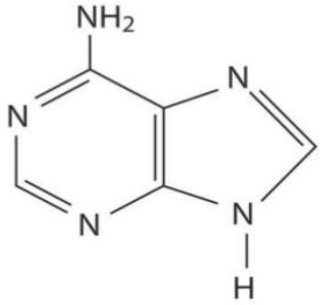
السايتوكاينينات Cytokinins (CK_S)

Basic chemistry

- All cytokinins have basic Adenine ring structure.



(a) Adenine

Cytokinins general structure

ان الاوكسينات والجبرلينات التي سبق تناولها تتميز في تاثيراتها ودورها الاساس في تحفيز الاستطالة الخلوية على الرغم من ان دورها قد يشتمل على زيادة عدد الخلايا، الا ان السايتوكاينينات تعد المحفز والمنظم الرئيس للأنقسام الخلوي والسايتوكاينينات هي مشتقات القاعدة النتروجينية للادنين Nitrogen base of adenine والتي تتميز بقابليتها على تحفيز الانقسام الخلوي في الزراعة النسيجية Tissue Culture بوجود الاوكسين علما بان تحفيز وتنظيم الانقسام الخلوي يعد مركزا للنمو والتطور في النبات فضلا عن ذلك ان السايتوكاينينات لها تأثيرات فسلجية اخرى منها السيادة القمية، الشيخوخة، حركة العناصر الغذائية، فعالية ونشاط المرستيم القمي، التطور الزهري، السكون في البذور والبراعم، تمايز وتطور الكلوروبلاست، التنظيم الهرموني للشكل الخارجي للنبات Plant Morphogenesis ..... وغيرها.

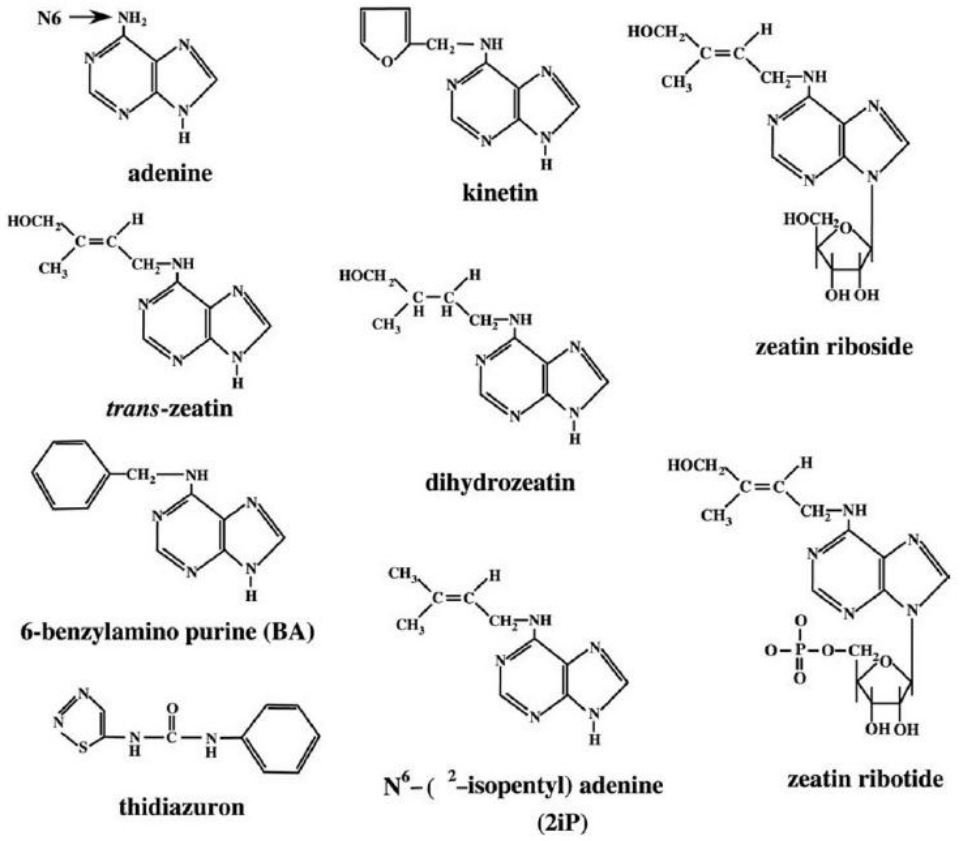
تم اكتشاف السايتوكاينينات من خلال الدراسة والبحث عن المركبات المحفزة للأنقسام الخلوي في النبات ويعد العالم النمساوي Haberlandet الذي اعطى عام 1913 اول دليل تجريبي لمفهوم السايتوكاينينات عندما ذكر بأن هناك مادة تنتشر في نسيج اللحاء تحفز الانقسام الخلوي والخلايا البرنكيمية في انسجة درنات البطاطا المجروحة اذ تساعد في التئام الجروح واحداث النشاط المرستيمي، كما ذكر العالمان J. Van Overbeck عام 1940 و Steward عام 1951 بأن هناك موادا موجودة في حليب جوز الهند Coconut milk لها القدرة على تحفيز الانقسام والتمايز الخلوي وكذلك تحفيز الخلايا الناضجة على الانقسام والنمو السريع في الزراعة النسيجية.

