के उपयोग के लिए मुक्त हो जाती है। यह सम्पूर्ण प्रक्रिया **नाइट्रोजन चक्र** कहलाती है। वातावरण में घटित होने वाला यह नाइट्रोजन चक्र निम्न चार चरणों में सम्पन्न होता है।

(A) नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Nitrogen fixation)
(B) अमोनीकरण (Ammonification)
(C) नाइट्रीकरण(Nitrification)
(D) विनाइट्रीकरण (Denitrification)

(A) नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Nitrogen fixation)

नाइट्रोजन गैस के एक अणु में दो नाइट्रोजन परमाणु शक्तिशाली त्रिसहसंयोजी आबंध से बंधित होने कारण निष्क्रिय होते हैं। इस बंध को तोड़कर दूसरे अणुओं में बंधित होने में अत्याधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। जैवमण्डल में नाइट्रोजन स्थिरीकरण की प्रक्रिया अलग-अलग पथों से सम्पन्न होती है। जिसको एक रेखिक चार्ट द्वारा समझा जा सकता है।



चार्ट : नाइट्रोजन स्थिरीकरण के प्रकार

I. अजैविक नाइट्रोजन (N_2) स्थिरीकरण (Abiological Nitrogen N_2 Fixation) – इस प्रकार का नाइट्रोजन स्थिरीकरण मुख्यत: पर्यावरणीय कारकों के प्रभाव से सम्पन्न होता है। यह दो प्रकार से हो सकता है।

(i) वायुमण्डलीय नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Atmospheric Nitrogen Fixation) – प्रकृति में तड़ित (बिजली चमकने) एवं पराबैंगनी किरणों के प्रभाव से वायुमण्डल में उपस्थित मुक्त नाइट्रोजन ऑक्सीजन से संयुक्त होकर नाइट्रिक आक्साइड (NO) का निर्माण करती है। नाइट्रिक आक्साइड आक्सीजन से पुन: संयोजित होकर नाइट्रोजन डाई आक्साइड (NO_2) बनाता है। नाइट्रोजन डाई आक्साइड जल से अभिक्रिया करके नाइट्रस अम्ल (HNO_2) व नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) का निर्माण करता है। इस प्रकार निर्मित नाइट्रिक अम्ल वर्षा जल के साथ मृदा में चला जाता है। जहाँ यह क्षारीय पदार्थों से क्रिया करके नाइट्रेट (NO_3^-) का निर्माण करता है, जिसका अवशोषण पौधों द्वारा किया जाता है।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow[\text{मेघगर्जन}]{\text{तड़ित}} 2NO \text{ (नाइट्रिक आक्साइड)}$$

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2 \text{ (नाइट्रोजन डाई आक्साइड)}$$

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_2 + HNO_3 \text{ (नाइट्रिक अम्ल)}$$

इस प्रकार होने वाला नाइट्रोजन स्थिरीकरण सम्पूर्ण नाइट्रोजन स्थिरीकरण का लगभग दस प्रतिशत तक होता है।

(ii) औद्योगिक नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Industrial Nitrogen Fixation) – अत्यधिक ताप, दाब एवं उत्प्रेरक की उपस्थिति में वायुमण्डलीय नाइट्रोजन एवं हाइड्रोजन संयुग्मित होकर अमोनिया (NH_3) बनाते हैं जिसका उपयोग औद्योगिक स्तर पर रासायनिक उर्वरक बनाने में किया जाता है। अमोनिया निर्माण की यह विधि **हैबर विधि** कहलाती है–

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{उच्च दाब + उत्प्रेरक}]{\text{उच्च ताप}} 2NH_3$$

II. जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Biological Nitrogen Fixation) – वायुमण्डलीय नाइट्रोजन को सूक्ष्मजीवों द्वारा कार्बनिक अथवा अकार्बनिक यौगिकों में बदलने को जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण कहा जाता है। इन सूक्ष्मजीवों को **डाइएजोट्रोफ** (Dia-azotrophs) कहते हैं, क्योंकि ये वायुमण्डल की डाइनाइट्रोजन (N≡N) का यौगिकीकरण करते हैं। जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण दो प्रकार से सम्पन्न होता है।

