

## العلاقة التكافلية بين بكتريا رايزوبيوم ونباتات العائلة البقولية

تلعب بكتريا العقد الجذرية *Rhizobium* دوراً حيوياً في الزراعة عن طريق حثها لتكوين العقد الجذرية على جذور البقوليات مثل البسلة والفل والبرسيم وتستطيع هذه العقد أن تقلل كمية المخصبات النيتروجينية المضافة خلال نمو هذه المحاصيل . وجد أن عملية تكوين العقد يتم تنشيطها عن طريق إشارات من جذور النباتات وكننتيجة لذلك تخلق البكتريا وتكون إشارات تستحث النسيج المرستيمي لتكوين العقدة بما يمكن البكتريا من اختراقه من خلال خيط إصابة يقوم النبات بتكوينه Plant-made infection thread

حيث تتم العلاقة التكافلية التي تجمع بين بكتريا من جنس رايزوبيوم المثبتة للنيتروجين ونبات من العائلة البقولية وفقاً لمرحلتين رئيسيتين هما:-

### أولاً: الإصابة بالبكتيريا

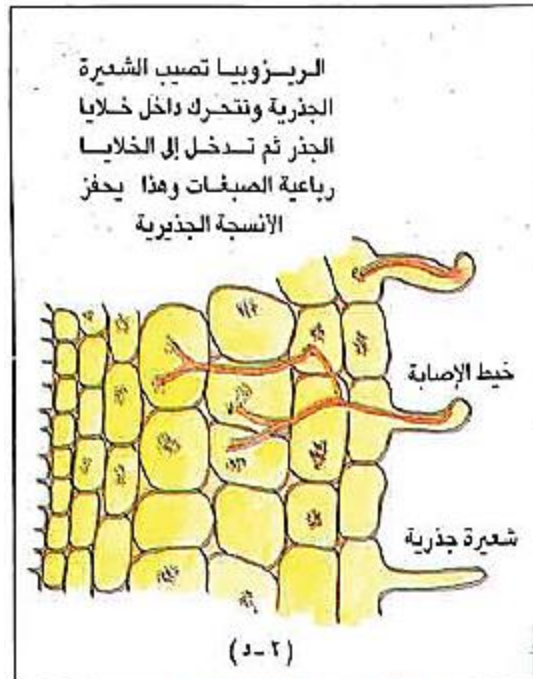
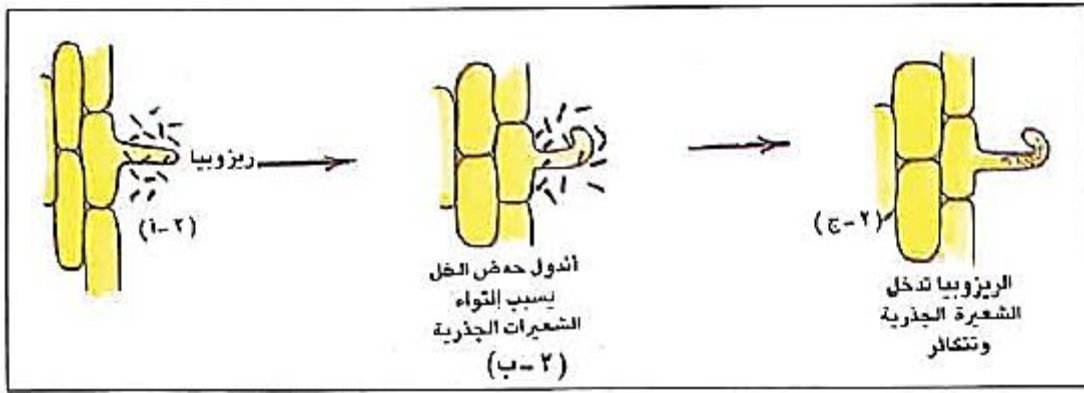
تتم الإصابة بالبكتريا وفقاً للخطوات التالية:-

1- يحدث إنجذاب بين الرايزوبيوم وجذور النبات البقولي وهذا الانجذاب هو إنجذاب كيميائي، حيث تفرز جذور النبات البقولي مادة عضوية تعرف بالكيتين (بروتين)، وعند حدوث توافق بين مادة الكيتين ونوع السكر الموجود على سطح جدار الخلية البكتيرية. فنجد أن الالتصاق يحدث أولاً يتم بين البكتريا والشعيرات الجذرية للنبات البقولي النامي.

