المواد المثبطة للنمو Growth Inhibitors

الى جانب المواد المنشطة للنمو تحتوي الانسجة النباتية على كميات كبيره نسبيا من مواد لتعطيل او تمنع النمو .

وقد وجد ان هذه المواد تشترك مع المواد المنشطة في تنظيم نمو النبات في مراحل المختلفة.

قد تم استخلاص وتحديد بعض المواد المثبطة، وجد ان بعضها مانع للانبات وبعضها مثبط للنمو . ومن امثلة المواد المانعة للانبات مادة الكومارين ، اما بالنسبه للمواد المثبطه للنمو منها حمض الابسيسك .

حمض الابسيسك Abscisic Acid

اكتشف حمض الابسيسيك عام 1965م حيث تمكن **Addicott** ومجموعة من جامعة كاليفورنيا من دراسة ظاهرة التساقط (الأوراق والثمار) فى نبات القطن وتم عزل وتعريف تلك المادة الهرمونية المسببة للتساقط وعرفت باسم**Abscisin II** وقد أخذت هذه المادة تسميتها من تأثيرها فى إحداث منطقة الانفصال **Abscission zone** في الورقة ويبنى حمض الأبسيسيك من حمض **Mevalonic acid** في الأوراق البالغة التامة النمو.

التركيب الكيميائي للابسيسك اسد

وجد انه يتكون من 15 ذرة كربون

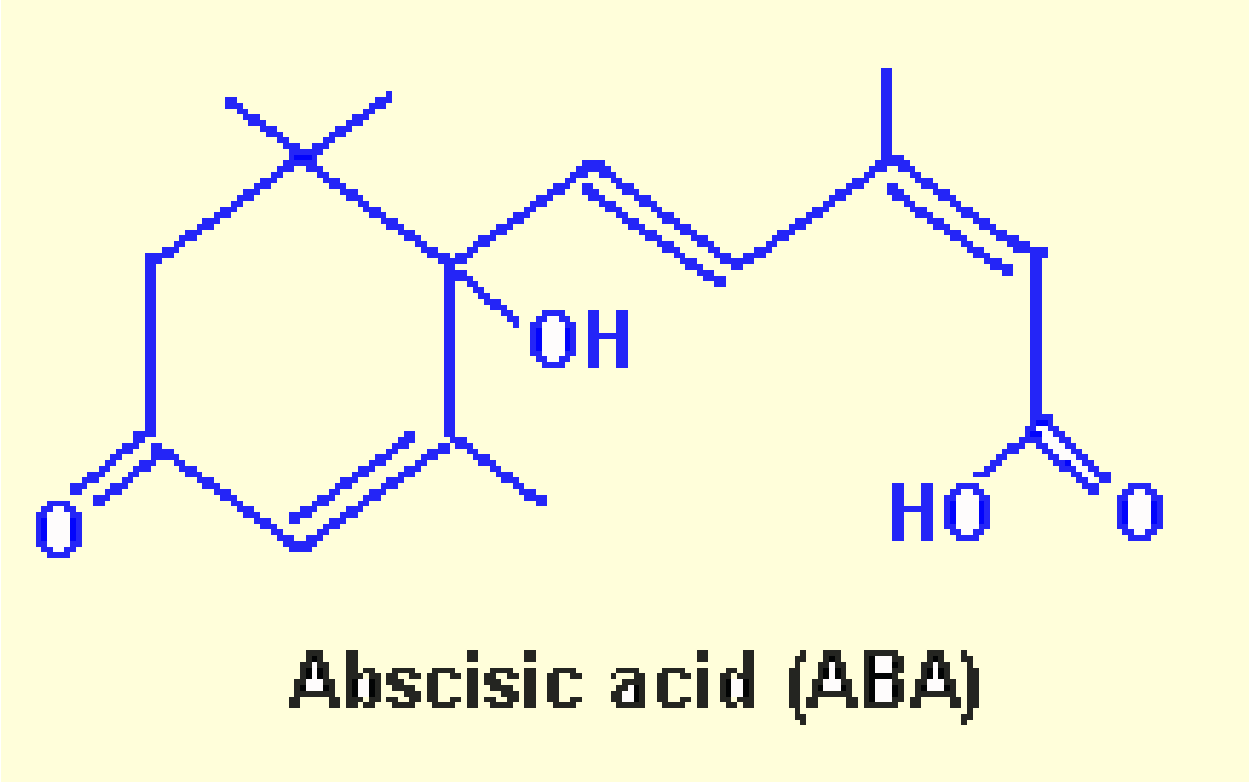
أماكن تخليق ABA

-تعتبر البلاستيدات الخضراء هي مكان تخليق ABA

-وعند عزل بلاستيدات خضراء سليمة من أنسجة ثمار الافوكادو فانها تكون قادرة على تخليق ABA

