تثبيت النتروجين Nitrogen fixation

ينصب اهتمام الباحثين على عملية تثبيت النيتروجين و ذلك لأهمية هذا العنصر بوصفة احد العناصر الأساسية الداخلة في تركيب البروتين و المادة الوراثية الداخلة في بناء الخلة الحية و تكوين الكلوروفيل و الهرمونات و الأوكسينات و السايتوكينات . ان النيتروجين الجوي N2 هو غاز خامل لا يتفاعل مع المواد الكيميائية الاخرى ليولد مركبات جديدة لذلك عملية تثبيته هي تحويله من الشكل الغير الفعال ال الشكل الفعال (الأمونيوم) بمساعدة انزيم النيتروجينيز و بذلك تعد عملية تثبيت النتروجين اكبر ثاني عملية حيوية مهمة بعد التركيب الضوئي حيث يتم فيها تحويل النتروجين الجوي الى امونيا بأستخدام بعض الأحياء المتمثلة بأغلب الطحالب الخضر المزرقة بألأضافة الى بعض انواع البكتريا .

اشكال النتروجين في الطبيعة :

اما يوجد بشكل غازN_2 و هذا نسبته 78% و يكون مرتبط بأصرة ثلاثية لا يستفاد منه النبات او الكائنات الحية الأخرى الأ ان يتحول ال صيغة اخر و يوجد النيتروجين بشكل مركبات او ايونات لاعضوية مثل النترات NO3 و النتريت N02 و الامونيا NH3 و ايون الأمونيوم +NH4 و يوجد بشكل عضوي متمثل بالبروتينات و الأحماض الأمينية .

الكائنات الحية التي تقوم بعملية تثبيت النتروجين

هناك ثلاثة انواع من الكائنات الحية الموجودة في البيئة تقوم بعملية تثبيت النتروجين و هي :

1- كائنات حية تعيش بصورة حرة في الطبيعة free living organism و تضم الطحالب الخضر المزرقة و بكتريا النترجة Azobacter , Clostridium
2- متعايشة مع كائنات حية اخرى association of symbiosis كائنين يعيشان مع بعضهما و يستفاد كلاهما يطلق على العلاقة تبادل منفعة mutalism من هذه الأنواع الأشنات علاقة طحلب مع فطر (algae +fungi)
3- كائنات حية متعايشة مع اخرى مثل بكتريا العقد الجذرية في النباتات البقولية Legum حيث تكون علاقة بين كائنين احدهما يستفاد و الأخر لا يستفاد و لا يتضرر

العوامل الأساسية في عملية تثبيت النتروجين :

1. الحويصلات المغايرة heterocyst : عبارة عن خلايا خضرية متحورة تتكون في مراحل معينة من عمر النبات (الطحالب الخضر المزرقة) و تتكون عندما يكون هناك شد او نقص واضح في تركيز النيتروجين في البيئة التي تعيش فيها و بذلك يعتبر وجود هذه الحويصلات ادلة بايلوجية على ان تلك البيئة فيها نقص واضح في تركيز النيتروجين .

هنـاك نـوعين مـن التحـورات التـي تحصـل فـي الخليـة الخضـرية لكـي تتحـول ال حويصـلة مغـايرة :اولا - تحورات تركيبية

1- و التي تتمثل في زيادة حجم الخلية الطحلبية (نتيجة لزيادة المادة الحية فيها)

2- تحـيط الخليـة نفسـها بغـلاف متعـدد الطبقـات مـن النـوع lipo protein بحيـث يحـيط هـذا الغـلاف جميـع جسـم الخليـة عـدا منـاطق الأرتبـاط بالخليـة الخضـرية المجـاورة لهـا و عـن طريـق مـا يسـمى بالعقـد القطبيـة polar nodule عنـدما تكـون الحويصـلة المغـايرة فـي نهايـة الخـيط الطحلبـي فأنهـا تحتـوي علـى عقـدة قطبيـة واحـدة و لا يغلـف مـوقعي الأرتبـاط مـع الخليتـين الخضرتيين و عندما تكون الحويصلة المغايرة وسطي فأنها تحتوي عل عقدتين قطبتين .