(i) असहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Nonsymbiotic Nitrogen Fixation) – इस प्रकार का नाइट्रोजन स्थिरीकरण मृदा में उपस्थित स्वतंत्र सूक्ष्मजीवों द्वारा किया जाता है। नाइट्रोजन के असहजीवी स्थिरीकरण में निम्न सूक्ष्मजीव भाग लेते हैं।

(a) वायुजीवी जीवाणु (Aerobic bacteria)

उदा. – ***एजोटोबेक्टर (Azotobacter), एजोमोनास (Azomonas)***

(b) अवायवीय जीवाणु (Anaerobic bacteria)

उदा.- ***क्लॉस्ट्रीडियम*** *(Clostridium)*

(c) प्रकाशसंश्लेषी जीवाणु (Photosynthetic bacteria) **उदा.-** ***क्लोरोबियम*** *(Chlorobium)*, ***रोडोसुडोमोनास*** *(Rhodopseudomonas)*

(d) कवक (Fungi) **यीस्ट** (Yeast)

(e) नीलहरित शैवाल (Blue Green Algae) या सायनोबैक्टीरिया (Cyanobacteria)

नॉस्टोक (Nostoc), ऐनाबीना (Anabaena) इत्यादि

नील हरित शैवाल में एक विशिष्ट कोशिका हेटेरोसिस्ट (Heterocyst) पायी जाती है जो नाइट्रोजन स्थिरीकरण का कार्य सम्पन्न करती है। इन सूक्ष्मजीवों की सक्रियता हेतु मोलिब्डेनम तत्व की आवश्यकता होती है।

(ii) सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Symbiotic Nitrogen Fixation) – इस प्रकार के नाइट्रोजन स्थिरीकरण में सूक्ष्मजीवों एवं पादपों के मध्य एक सहजीवी सम्बन्ध स्थापित हो जाता

है। लेग्यूमिनोसी (Leguminosae) कुल के पादपों की जड़ों में *राइजोबियम (Rhizobium)* एवं *ब्रेडीराइजोबियम (Bradyrhizobium)* जीवाणु की विभिन्न जातियाँ प्रवेश कर मूल ग्रन्थिकाओं का निर्माण करती हैं एवं मृदा की नाइट्रोजन को नाइट्रेट यौगिकों में बदलती हैं। *एजोराइजोबियम(Azorhizobium)* के द्वारा लेग्यूमिनोसी कुल के *सेसबेनिया (Sesbania)* पौधे में स्तम्भ गुलिकाएं (Stem nodules) बनाकर नाइट्रोजन स्थिरीकरण किया जाता है। अलेग्यूमिनोसी पादप (eg. *एल्नस*) की जड़ों पर *फ्रैंकिया (Frankia)* नामक सूक्ष्मजीव नाइट्रोजन स्थिरीकारक ग्रांथियां उत्पन करता है। *एजोला (Azolla)* नामक टेरिडोफाइट की पत्तियों में *एनाबीना (Anabaena)* नामक नील हरित शैवाल के द्वारा नाइट्रोजन स्थिरीकरण किया जाता है।

जीवाणु संक्रमण एवं गुलिका निर्माण की क्रिया विधि (Mechanism of Bacterial infection and nodulation)

राइजोबियम मृदा में पाये जाने वाला एक ग्राम ऋणात्मक (G^-), दण्डाणु (Bacillus) प्रकार का जीवाणु है। यह शिम्बी पादपों की मूलों के समीप क्षेत्र में एकत्रित हो जाता है तथा शीघ्र ही गुलिका निर्माण प्रारम्भ कर देता है। *राइजोबियम* जीवाणु द्वारा मूल में गुलिका निर्माण की प्रक्रिया निम्न चरणों में सम्पन्न होती है -

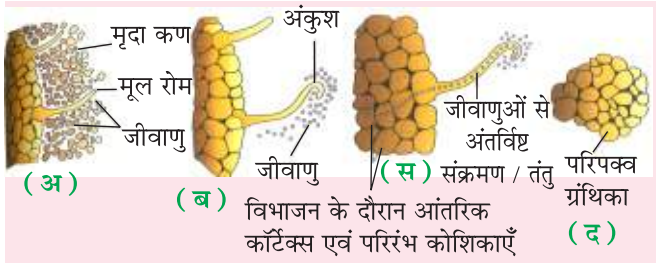
(i) सर्वप्रथम लेग्यूम पौधों की जड़ों द्वारा एक विशिष्ट ग्लाइकोप्रोटीन, **लैक्टीन** (Lectin) का स्राव किया जाता है। यह लैक्टीन *राइजोबियम* की विशेष जाति को जड़ की और आकर्षित करता है।

