محاضرات فسيولوجيا النبات

مدرس المادة : م. د. عبد الأمير رحيم عبيد

كلية الزراعة- جامعة البصرة

المحاضرة التاسعة

المسار الاليكتروني

لقد استنتج Emerson ومساعدوه عام 1957 ان هناك موقعين لاستقبال الطاقة الشمسية حيث دلت نتائج ابحاثهم على ان التفاعلات المعتمدة على الضوء تتطلب مساهمة نظامين ضوئيين اطلق عليهما النظام الضوئي الاول , photosystem 1 والنظام الضوئي التاني photosystem 11 وكل واحد من هذين النظامين يحتوي على جزيئات مت الصبغات التي هي جزء من المجسات اللاقطة للضوء والتي يمكن تشبيهها بملاقط التلفاز او الستلايت التي تستقبل الاشارات وهي مرتبطة بطريقة بحيث تصطاد اكبر كمية من الطاقة الضوئية وان جزيئات الصبغات في المجسات هي جزيئات الكلوروفيل A ذات خصوصية لانه مركز تفاعلات الضوء وتبدا هذه العملية حينما تمتص المجسات في كل نظام ضوئي الفوتونات للضوء المرئي والتي توجه الطاقة الضوئية الى مركز التفاعل وان جزيئة الكلوروفيل A كمركز تفاعل للنظام الضوئي الاول امتصاص طيفي افقي عند 700نانومتر وبالتالي يطلق عليه مركز ضوئي 700(P700) كما ان لجزيئة الكلوروفيل كمركز تفاعل للنظام الضوئي الثاني امتصاص ضوئي اقصى عند طول موجي 680 نانومتر وبالتالي يطلق عليه مركز ضوئي 680(P680) ان امتصاص مراكز التفاعل للاطياف الضوئية المحدودة من شانها اثارة الاليكترونات والتعجيل في انفلاتها من جزيئة الكلوروفيل حيث تصبح جزيئة الكلوروفيل مؤكسدة وتقوم جزيئات مستقبلة بالتقاط تلك الاليكترونات المنشطة بطاقة عالية والتي تقوم بدورها بامرارها الى نظام بعضه مركبات سايتوكرومية مؤلفة من وحدات بوتينية مرتبطة بالغشاء البلازمي ومن الجدير بالملاحظة بان هناك مسارين للالكترونات خلال تفاعلات الضوء في عملية البناء الضوئي .

المسار الاليكتروني الغير الدائري Noncyclic electron pathway

خلال هذا المسار ينتج ATPو NADPH حيث يمكن وصف الاحداث كما لو كانت تحدث بطرقة متتابعة من النظام الضوئي الثاني (P680) وبامتصاص الطاقة الشمسية فان الاليكترونات تصبح متهيجة ونشطة والتي يمكن ان تترك جزيئة الكلوروفيل المرتبطة بالثالوكويد ويمكن تعويض الالكترونات المفقودة من النظام من التحلل الملئي للماء photolysis حيث ينتج الاوكسجين والبروتونات

$$H_2O _____ 2H^+ + 2e^- + 1/2\ O_2$$

وتتم عملية استقبال الاليكترونات المنطلقة منP680 من قبل مركب مستقبل للالكترونات ومنه تنتقل الى نظام نقل الاليكترونات مؤلف من سلسلة من مركبات حاملة Cariers مرتبطة بالثايلوكويد ولعضها جزيئات سايتوكروم ولهذا السبب غالباً ما يطلق نظام النقل الاليكتروني اسم نظام السايتو كروم cytochrome system . ونظام السايتو كروم في اغشة الثايلوكويد نظام معقد ظمن سلسلة من مركبات تنقل الاليكترونات من الجزيئ المستقبل للاليكترونات من النظام الضوئي الثاني ps11 تبدا تلك السلسلة بمركب pheophytin (Pheo) الذي يمرر الاليكترونات الى مستقبل بلاستوكينون (plastoqunen acceptor) مثل QA, QB والمركب الاخير يمرر الاليكترونات الى نظام السايتوكروم المعقد المؤلف من مجموعة من المركبات مثل Cytb و Q وFeSR و Cytf ويقوم نظام السايتوكروم بامرار الاليكترون الى بلاستوسيانين (pc) وبذلك تقادر الاليكترونات هذا النظام وهي منخفضة الطاقة وخلال مرور الاليكترونات في نظام السايتوكروم تتم عملية تكوين ATP