عند تغذيتها او معاملتها بحامض Mevalonic

-وجد ايضا ان عزل بلاستيدات خضراء سليمة صحيحة من اوراق الفاصوليا تكون قادرة على تخليقABA



Abscisic acid (ABA)

انتقال ABA

- اتضح ان انتقاله يكون جهازي Systemic في أي اتجاه. أي انه لا يظهر خاصية الانتقال القطبي.

- ينتقل بسرعة كبيرة في نسيج اللحاء كما يمكن ان ينتقل في نسيج الخشب.

- كما انه يمكن ان ينتقل من خلية الى اخرى وخاصة الخلايا البارنشيمية ولذلك فان وجوده في أي نوع من الانسجة او الخلايا لا يكون دليل على ان التخليق يحدث في هذه الخلايا حيث يمكن ان ينتقل الى هذه الخلايا دون ان يخلق فيها.

دور هرمونات النمو في المراحل النباتية المختلفة

المراحل	الاوكسين	الجبرلين	السيتوكاينين	الابسيسك اسد	الاثيلين
	منشطات النمو			مثبطات النمو	
الانقسام الخلوي	+	+	+	-	
زيادة حجم الخلية	+	+	+	-	
التميز	+	+	+	-	
الازهار	+	+	+	-	
الاثمار	+	+	+	-	
تكوين البذور	+	+	+	-	
كمون البذور	±	+	+	-	
الشيخوخة	±	±	+	-	
التساقط	±	±	±	+	

تأثيرات حمض الأبسسيك الفسيولوجية

1. الانقسام لخلوي :

الانزيمات الخاصة بالانقسام والتي يمنع هرمون الابسيسك الانقسام الخلوي ويوقفه عن طريق تثبيط انتاج تنشطها هرمونات التنشيط على مستوى الجين.

2. الاستطالة :

يمنع الاستطالة عن طريق منع تمدد الجدار الخلوي بطريقتين : الثاثير على انزيمات المخفضة لتماسك الجدار الخلوي ، واضعاف مضخة الهيدروجين لتغيير حموضة الوسط الى وسط حامضي ليتمدد الجدار . يعمل على تضاد عمل الاوكسين في الاستطالة.

3. التميز:

يقاوم التميز عن طريق ايقاف نشاط الانزيمات الخاصة بالانقسام والاستطالة والتميز ويعطل عمل المنشطات لتميز الخلايا مثل هرمون الجبرلين والسيتوكاينين والاوكسين .

4. الازهار :

يبرز دوره في منع الازهار خصوصا في الفصل البارد او النهار القصير . وقد يؤدي الى فشل تكوين الازهار وسقوطها .

وجد ان المعاملة بحامض الابسيسك تمنع ازهار نباتات النهار الطويل في بعض الحالات مثل السبانخ والزوان

5. تكوين الثمار :

يعوق هرمون الابسيسك نمو الثمار وبلوغها ومن ثم نضجها ويعمل على اسقاطها عن طريق بناء طبقه الانفصال .

6. سقوط الاوراق

في حالة نبات القطن يزداد تركيز الابسيسك اسد الى الضعف اثناء نمو وتكوين الجوزة.

تسبب المعاملة بالابسيسك اسد سقوط اعناق بادرات القطن، وايضا الفاصوليا وغيره. يلاحظ ان المعاملة على اعناق الاوراق المنزوع نصلها وليست على الاوراق العادية.

7. سكون البذور:

- يثبط الابسيسك اسد انبات بذور كثيرة من النباتات مثل بذور الخس للصنف Great lakes

تحتوي البذور الكامنة على حامض الابسيسك وايضا جدر الثمار.

