محاضرات فسيولوجيا النبات

مدرس المادة : م. د. عبد الأمير رحيم عبيد

كلية الزراعة- جامعة البصرة

المحاضرة الحادية عشرة

المسار رباعية الكاربون C_4 Pathway

هناك عدد من النباتات يكون المركب الاول الذي يتكون بعد ادخال ثاني اوكسيد الكاربون هو حامض عضوي يتكون من اربعة ذرات من الكاربون مثل حامض اوكزالواستك (الخليك oxaloacetic acid) وتظهر النباتات رباعية الكاربون عدد من الخصائص التشريحية والفسيولوجية والكيميوحيوية ومن الخصائص التشريحية وجود نوعين من الانسجة البنائية الضوء هي النسيج المتوسط mesophyl l وغمد الحزة الوعائية bundle sheath وان ترتيب نوعين من الانسجة المركزية حول الحزمة الوعائية يسمى بالترتيب الشعاعي ويختلف النوعان من الانسجة (خلايا غمد الحزمة الوعائية والنسيج المتوسط) في التركيب الخلوي حيث تكون البلاستيدات الخضراء لخلايا غمد الحزمة اكبر وتقوم بتجمع النشا وفي بعض الاحيات لا تحتوي على جرانات وفي المقابل فان خلايا النسيج المتوسط تحتوي على بلاستيدات خضر صغير وتحتوي على جرانات ولكنها بشكل عام على تحتوي على نشا . ان النباتات التي تجري بداخلها الدورة رباعية الكاربون انما هي نباتات استوائية وشبه استوائية ومعتدلة وتمثل حوالي 1000 نوع من النباتات موزعة عل 18 عائلة من النباتات كاسيات البذور (2 عوائل من ذات الفلقة الواحد و15 عائل من ذوات الفلقتين) وهي تمتاز بكفاءة عالي في تثبيت CO_2 خصوصا عندما بتعرض النبات الى ظروف قاسية مثل الملوح والجفاف وارتفاع درجة الحرارة. ومن الجذير بالملاحظة لا توجد عائلة تمتاز برباعية الكاربون فقط حيث لابد من وجود ثلاثية الكاربون (دور كافن) ايضا وقد اكتشفت هذه الدورة من قبل علماء فسيولوجيا النبات في اواخر الستينات وبداية السبعينات من القرن الماضي .

ويمكن ايجاز هذه الدورة بما يلي:-

1- ان المركب الاول الذي يستقبل CO2 هو ليس رايبولوز—1,5ثنائي الفوسفات وانما هو فوسفواينول بايروفيت Phosphoenolpyruvate والمركب الاخير ما هو الا مشتق فوسفاتي من حامض البايروفيك pyruvic acid عالي الطاقة وهو مركب وسطي من مركبات التحلل السكري glycolysis

معادلة

وهذا التفاعل مؤثر جدا في عملية تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون

2- يختزل OAA الى حامض الماليك Malic acid بوجود الانزيم Malic dehydrogenase والمرافق الانزيمي $NADP + H^+$
معادلة

3- تنتقل المالات الى خلايا غمد الحزمة وفيها تجري عملية نزع الكاربون بوجود انزيم خاصNADP-Malic enzyme type حيث يتكون حامض البايروفيك والذي ينتقل ثانية الى النسيج المتوسط اما النواتج الاخرى CO2 و$NADPH +H^+$ فأنها تدخل في دورة كالفن (الدورة ثلاثية الكاربون)

4- تضمن الفوسفات في حامض البايروفيك بوجود الانزيم pyruvate phosphate kinase بعد انتقاله من خلايا غمد الحزمة الى النسيج المتوسط حيث يشترك ATP في هذا التفاعل لينشطر الى ادنين احادي الفوسفات(AMP) وبايروفوسفات (Pyrophosphate-P-P) أن الأنزيم الذي يسهل ذا التفاعل ثبت وجوده في النسيج المتوسط في اوراق النباتات التي تجري فيها دورة رباعية الكاربون

معادلة

ويعود PEP ثانية في هذه الدورة ليكون مستعد لتقبل جزيء CO_2 جديد وهناك دورة اخرى يمكنان تعمل في مثل هذه النباتات والتي يمكن ان تستكمل عملية تثبيت CO_2 حيث يتحول OAA الى حامض الاسبارتيك Aspartic acid والذي يمكن ان يدخل البلاستيدات الخضراء او المايتوكوندريا في غمد الحزمة لاكتمال عدد من التفاعلات ويدخل CO_2 الناتج من التفاعلات في دورة كالفن بينما الحامض الاميني الانين Alanine الناتج من تلك التفاعلات يعود ثانية الى النسيج المتوسط لاستكمال الدورة وتسمى هذه الدورة NAD-Malic enzyme type حيث ان المرافق الانزيمي الذي يستقبل الالكترونات والبروتونات من المالات هو NAD وثمة دورة اخرى تسمى Phosphenol pyruvatec carboxykinase type حيث يتحول اوكزالواستايت في غمد الحزمة الى PEP بوجود الأنزيم Kinase و PEP يمكن ان ينتقل الى خلايا النسيج المتوسط لاستقبال ثاني اوكسيد الكاربون او البايروفيت في غمد الحزمة ويمكن ان يتحول الى الانين في عملية نقل امين الجلوتومات Glutamate . ينتقل الألانين الى خلايا النسيج المتوسط لإكمال تحوله الى PEP وتجري عملية نزع الكاربون في الدورة الاخيرة داخل السايتوسول .