2- حدوث التواء للشعيرات الجذرية للنبات البقولي وهذا نتيجة فعل هرمون IAA (اندول حمض الخل Indole Acetic Acid) (ينتج من القمم النامية للنبات في المنطقة العليا سواء للساق والجذر، مما يعمل على زيادة نمو الساق في الطول، وزيادة لدونة ومرونة خلايا النبات، ويؤدي إلى استطالتها). يحدث تكون ثقب في الجدار الخلوي للشعيرة الجذرية مما يعمل على اختراق البكتيريا لخلايا الشعيرات الجذرية مكونة ما يعرف بخيط الإصابة (العدوى) ، يلي ذلك أن تنقسم وتتكاثر البكتيريا داخل القشرة . يلاحظ أن البكتيريا لا تنمو في سيتوبلازم خلايا الجذر.

3- تنشط خلايا الجذر البقولي الذي حدث فيه اختراق الخلايا البكتيرية وتنقسم وناقلة للخلايا البكتيرية إلى الخلايا الجديدة، عندها تتكون العقد الناتجة من الانقسامات الغزير لخلايا النبات مما يعمل على تضخم الخلايا، كما أن الخلايا المجاورة تكبر في الحجم وتنشط في الانقسام، ويعلل انقسام الخلايا المجاورة توفر هرمون الهترواوكسين (Heteroauxin) حيث يساهم في زيادة نشاط خلايا العائل.

وقد لوحظ ان عدد الكروموسومات في الخلايا الموجودة في وسط العقدة تحتوي على ضعف عدد الكروموسومات الموجودة اصلا في خلايا النبات العادي. وقد يعزى هذا الازدياد في عدد الكروموسومات الى تحفيز البكتيريا لهذه الخلايا نتيجة ملامستها لها او اقترابها منها، ويلاحظ في هذه الخطوة ان نصف العقد خالية من البكتيريا وتسمى بالنصف العقيم بينما يمثل النصف الاخر بعقد ناضجة توجد فيها بكتيريا على هيئة حروف مثل [V,X,Y,L,T]، ويسمى هذا الطور بالبكترويد (Bacteroid) حيث تتم فيه عملية تثبيت النتروجين الجوي نظرا لان البكتيريا في هذا الطور تنتج انزيم النيتروجيناز الجوي نظرا لان البكتيريا في هذا الطور تنتج انزيم النيتوجين الى امونيا.