اما الاكتشاف الحقيقي للسايتوكاينينات فقد تم من قبل العالم مللر وجماعته .Miller et al عام 1955 عندما تمكنوا من عزل وتنقية واستخلاص مادة الكاينتين Kinetin من الـ DNA المعقمة بالضغط والحرارة على هيئة بلورات من الحيامن المنوية لسمك الرنكة Herring sperm DNA التي لها تأثيرا مهما في نمو النبات هو الانقسام الخلوي، الكاينتين Kinetin واسمه الكيميائي 6-Furfurylaminopurine يساهم في الانقسام الخلوي والتنظيم الهرموني لشكل النبات الا انه

مستخلص من مصادر غير نباتية ولم يتم لحد الان اكتشافه او استخلاصه من النبات على الرغم من احتمال وجوده بصورة طبيعية في النبات نتيجة للتحولات او التغيرات التي تحصل لجزيئة الـ DNA في النبات ويعد الكاينيتن من اكثر المركبات السايتوكاينينية استعمالا في الدراسات التي تهتم بالتأثيرات الفسلجية للسايتوكاينينات وبخاصة الزراعة النسيجية.

اما الزياتين Zeatin واسمه الكيميائي:
6-(4-hydroxy-3-methyl-trans-2-butenylamino)Purine فيعد اول مركب سايتوكاينيني طبيعي في النبات تم عزله من قبل العالم Letham من نيوزيلندا ومللر Miller من جامعة انديانا في امريكا وذلك في عام 1963 اذ تم استخلاصه من البذور غير الناضجة للذرة Immature *Zea mays* seeds وهو موجود في جذور وسيقان واوراق الذرة الا ان اعلى مستوى او كمية توجد في البذور غير الناضجة او المتطورة او النامية وتتشابه خواص الزياتين والكاينتين الا ان الزياتين اكثر فعالية ونشاط من الثاني.

ان السايتوكاينين يعمل على تحفيز وانتاج الاحماض النووية نتيجة تنشيط وتحفيز الانزيم الناقل للاحماض النووية T-RNA synthetase كما ويقوم بتحفيز انتاج البروتينات والاحماض النووية خاصة RNA نتيجة لتحفيز نشاط وفعالية الجينات المسؤولة عن تكوين الانزيمات خاصة انزيم Nitrate Reductase، كما ان الدراسات والبحوث التي تمت حول مواقع بناء وانتاج السايتوكاينينات تؤكد ان مصدرها هو القمم النامية للجذور ويتحرك وينتقل عبر الاوعية الخشبية الى المجموع الخضري اذ ثبت احتواء العصارة الخشبية Xylem Sap على السايتوكاينينات.