(ii) पादप मूलों द्वारा स्रावित पादप हार्मोन जैसे ऑक्सिन, साइटोकाइनिन तथा जीवाणु द्वारा निर्मित व स्रावित **नॉड कारक** (Nod factor) के प्रभाव में मूलरोमों का शीर्ष हुकनुमा कुण्डलित हो जाता है।

(iii) हुक के समान कुण्डलित मूलरोम के सिरे पर कोशिका भित्ति जगह-जगह से टूट जाती है एवं टूटी हुई कोशिका भित्ति से श्लेष्मीय पदार्थ के साथ *राइजोबियम* जीवाणु कोशिका में प्रवेश कर जाते है। मूलरोम में प्रविष्टी के पश्चात् राइजोबियम जीवाणु बेक्टीरॉइड(Bacteroid)कहलाता है।

(iv) मूलरोम की झिल्ली, अन्तर्वलित होकर मूल रोम में संक्रमण तंतु का निर्माण करती है। धीरे-धीरे यह संक्रमण तंतु मूल की वल्कुटीय कोशिकाओं में प्रवेश करता है एवं बाह्य वल्कुटीय कोशिकाओं के केन्द्रक में बहुगुणन द्वारा DNA की मात्रा बढ़ाने के लिए प्रेरित करता है। जिससे वल्कुटीय कोशिकाएं बहुगुणित हो जाती हैं। ये बहुगुणित कोशिकाएं सतत् विभाजनों द्वारा गुलिकाओं का निर्माण करती है। गुलिकाओं के आकार में वृद्धि जीवाणु कोशिका द्वारा स्रावित वृद्धि हार्मोन IAA (इन्डोलऐसीटीक अम्ल)द्वारा होती है।

(V) ग्रंथिका निर्माण के पश्चात् इसमें संवहन ऊतक विकसित हो जाता है तथा यह मूल के संवहन ऊतक से सम्बन्ध स्थापित कर लेता है। जीवित ग्रंथिका में उपस्थित बेक्टीरॉइड की परिजीवाणु झिल्ली (Peribacteroid membrane) में उपस्थित एक वर्णक लेगहीमोग्लोबीन के कारण ये ग्रंथिकाऐं गुलाबी रंग की दिखाई देती हैं जबकि मृत अवस्था में श्वेत या हल्के पीले रंग की होती हैं।



चित्र 12.1 (अ) मूलरोम, मृदाकण तथा जीवाणु (ब) मूलरोम का जीवाणु द्वारा संक्रमण (स) हुकनुमा मूलरोम तथा वल्कुट में संक्रमण रेशा (द) परिपक्व ग्रंथिका

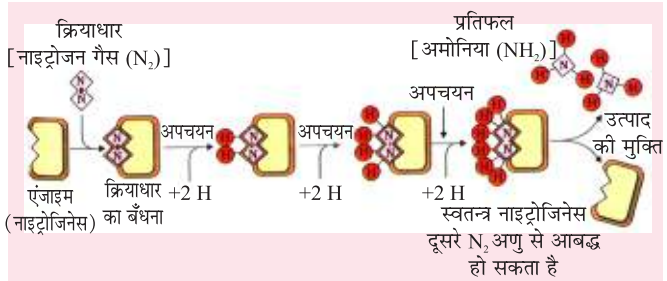
सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण में दो प्रकार के प्रोटीन का विशेष महत्त्व होता है-

1. लेगहीमोग्लोबीन (Leghaemoglobin) - सक्रिय एवं क्रियाशील गुलिकाओं में एक लाल गुलाबी रंग का वर्णक पाया जाता है जिसे लेगहीमोग्लोबीन कहते है। यह वर्णक नाइट्रोजन स्थिरीकरण के समय O_2 अवशोषित करने का कार्य करता है क्योंकि नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाला एन्जाइम नाइट्रोजिनेज, आक्सीजन के प्रति अतिसंवेदशील होता है तथा केवल अनॉक्सी वातावरण में ही सक्रिय होता है। ऑक्सीजन की उपस्थिति में यह निष्क्रय हो जाता है। अत: लेगहीमोग्लोबीन O_2को अवशोषित कर नाइट्रोजिनेज को निष्क्रिय होने से बचाता है। अत: इस वर्णक की अनुपस्थिति में नाइट्रोजन स्थिरीकरण संभव नहीं है।