مراحل الإصابة وتطور العقد البكتيرية

## - فاعلية انزيم النيتروجينيز

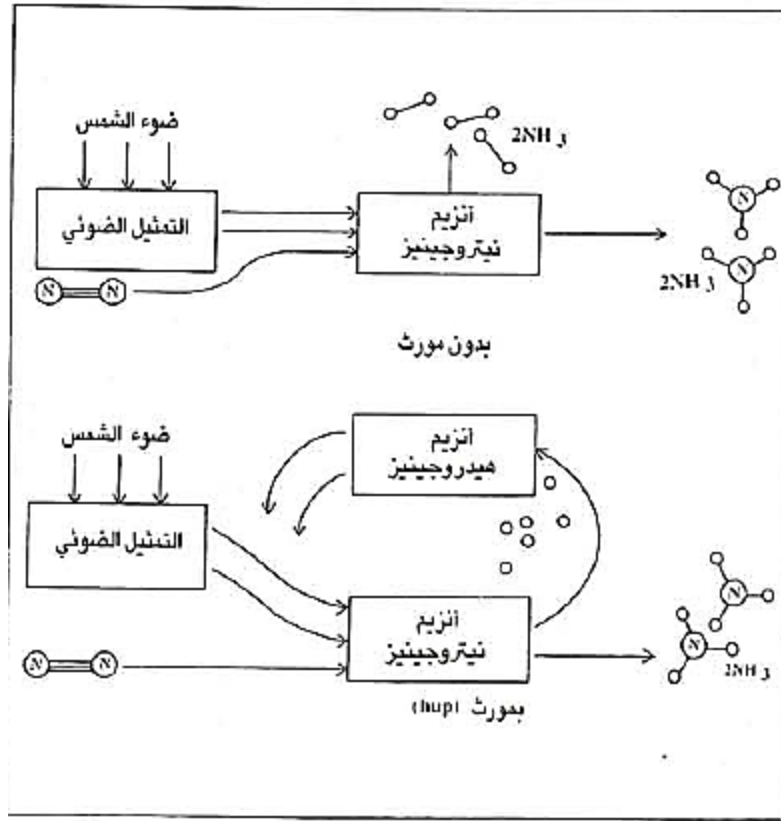
يفقد انزيم النيتروجينيز فاعليته عند تعرضه للأكسجين ولذا فان كثيرا من الاحياء الدقيقة الهوائية لها نظام تتفادى فيه تأثير الاكسجين على الانزيم، حيث تقوم بزيادة معدل تنفسها لتخفيض كمية الاكسجين، بينما يلجا البعض الاخر الى تركيبه خاصة ذات جدار سميك يقلل من نفاذية الاكسجين، وتتم في هذه التركيبة عملية تثبيت النتروجين كما هو الحال بالنسبة للحويصلات في الطحالب الخضراء المزرققة.

اما بالنسبة لبكتيريا الرايزوبيوم التي تكون عقد بكتيرية مع بعض النباتات البقولية فأنها تتبع آليتين للتكيف مع تأثير الاكسجين على انزيم النيتروجينيز.

1- الآلية الاولى يتم وضع حواجز طبيعية داخل العقد نفسها، ونظرا لحاجة هذه العقد لتيار عال من الاكسجين حتى تنمو نموا طبيعيا فأنها تهئ لنفسها بروتينا يشبه الهيموجلوبين في دم الانسان يسمى ليجهيموجلوبين (leghemoglobin) نسبة الى النباتات البقولية. ويسهل هذا المركب عملية نفاذية الاكسجين عند مستوى التركيز المنخفض. وهذه الطريقة تشبه الى حد بعيد عملية نقل الاكسجين بوساطة الهيموجلوبين الى العضلات في الحيوانات الثديية.

وتساهم هذه الآلية في تقليل مستوى تركيز الاكسجين لكي يتعادل تركزه بما هو موجود فعلا في بقية التربة.

2- الآلية الثانية تقوم بعض انواع البكتيريا التي تعيش حرة بتثبيت النيتروجين في الظروف اللاهوائية فقط وذلك لأنه ليس لديها طريقة لحماية انزيم النيتروجينيز من الاكسجين.



● شكل ١٠ أثر إنزيم هيدروجيناز على كفاءة تثبيت النيتروجين الجوي .

### ثانيا: تبادل المنفعة

تظهر في هذه المرحلة المعيشة التكافلية او معيشة تبادل المنفعة (Symbiosis) حيث تمد البكتيريا النبات بالمواد النتروجينية المثبتة ويمدها النبات بالمواد الكربوهيدراتية. ويمكن ان تتحول البكتيريا النافعة للنبات الى بكتيريا ضارة بعد حوالي سبعة اسابيع من تكون العقد البكتيرية اذا انخفضت عملية البناء الضوئي حيث تفرز البكتيريا انزيمات يتحلل جدر خلايا النبات وتتحلل البكتيريا الى التربة.