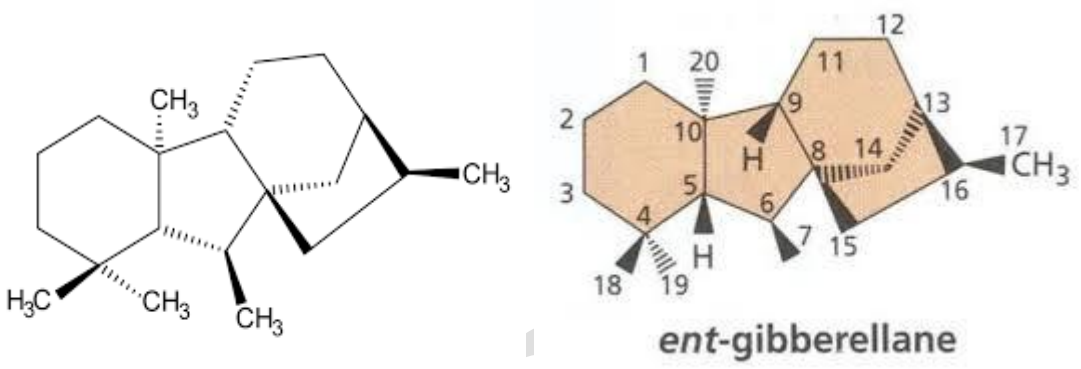
الجبرلينات Gibberellins (GAs)

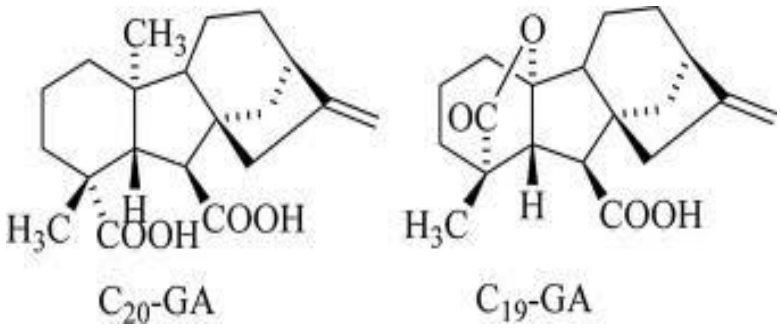
الجبرلينات (GAs) هي المجموعة الثانية من الهرمونات النباتية التي تم اكتشافها بعد الاوكسينات، وتعرف الجبرلينات بأنها مجموعة من المركبات العضوية التي لها هيكل كاربوني يطلق عليه Gibbane Carbon Skeleton او Gibbane Ring ولها هيكل داخلي او صيغة تركيبية يطلق عليها ent-gibberellane كما مبين في الشكل ادناه :



ent-gibberellane

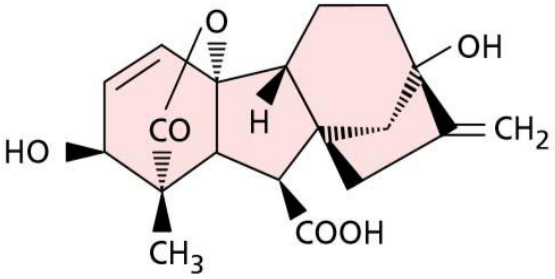
الجبرلينات في طبيعتها ذات تأثير حامضي فهي عبارة عن حوامض تربينية ثنائية ذات حلقات رباعية Tetracyclic diterpenoid acids وللجبرلينات فعالية بايولوجية في تحفيز الانقسام الخلوي او الاستطالة او كليهما كذلك التغلب على التقزم الوراثي في النباتات ولها تأثير في عملية الازهار وتكوين الثمار العذرية وازالة السكون في البذور والبراعم وغيرها من التأثيرات.