2. नोडयूलिन (Nodulin) प्रोटीन - इस प्रोटीन के कई प्रारूप हो सकते हैं जो गुलिका की संरचना एवं नाइट्रोजन तथा कार्बोहाइट्रेट के उपापचय से सम्बन्धित है।

सहजीवन द्वारा नाइट्रोजन स्थिरीकरण दो सहजीवों के संजीन में स्थित जीनों के परस्पर सहयोग व अभिव्यक्ति का परिणाम है।

नाइट्रोजन यौगिकीकरण में परपोषी के नोड जीन (Nod genes) एवं जीवाणु के नोड, निफ (Nif) एवं फिक्स (Fix)जीनों का विशेष योगदान होता है। नोड जीन गुलिकाओं के निर्माण एवं निफ जीन्स नाइट्रोजन स्थिरीकरण में मुख्य भूमिका निभाते हैं।



चित्र 12.2 नाइट्रोजिनेज एन्जाइम तथा वायुमण्डलीय N_2 का NH_3 में परिवर्तन

सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण की क्रिया विधि (Mechanism of Symbiotic N_2 Fixation) – सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण मूल गुलिकाओं में सम्पन्न होता है क्योंकि इनमें स्थिरीकरण हेतु आवश्यक नाइट्रोजिनेज एन्जाइम एवं लेगहीमोग्लोबीन वर्णक पाया जाता है। नाइट्रोजिनेज एन्जाइम के संश्लेषण का नियंत्रण *राइज़ोबियम* जीवाणु के निफ जीन द्वारा होता है। नाइट्रोजिनेज एन्जाइम प्रोटीन, मोलिब्डेनम (Mo) एवं लौह (Fe) तत्वों का बना होता है। नाइट्रोजिनेज एन्जाइम स्वतंत्र नाइट्रोजन को निम्न रासायनिक अभिक्रिया द्वारा अमोनिया में बदल देता है। इसके लिए ATP के रूप में ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

$$N_2+8H^++8e^-+16ATP \xrightarrow{\text{नाइट्रोजिनेज}} 2NH_3+H_2+16ADP+16Pi$$

इस प्रकार से निर्मित अमोनिया का उपयोग अमीनो अम्ल के निर्माण में किया जाता है। इस प्रक्रम में सर्वप्रथम अमोनिया α– कीटोग्लूटेरिक अम्ल से क्रिया कर ग्लूटेमिक अम्ल का निर्माण करती है एवं इस ग्लूटेमिक अम्ल से अन्य प्रकार के अमीनो अम्लों का निर्माण होता है।

अमोनिया का स्वांगीकरण (Ammonia Assimilation) – जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण में अमोनिया का निर्माण होता है परन्तु अमोनिया एवं अमोनियम आयन पादपों के लिए विषाक्त होते हैं अत: इनको कार्बनिक अम्लों से संयुक्त करके अमीनो अम्लों में परिवर्तित कर देते हैं। यह क्रिया दो विधियों द्वारा सम्पन्न होती है।

(i) अपचयनशील एमीनीकरण (Reducing amination) – इस प्रक्रिया में अमोनिया α– कीटोग्लूटेरिक अम्ल के साथ क्रिया करके ग्लूटेमिक अम्ल(अमीनो अम्ल) का निर्माण करते है।

$$Nh_4^+ + \alpha\text{–कीटोग्लूटेरिक अम्ल} + NADPH_2 \xrightarrow{\text{ग्लुटेमेटडिहाड्रोजिनेज}} \text{ग्लूटेमेट} + H_2^+ + NADP$$

(ii) ट्रान्सएमीनेज अभिक्रिया (Transaminase reaction) –इस प्रक्रिया में एक अमीनो अम्ल के अमीनो समूह का स्थानान्तरण एक कीटो–अम्ल को होता है। इसके परिणामस्वरूप नये अमीनो–अम्ल का निर्माण होता है।