3- تختفـي المـواد الغذائيـة المخزونـة فـي الخليـة الحضـرية و تسـبتدل بمـواد اخـرى كمـا يعـاد تنظـيم اغشـية التركيـب الضـوئي (الثايلوكويـد) فـي داخـل الخليـة الطحلبيـة بحيـث يصـبح شـكل الحويصلة المغايرة شفافا متجانسا بعد ان كان حبيبي غير متجانس .

4- تكـون العقـد القطبيـة عـددها 2 عنـدما تكـون الحويصـلة المغـايرة فـي الوسـط و عقـدة قطبيـة واحدة عندما تكون الحويصلة المغايرة في نهاية الخيط .

ثانيا : تحورات فسيولوجية :

1- يتكـون انـزيم النيتروجنيـز Nitrogenese و هـو الأنـزيم المسـؤول عـن عمليـة تثبيـت النيتروجين في الحويصلات المغايرة .

2-تختفي صبغة Biliproteins

3-يختفـي النظـام الضـوئي الثـاني و يبقـى النظـام الضـوئي الأول حيـث يـتم انتـاج الطاقـة بشـكل ATP بالأضافة الى العوامل المختزلة المتمثلة بـ NDPH .

4-عـدم وجـود الأنـزيم الأول فـي تفـاعلات الظـلام و الـذي يثبـت co2 و يحولـه الـى سـكريات ثلاثية Rhibulose 1,5 biphosphate

5- يتكـون بـروتين cyaoglubin الـذي يقـوم بحفـظ انـزيم Nitrogenese مـن خـلال تعرضـة الـى الأوكسـجين حيـث ان مميـزات هـذا الأنـزيم انـه يثـبط و يتلـف بوجـود الأوكسـجين حيـث يعمل هذا البروتين على حماية الأنزيم من الأوكسجين .

2-انـزيم النيتروجينيـز Nitrogenase هـو الأنـزيم الـذي لـه القـدرة علـى اختـزال النيـروجين الجـوي ال امونيـا والمسـؤول عـن عمليـة تثبيـت النيتـروجين فـي خلايـا الحويصـلات المغـايرة حيث يتكون هذا الأنزيم من وحدتين هما

أ- وحدة بروتينية كبيرة ذات وزن جزيئي يصل الى 220.000 دالتون مكون من ذرات الحديد 32- 33 و الكبريت يتراوح عددها 32-27 كما يحتوي على ذرتين من عنصر المولبيديوم

ب- وحدة بروتينية اصغر وزنها الجزيئي 67000 مكونة من ذرات الحديد و الكبريت فقط و عددها 4 تتميز مركبات هذه البروتين بأنها حساسة للأوكسجين لذلك يثبط عمل هذا الأنزيم بوجود الأوكسجين و ينشط هذا الأنزيم بوجود انزيمات المغنيسيوم ++Mg

لغرض تحقيق افضل ظروف لأستمرار تثبيت النيتروجين لابد من توفر العوامل التالية : يجب ان تكون عملية التركيب الضوئي في الطحلب جيدة جدا و بالتالي الحصول عل الطاقة بشكل ATP و التي عددها 6 لكل جزيئة نيتروجين عند تثبيتها و الحصول عل جزيئتين امونيا كنتيجة نهائية كما نحصل على الألكترونات بأضافة الى ايونات الهيدروجين و تحتاج الى جزيئتين من العامل المختزل NDPH و جميع هذه المكونات نحصل عليها من عملية التركيب الضوئي كذلك يجب توفر انزيم النيروجنيز و الحويصلة المغايرة و الحصول عل بعض السكريات التي هي عبارة عن مصادر الطاقة ايضا من الخلية الخضرية المجاورة للحويصلة المغايرة .