- تبقى بذور التفاح ساكنة حتى تتعرض لدرجة حرارة منخفضة، تحتوي هذه البذور الكامنة على وفي اثناء الحرارة المنخفضة يقل تركيزه ويزداد تركيز الجبريلين.

أي ان سكون البراعم وكمون البذور يحدث نتيجة لزيادة حامض الابسيسك وقلة الجبريلين، وعند الانبات يكون العكس صحيح.

-ويسبب سكون البذور عن طريق بلزمة خلايا الجنين ومنعها من التشرب .

7- سكون البراعم:

يحدث سكون البراعم في النباتات متساقطة الاوراق، وفي الاشجار الخشبية وذلك عند حلول فصل الخريف حيث يتوقف البرعم عن النمو وتصبح القمة النامية للبرعم وايضا الجزء الخضري من البرعم مغطاة باوراق حرشفية وقد تبطن الاوراق الحرشفية من الداخل بشعيرات دقيقة لتساعد على تدفئة البرعم كما تصبح السلاميات قصيرة.

يتحكم في هذه النباتات طول الفترة الضوئية حيث ان النهار القصير يسبب سكون البراعم والعكس صحيح حيث ان النهار الطويل يسبب نمو البراعم لذا تحدث هذه التغيرات سنويا في الاشجار في الخريف والربيع.

تعتبر الاوراق المكتملة النمو هي المستقبلة لتأثير النهار القصير ومن الثابت انها مكان اساسي لتخليق الابسيسك اسد في النهار القصير.ثم ينتقل في اللحاء او الخشب حتى يصل للبرعم الطرفي ويسبب السكون لحماية النبات من التكشف في غير موسمه .

تحتاج البراعم في هذه الحالة الى فترة من درجة الحرارة المنخفضة لتنمو لاحقا ويحدث ذلك في الشتاء لذا تنمو البراعم في الربيع بسبب وجود نهار طويل وايضا لتعرضها في فترة سابقة لحرارة منخفضة.

8- الشيخوخة:

يسرع الابسيسك اسد من فقد الكلوروفيل ويسرع من دخول العضو فى طور الشيخوخة ويؤدى إلى تساقط الأوراق والثمار. ويثبط نمو القمة النامية فى بادرات النجيليات وبادرات الأرز وغيره.

وجد ان تعويم اوراق نبات ابو خنجر على محلول مائي يحتوي على الابسيسك اسد تسرع من اعراض الشيخوخة. يكون النقص في تركيز البروتين في هذه الحالة راجع الى انخفاض معدل تخليق البروتين عن هدم البروتين Protein degradation

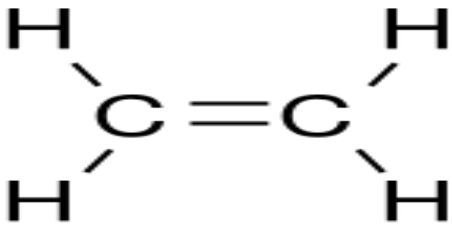
كما ان الهرمون مثبط لعمل الهرمونات المنشطه وبالتالي يتاثر ايض الخليه مما يسرع ايض الهدم فيها .

9- التساقط :

للاوكسين دورا بارزا في منع تكوين طبقة الانفصال في الاوراق والثمار فاذا زاد تركيز هرمون الابسيسك في النبات عن الاوكسين يبدا بايقاف دور الاوكسين ومنع نشاط الانزيمات الخاصه بهرمون الاوكسين ونشاطه او ينشط الانزيمات المحلله للهرمونات المنشطه للنمو حيث يحلل الهرمون وبالتالي تبدا طبقة الانفصال بالتكون .

غاز الأيثيلين Ethylene

يعد اقدم منظم نمو ولكن تم التحقق من اهميته كمنظم نمو حديثا نسبيا عام 1962، ولعل من الأسباب التى أدت الى تأخير اكتشافها كونها غازا متطايرا يؤثر فسيولوجيا بتركيزات ضئيلة للغاية ويرجع الفضل فى اكتشافها الى تطوير جهاز الفصل الكروماتوجرافي **Gas- Liquid chromatography**
وبداية التعرف على اهمية الايثلين ما لاحظه العالم الألماني **Girardin** سنة 1864في برلين حيث ان تسرب غاز الانارة **Illuminating gas** و هو يحتوي على كمية قليلة من الأيثلين يسبب ضرر للأشجار المزروعة على جانبي الطريق.
وبعد ذلك اثبت ان غاز الايثلين يؤثر على انتحاء الجذور ويغير من اتجاهها في البازلاء. كما انه يسبب سرعة نضج ثمار الليمون بعد جمعها، ايضا يسرع من انضاج ثمار التفاح.
اثبت **Thimann** و **Burg**عام 1960 ان الايثلين يوجد طبيعي في اجزاء النبات المختلفة.
وعام 1969 اعترف به كهرمون نباتي.