ट्रान्स एमीनेशन के द्वारा लगभग 17 प्रकार के अमीनो अम्लों का संश्लेषण किया जा सकता है।

(B) अमोनीकरण (Ammonification)

मृदा में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों के विघटन से अमोनिया या अमोनियम यौगिकों के निर्माण की प्रक्रिया **अमोनीकरण** कहलाती है।

पादपों द्वारा अवशोषित अकार्बनिक नाइट्रोजन स्वांगीकृत होकर कार्बनिक पदार्थों में रुपान्तरित हो जाती है। पौधों की मृत्यु एवं क्षय के पश्चात ये कार्बनिक पदार्थ सूक्ष्मजीवाणुओं द्वारा पुन: विघटित होकर अकार्बनिक नाइट्रोजन को गैस रूप में वातावरण में मुक्त करते हैं। यह क्रिया मृदा में उपस्थित सक्रिय प्यूट्रीफाइंग जीवाणुओं द्वारा निम्न चरणों में सम्पन्न होती है।

(क) प्रोटीन अपघटन (Proteolysis)– इस प्रक्रिया में प्रोटीन को विघटित कर अमीनो अम्लों में रूपान्तरित कर दिया जाता है।

उदाहरण – *क्लोस्ट्रीडियम (Clostridium) स्यूडोमोनास (Pseudomonas)*

(ख) विऐमीनीकरण (Deamination)– इस प्रकिया में अमीनो अम्लों का जीवाणुओं द्वारा विघटन कर इससे निर्मित अमोनिया को वातावरण में मुक्त कर दिया जाता है। उदाहरण – *बेसिलस (Bacillus)* जीवाणु की विभिन्न जातियाँ।

(C) नाइट्रीकरण (Nitrification)

अमोनिया का नाइट्रेट में आक्सीकरण **नाइट्रीकरण** कहलाता है। यह अभिक्रिया विभिन्न प्रकार के रसायन पोषित (Chemotrophic) जीवाणुओं द्वारा सम्पन्न होती है। यह अभिक्रिया दो चरणों में पूर्ण होती है

(क) अमोनिया का नाइट्राइट में परिवर्तन – अमोनिया *नाइट्रोसोमोनास (Nitrosomonas)* जीवाणु की उपस्थिति में आक्सीकृत होकर नाइट्राइट में परिवर्तित हो जाती है।

$$2NH_3+3O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}} 2HNO_2+2H_2O+\text{ऊर्जा}$$

(ख) नाइट्राइट का नाइट्रेट में रूपान्तरण – नाइट्रोबेक्टर *(Nitrobacter)* जीवाणु की उपस्थिति में नाइट्राइट का आक्सीकरण होने पर नाइट्रेट का निर्माण होता है–

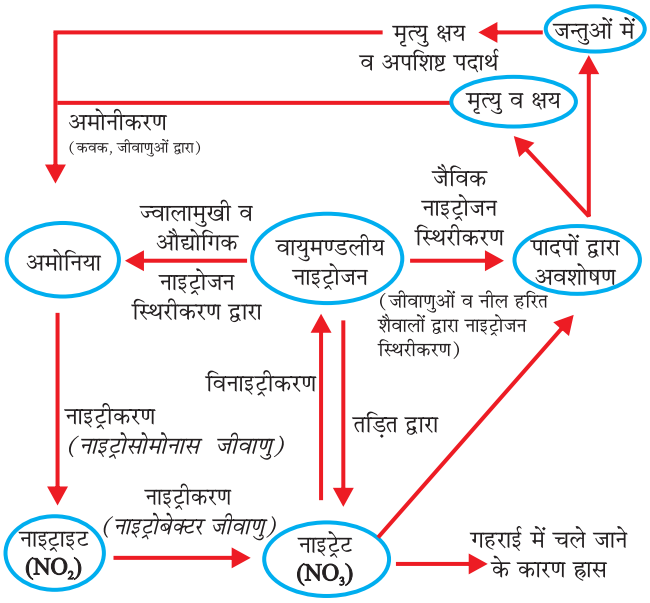
$$2HNO_2+O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrobacter}} 2HNO_3+\text{ऊर्जा}$$

(D) विनाइट्रीकरण (Denitrification)