ATP _____ ADP + Pi + طاقة

وبعد ذلك يستقبل المركز الضوئي P700 (وهو مركز تفاعل الاول النظام الضوئي الاول) الاليكترونات ويقوم بتنشيط الاليكترونات لترتفع طاقتها الى اعلى مستوى مقارنةً مع النظام الضوئي الثاني حيث يستلم مستقبل خاص تلك الاليكترونات والذي يقوم بامرارها الى مركبات مختلفة مثل كينون Quinone (A1 وA_O) ومركبات باغشية الثايلوكويد وهي مركبات بروتينية الحديد ويرمز لها FeSX وFeSB وFeSA ويقوم المركب الخير بامرار الاليكترونات الى فريدوكسين Feredoxin (Fd) وهذا المركل مرتبط بمركب فلافوبروتين Flavoprotein(Fp) وهذا المركب يسهل امرار الاليكترونات الى المرافق الانزيمي $NADP^+$ نواسطة انزيم Flavoprotein feredoxin_NADPreductase وبالتالي تستكمل عملية مرور الاليكترونات في الدورة المفتوحة حيث ينتج ATPفي نظام السايتوكروم المرتبط باغشية الثايلوكويد ويتكون NADPH في نهاية المطاف

$NADP^+ + 2e^- + 2H$_____ NADPH

كما في الشكل التي يسمى بمخطط Z بخصوص نقل الاليكترونات في المسار المفتوح Z (Scheme)

المسار الالكتروني الدائري the cyclic electron pathway

وهو المسار الاليكتروني الثاني في جرانات البلاستيدلت الخضر وفي هذا المسار فان الاليكترونات التي تقادر النظام الضوئي الاول p700 يمكن ان تعود ثانية اليه بغد دورة مغلقة حيث تنشط الاليكترونات وترتفع طاقتها الى مستوى عالي تلتقط بعدها تلك الاليكترونات من قبل جزئ مستقل يقوم بامرار ها الى مركبات منها فريدوكسين Fdالذي قد يرجع تلك الاليكرونات الى نظام السايستوكروم وتمر الاليكترونات خلال ذلك النظام حيث يتكون ATP لتعود الاليكرونات ثانيةً الى مركز التفاعل للنظام الضوئي الاول لتختزل جزيئة الكلوروفيل التي اكسدت اول الامر . ومن الجدير بالذكر بان عملية تكوين ATP في المسار الاليكتروني غير الدائري تدعى بالفسفرة الضوئية عير الدائرية Non cyclic photophosphorylation وعملية تكوين ATP في المسار الاليكترونر الدائري تدعى بالفسفرة الضوئية الدائرية Cyclic photophpsphorylation وقد فسرت نطرية بيتروميتشل peteromittchell الكيموازموزية chymoasmotic theory تكون ATP بطريقة غير مباشرة خلال مرور الايكترونات في نظام السايتوكروم . فبالاضافة الى انتاج البروتونات (ايونات الهيدروجين) خلال عملية التحلل الضوئي للماء فان يعض مركبات السايتوكروم تقوم بضخ البروتونات من الحشوة (الستروما) الى فراغ الثايلوكويد ويعد هذا الفراغ بمثابة مخزن للبروتونات وبالتالي ينشا تدرج كهروكيميائي حاد extreme electrochemical grandintالذي من شانه يشجع عمل قناة بروتينية تدعى معقد ATP Synthase والتي تسهل مرور تلك البروتونات حيث يتكون ATP نتيجة لذلك

وفي الوقت الحاضر وضعت تصورات لنظام التفاعلات الضوئية في عملية البناء الضوئي مؤلفة من 4وحدات رئيسية وهي

أ- النظام الضوئي الثاني (P680) او PS11

ب- النظام الضوئي الأول (P700) او PS1

ج- معقد ATP ATP Synthesis

د- معقد السايتوكروم cytochrome complex (b_6-f)

وتلك الوحدات توجد بشكل معقدات بروتينية تامة ومرتبة عمودياً في غشاء الثايلوكويد بحيث يتأكسد الماء الى اوكسجين في تجويف الثايلوكويد ويختزل $NADP^+$ الى NADPH على جانب الحشوة من الغشاء ويتحرر ATP في الحشوة بواسطة البروتونات المارة من تجويف الثايتوكويد الى الحشوة

تفاعلات الظلام Dark reaction