اماكن وجود الاثيلين في النبات

ينتج الاثيلين بكثرة في مناطق العقد **nodes** والأنسجة المرستيمية. امكن اثبات ذلك في بادرات البازلاء **etiolated**

يكون الاثيلين عالي التركيز في البراعم الساكنة لنبات التفاح ويقل التركيز عند نمو البرعم، كما يكون التركيز عال في الاوراق والازهار البادئة في مرحلة الشيخوخة.

ينتج الاثيلين بتركيزات عالية عند مرحلة البلوغ **Maturity** ومرحلة النضج **ripening** في الثمار.

انتقال الاثيلين

نظرا لأنه عبارة عن هرمون في حالة غازية وهو الهرمون الوحيد الموجود في حالة غازية وهو ذو وزن حزيئي صغير وحجم صغير فانه ينتقل في داخل النبات بسهولة وحرية ومما يزيد سرعة انتقاله وتخلله لأنسجة النبات انه قابل للذوبان في الماء وعلاوة على ذلك فانه قابل للذوبان بدرجة اكبر في الدهون.

فينتقل بواسطة الماء المنتشر ايضا يمكن ان يتخلل الخلايا ويخترقها بسهولة فيخترق الغشاء البلازمي للخلية لقابليته للذوبان في الدهون.

اهمية الأوكسين في انتاج الأيثيلين

تعتبر الأوكسينات اهم عامل في تنشيط تخليق الأيثيلين، ولذلك تعتبر سرعة تخليق الأيثيلين في المجموع الخضري متوقفة على تركيز الأوكسينات داخل النبات. أي ان تركيز اوكسينات النبات تنظم عملية تخليق الايثيلين في الانسجة الخضرية.

ولذلك فان المناطق ذات التركيز العالي من الايثيلين في النبات مثل القمة النامية والاعضاء الصغيرة السن تحتوي ايضا على تركيز عال من الاوكسينات، **ويشذ عن هذه القاعدة حالة واحدة فقط هي الانسجة الهرمة أي كبيرة السن أي فترة الشيخوخة حيث يقل تركيز الاوكسينات وقد يزداد تركيز الايثيلين.**

درس تأثير الاوكسين في تخليق الايثيلين في بادرات البازلاء والفاصوليا حيث وجد ان المعاملة بالاوكسين تزيد انتاج وتخليق الايثيلين مائة مرة.

دور هرمونات النمو في المراحل النباتية المختلفة

المراحل	الاوكسين	الجبرلين	السيتوكاينين	الابسيسك اسد	الاثيلين
	منشطات النمو			مثبطات النمو	
الانقسام الخلوي	+	+	+	-	-
زيادة حجم الخلية	+	+	+	-	+
التميز	+	+	+	-	-
الازهار	+	+	+	-	-
الاثمار	+	+	+	-	+
تكوين البذور	+	+	+	-	±
كمون البذور	±	+	+	-	±
الشيخوخة	±	±	+	-	±
التساقط	±	±	±	+	+

التأثيرات الفسيولوجية للاثيلين

1. نضج الثمار اللحمية وما يرافقها من الليونة والتحلل المائي للمواد المخزونة وتغيرات في اللون والطعم ومعدل التنفس.

يؤثر الاثيلين على عملية التنفس باتجاهين:

الاتجاه الأول:

احداث تغيرات في نفاذية اغشية الخلية قبيل او اثناء النضج تؤدي الى تغيير في خواص نفاذية الاغشية التي تفصل انزيمات معينة عن مواد تفاعلها. وهذا بدوره يؤثر على التنفس وعمليات أخرى مثل هدم جدار الخلية.