जीवाणुओं द्वारा मृदा में उपस्थित नाइट्रेट को नाइट्रोजन में बदलने की क्रिया विनाइट्रीकरण कहलाती है, जिससे भूमि की उर्वरा शक्ति कम हो जाती है।

उदाहरण – *बैसिलस डिनाइट्रीफिकेन्स (Bacillus denitrificans), थायोबैसिलस डिनाइट्रीफिकेन्स (Thiobacillus denitrificans)*

इस प्रकार उपरोक्त चार चारणों में होने वाले नाइट्रोजन चक्र को निम्न आरेख द्वारा समझाया जा सकता है।



चित्र 12.3 नाइट्रोजन चक्र

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. वायुमण्डल में नाइट्रोजन 78 प्रतिशत तक पायी जाती है।
2. नाइट्रोजन सभी सजीवों में महत्त्वपूर्ण कार्बनिक यौगिकों जैसे- प्रोटीन, न्यूक्लिक अम्ल के रूप में विद्यमान होती है।
3. जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण स्वतंत्रजीवी एवं सहजीवी सूक्ष्मजीवों द्वारा किया जाता है।
4. सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण लेग्यूमिनोसी कुल के पादपों की जड़ गुलिकाओं में *राइजोबियम* जीवाणु की जातियों द्वारा किया जाता है।
5. प्राकृतिक नाइट्रीकरण, *नाइट्रोसोमोनास* एवं *नाइट्रोबैक्टर* जीवाणुओं द्वारा सम्पन्न होता है।
6. लेगहीमोग्लोबीन नाइट्रोजिनेज एन्जाइम को आक्सीकरण से बचाता है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुवैकल्पिक प्रश्न

1. लेग्यूमिनोसी कुल के पादपों में नाइट्रोजन स्थिरीकरण के लिए आवश्यक वर्णक है-

(अ) हीमोग्लोबिन (ब) लेगहीमोग्लोबिन
(स) पर्णहरित (द) जैन्थोफिल

2. नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले सूक्ष्मजीवों की सक्रियता के लिए आवश्यक तत्व है-

(अ) कोबाल्ट (ब) मोलिब्डेनम
(स) आयरन (द) उपरोक्त सभी

3. पादपों में नाइट्रोजन किस रूप में अवशोषित होता है-

(अ) अमोनिया (ब) नाइट्रोजन
(स) नाइट्राइट (द) नाइट्रेट

4. सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाला जीवाणु है-

(अ) *नाइट्रोसोमोनास* (ब) *नाइट्रोबेक्टर*
(स) *राइजोबियम* (द) उपरोक्त सभी

5. निम्न में कौनसा विनाइट्रीकारी जीवाणु है-

(अ) *राइजोबियम* (ब) *बैसीलस डिनाइट्रीफिकेन्स*
(स) *नाइट्रोबेक्टर* (द) *नाइट्रोसोमोनास*

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

1. नील हरित शैवाल में नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाली विशिष्ट कोशिका कौनसी है?
2. लेगहीमोग्लोबिन क्या है?
3. लेक्टीन नामक ग्लाइकोप्रोटीन का क्या कार्य है?
4. सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण में प्रयुक्त होने वाली दो प्रमुख प्रोटीन कौनसी है?
5. नाइट्रोजन स्थिरीकरण किसे कहते है?

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. वायुमण्डल में 78 प्रतिशत नाइट्रोजन होते हुए भी पादप इसका प्रत्यक्ष उपयोग क्यों नहीं कर सकते हैं?
2. सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण से आप क्या समझते हैं?
3. निम्न पर टिप्पणियाँ लिखिए-
   (क) नाइट्रीकरण (ख) विनाइट्रीकरण
   (ग) निफ जीन (घ) लेगहीमोग्लोबिन
4. लेग्यूमिनोसी पादपों की जड़ों में गुलिका निर्माण की क्रिया विधि समझाइये।

निबन्धात्मक प्रश्न

1. नाइट्रोजन स्थिरीकरण से आपका क्या अभिप्राय है? पादपों में जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण को समझाइये।
2. नाइट्रोजन चक्र की विभिन्न घटनाओं पर एक लेख लिखिए।

उत्तरमाला - 1. (ब) 2. (द) 3. (द) 4. (स) 5. (ब)