انتقال السايتوكاينينات Cytokinins Transport:

لايعرف لحد الان كثيرا عن حركة وانتقال السايتوكاينينات وكما هو معروف ان السايتوكاينينات تنتج في الاجزاء المرستيمية وفي الاجزاء النباتية ذات النمو الفعال والمستمر كالجذور والاوراق والثمار الحديثة العمر النامية اضافة الا ذلك ان حركة وانتقال الاوكسينات والجبرلينات تكون سريعة بعكس السايتوكاينينات التي قد تنتقل ببطئ شديد او لاتنتقل وان الاضافة الموقعية للبنزيل ادنين Benzyladenine (BA) المشع BA-C^{14} (احد انواع السايتوكاينينات الصناعية) على الورقة النامية او جزء منها لم يظهر باي صورة من صور الانتقال بل يؤخر النضج والشيخوخة في هذا الجزء المحدد المعامل محدثا مصبا Sink او جذبا موقعيا لمنطقة المعاملة بالمواد الفعالة من اجزاء الورقة الاخرى او حتى من الاوراق الاخرى غير المعاملة.

ان التحليلات والدراسات الحديثة حول توزيع وانتشار وحركة وانتقال السايتوكاينين اظهرت ان القمة المرستيمية للجذر Root Apical Meristem هي الموقع الرئيس للبناء الحيوي للسايتوكاينينات الحرة في جميع النباتات وبناءا على ذلك فأن حركته وانتشاره وتوزيعه تتم عن طريق نسيج الخشب الى الساق والنمو الخضري مع حركة وانتقال الماء والعناصر الغذائية التي تمتصها الجذور ويطلق على هذا النوع من الانتقال بالـ Acropetally وقد يكون لعملية النتح والضغط الجذري دور في ذلك لكن بدرجة غير مؤكدة.

ونظرا لأن القمة النامية للجذر تعد مواقع اساسية لبناء وانتاج السايتوكاينينات ومنها ينتقل قميا الى الاعلى Acropetally من خلال الانسجة الوعائية للخشب فأن هذا يظهر بأنه يشترك مع الاوكسين الذي ينتقل ويتحرك قطبيا Polar Transport الى الاسفل Basipetally بظاهرة يطلق عليها ظاهرة النمو المترابط او المتلازم **Correlative Growth Phenomena** كما هو الحال في السيادة القمية Apical Dominance فعملية الانتقال للسايتوكاينين نحو القمة تتم من خلال البراعم والعقد فهو بذلك يعاكس او يضاد الحركة والانتقال القطبية للأوكسين نحو الاسفل وفي الوقت الذي يثبط الاوكسين نمو البراعم الجانبية وبخاصة البراعم الابطية Axillary Buds واحيانا البراعم العرضية Adventitious Buds فأن السايتوكاينين يحفز هذه البراعم على النمو ان ظاهرة التضاد هذه بين السايتوكاينين والاوكسين لها تطبيقات زراعية مهمة، ولتفسير هذه الظاهرة ان الاوكسين يثبط او يمنع مرور الماء والمواد الغذائية خلال الحزم الوعائية التي تربط البراعم الجانبية بمحور الساق الرئيس او النموات الاخرى مما ينتج عن ذلك تثبيط النمو وان المعاملة بالسايتوكاينين قد يحفز مرور الغذاء ومتطلبات النمو الاخرى وربما يتم ذلك من خلال تثبيط السايتوكاينين لبناء وتكوين الاوكسين مما يسبب تحفيز هذه البراعم على النمو.

التأثيرات الفسيولوجية للسايتوكاينينات Physiological Effects of CKs

1 - الانقسام الخلوي Cell Division:

وجد في الزراعة النسيجية ان المعاملة بالسايتوكاينين بوجود الاوكسين يحفز الانقسام الخلوي، كذلك فالسايتوكاينين الطبيعي في النبات يحفز الانسجة المرستيمية النامية (القمم النامية، الافرع، الثمار .... وغيرها) على الانقسام، مما يؤكد الدور الاساس للسايتوكاينينات في الانقسام الخلوي الذي يكون من خلال دور السايتوكاينينات التي تعمل على تحفيز وانتاج الاحماض النووية

نتيجة تنشيط وتحفيز الانزيم الناقل للاحماض النووية T-RNA Synthetase ، كما وتعمل السايتوكاينينات على تحفيز انتاج البروتينات والاحماض النووية خاصة الـ RNA نتيجة لتحفيز نشاط وفعالية الجينات المسؤولة عن تكوين الانزيمات خاصة انزيم Nitrate Reductase. (خطوات الانقسام الخلوي تتضمن: تكوين DNA و RNA والبروتينات والانزيمات وحصول الانقسام غير المباشر mitosis ثم انقسام الخلية).