الاتجاه الثاني:

وهو الاتجاه الأكثر مقبولية، وينص على ان عمليات نضج الثمار مرتبطة بتكوين الانزيمات التي تساعد في التغيرات الكيميائية التي تحدث خلال عملية النضج.

وبات واضحا ان الاثيلثن يشجع زيادة سرعة التنفس نتيجة تنشيط الاثيلين لبعض الانزيمات الموجودة في الثمار والتي كانت مقيدة (أي انه لا يحدث تكوين انزيمات جديدة).

2. تشجيع انفصال الأوراق.

3. تثبيط تكوين البراعم الجانبية (أي انه يسبب السيادة القمية). وجد ان الاثيلين يسبب تثبيط نمو الباعم الجانبية بشدة (فهو يسبب السيادة القمية) ووجد ان الاوكسين و الاثيلين يتكون بكثرة في الانسجة المرستيمية الطرفية ويثبط نمو البراعم الجانبية وان غاز ثاني أوكسيد الكاربون ينافس الاثيلين.

4. تثبيط نمو الجذور والسيقان والأوراق

اصبح أكيدا ان تثبيط الاثيلين لنمو الجذور ناتج من ان الاوكسين يحث انتاج الاثيلين الذي يحد من نمو الجذور حيث ان الجذر المتأثر بالجاذبية الأرضية يكون توزيع الاوكسين فيه غير منتظم حيث يكون بالجهة السفلى عالي وهذا يوقف النمو فيه بينما يكون النمو بالجهة العليا عالي ويبدأ انتاج الاثيلين في الجهة السفلى يزداد وينتقل للاعلى فيقلل من سرعة النمو او يؤدي الى تباطؤ سرعة النمو فتنحني للاسفل.

5. زيادة نفاذية الاغشية.

6. تشجيع تكوين الجذور العرضية.

7. تشجيع تكوين الازهار في نبات الاناناس. الاثيلين هورمون ولا يمكن الجزم بانه هورمون ازهار ولكن عند رش بعض المركبات مثل Etherel او (Ethephon)على نبات الاناناس فانها تحرر

الاثيلين داخل انسجة النبات وتسبب تزهير الاناناس.

كما انه يعمل على تحديد الجنس حيث انه يزيد من نسبة الازهار الانثوية على النباتات التي تسود الازهار الذكرية فيها أي ان عمله شبيه بعمل الاوكسين.

8. شيخوخة الأوراق والازهار.

وجد ان الاثيلين يعمل على نساقط الأوراق على العكس من تأثير الاوكسين. كما وجد ان الاثيلين يسبب شيخوخة الاوراق وغيرها من الانسجة.

9. يسبب الذبول المؤقت وتهدل الأوراق والنمو غير المنتظم Epinasty

10. تأثير الاثيلين على الانتحاء الأرضي وذلك من خلال منع حركة الاوكسين استجابة للجاذبية الأرضية.

ووجد ان الاثيلين يعكس تأثير ABA في تثبيط انزيم الاميليز في طبقات الاليرون في الشعير وان هذا التأثير الإيجابي للاثيلين على تكوين انزيم الاميليز يزداد بوجود الجبريلين.

ميكانيكية عمل الاثيلين:

تم اقتراح بعض الفرضيات حول عمل الاثيلين منها:

1. ان الاثيلين قد يرتبط مع بعض البروتينات المعدنية في الخلية metalloproteins وبذلك ينظم عمل الخلية.

2. ان الاثيلين قد يرتبط بطبقات الاغشية وبذلك يغير من وظيفتها.

3. ان الاثيلين قد يسبب تحولات في العمليات الحيوية المتعلقة بالاحماض النووية والبروتينات من خلال التحولات في RNAوالتي ترافقها تكوين البروتين وبالتالي الأنظمة الانزيمية.

ومن منظمات النمو النباتية:

-السايكوسيل**Cycocel (CCC)** واسمه الكيميائي **Chorocholine Chloride**

وهو من معوقات النمو ويعمل مضاد للجبرلين

-البراسينوستيرويدات**(BRs)** Brassinosteroids

لها دور في نمو النبات وتطوره من خلال تأثيرها في الانقسام والاستطالة الخلوية

- حامض الساليسيلك Salicylic Acid **(SA)**
- حامض الجسمونيك Jasmonic Acid **(JA)**