2 - الازهار Flowering:

لقد وجد ان السايتوكاينين يحفز تكوين الازهار في نباتات النهار الطويل، والنباتات المتساقطة الاوراق التي تتطلب ساعات برودة حتى تتكشف براعمها وتنمو اذ يعمل السايتوكاينين على تقصير طور الراحة في البراعم ويبكر من نضجها، كما ويعمل السايتوكاينين على تحويل بعض الازهار الذكرية الى الانثوية في النباتات التي تحمل الازهار الذكرية والانثوية على النبات نفسه (العنب وبعض محاصيل الخضر) فهو بذلك يشابه الاوكسين في هذا التاثير.

3 - تكوين الكلوروبلاست Chloroplast Formation:

اظهرت الدراسات ان المعاملة بالسايتوكاينين تؤدي الى تراكم الكلوروفيل وتحفيز تحول اللون الشاحب Etioplasts الى الاخضر Chloroplasts .

ففي الزراعة النسيجية لوحظ :

A - عند غياب الضوء وعدم اضافة السايتوكاينين تكون البلاستيدات بيضاء او شاحبة اللون وعدم تكون البلاستيدات.
B - عند اضافة السايتوكاينين في الظلام تتكون الصفائح الحشوية دون تكون الكلوروفيل والبلاستيدات.
C - عند التعرض للضوء وبوجود السايتوكاينين يتحفز تكوين البلاستيدات والصفائح الحشوية والكلوروفيل.

مما يدل بأن توافر او وجود السايتوكاينين في الاوراق يكون ضروري لنشوء الكلوروبلاست اثناء نمو الورقة وتطورها.

4 - السيادة القمية ونمو البراعم الجانبية Apical Dominance and Growth of Lateral Buds:

ان دور السايتوكاينين يكون عكس دور الاوكسن اذ يعمل على تثبيط السيادة القمية وتحفيز نمو البراعم الجانبية حيث يشترك مع الاوكسينات بظاهرة النمو المترابط او المتلازم Correlative Growth Phenomena التي تم الاشارة اليها في حركة وانتقال السايتوكاينينات.

PGRS

5 - ميكانيكية غلق وفتح الثغور Mechanism of Stomata Opening and Closing:

اظهرت الدراسات ان استجابة الثغور للمعاملة بالسايتوكاينينات متغايرة وغير ثابتة حسب انواع النباتات ونوع السايتوكاينينات المستخدمة، فقد وجد ان تحفيز فتح الثغور في البشرة المعزولة يحتاج غالبا الى تراكيز منخفضة جدا تقدر بالمايكرومول من السايتوكاينين وان الثغور يمكن ان تستجيب لتراكيز قد تكون اقل من 10 نانومول.

قد يعزى سبب عدم حساسية بعض النباتات لفتح الثغور بالمعاملة بالسايتوكاينين وهو ان التركيز الداخلي للسايتوكاينين (السايتوكاينين الطبيعي الذي يتكون في النبات) يكون كافيا لفتح الثغور، او قد يكون ان السايتوكاينين هو اكثر تأثيرا في تحفيز فتح الثغور للاوراق المسنة في حين ان معظم الدراسات التي اجريت تم فيها استعمال الاوراق الحديثة المكتملة النمو وغير المسنة وهذا يقترح ان فتح الثغور قد يكون اكثر حساسية للسايتوكاينين فقط عندما يكون التركيز الداخلي (الطبيعي) للسايتوكاينين منخفضا وهذا يحصل عندما تكون الاوراق مسنة او ناضجة.

PGRS