هنالك نوعين من الجبرلينات، النوع الاول: الجبرلينات التي تحتوي على 20 ذرة كاربون (C20-GAs) والنوع الثاني: الجبرلينات التي تحتوي على 19 ذرة كاربون (C19-GAs) والتي فيها ذرة الكاربون 20 تفقد بالعمليات الايضية، كما مبين في الشكل ادناه :



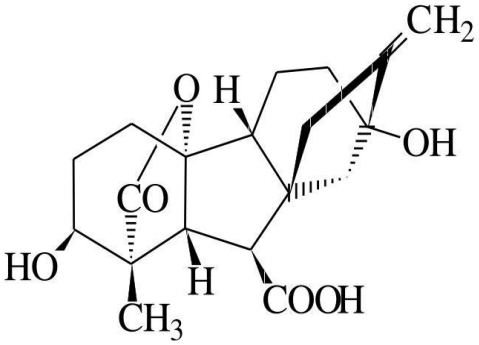
C_{20}-GA C_{19}-GA

يعد حامض الجبرليك Gibberellic acid (GA_3) اول الجبرلينات الذي تم استخلاصه من رواشح الفطر Gibberella fujikuroi في بداية الخمسينيات من القرن الماضي.



Gibberellic acid (GA_3)

اما الجبرلين (GA_1) فهو اول الجبرلينات المكتشفة في النبات عام 1958 اذ تم استخلاصه وتنقيته من البذور غير الناضجة للفاصوليا ويعد من اهم الجبرلينات المسؤولة عن الاستطالة في الساق.



Gibberellin A_1 or GA_1

يوجد حوالي 136 نوع من الجبرلينات تنتج طبيعيا في النبات وتشترك جميعها بتركيب كيميائي متشابه لكن القليل منها نسبيا لها فعاليات بايولوجية حقيقية وتوجد الجبرلينات في انواع مختلفة من النباتات مغطاة وعارية البذور والحزازيات والطحالب والبكتريا فضلا عن ذلك الفطريات التي تعد مصدرا غنيا بالجبرلينات، وقد وجد من مجموع 89 نوع من الجبرلينات بأن 64 تم استخلاصه وتشخيصه في النباتات، 12 فقط موجود في الفطر Gibberella و 13 من الجبرلينات موجود في كلاهما (النبات والفطر) كما وجد ان بذور التفاح غير الناضجة تحتوي على 24 نوع من الجبرلينات فضلا عن ذلك هناك عددا من المواد الشبيهة بالجبرلينات والتي لم يكن بالامكان استخلاصها وتشخيصها بسبب المستوى المنخفض جدا لتركيزها، وهنالك صفات عامة بالجبرلينات وحتى تكون المادة جبرلين يجب ان يتوافر فيها مايأتي :

1- هيكل كاربوني Gibbane Carbon Skeleton او Gibbane Ring.

2- ان تكون ذات تأثير وفعالية موجبة تتوافق مع الاختبارات الخاصة بالكشف عن الجبرلينات وفاعليتها وتأثيرها.

الاختلاف في الصيغ التركيبية Structural formula للجبرلينات الحرة

ان الاختلاف في الصيغ التركيبية Structural formula للجبرلينات الحرة قد يعزى لسببين:

الاول : الاختلاف في عدد وموقع مجموعة الكاربوكسيل Carboxylic group (- COOH) :

A- الجبرلينات التي تحتوي على 19 ذرة كاربون ($C19\text{-}GA_S$) تحتوي على مجموعة كاربوكسيل واحدة تكون موجودة دائما في الموقع (7) من الصيغة التركيبية.
B- الجبرلينات التي تحتوي على 20 ذرة كاربون (C20-GAS) تحتوي على مجموعة كاربوكسيل واحدة او اكثر وتكون موجودة في المواقع (4، 7 و 10) في الصيغة التركيبية للجبرلينات.

الثاني : الاختلاف في عدد وموقع مجموعة الهايدروكسيل Hydroxylic group (- OH) :

A- الجبرلينات المستخلصة من الفطر (GA_3) تحتوي على مجموعة الهايدروكسل والتي تكون موجودة في الموقع (3) من الصيغة التركيبية.
B- الجبرلينات المستخلصة من النباتات (GA_1) تحتوي على مجموعة الهايدروكسيل والتي تكون موجودة في الموقع (13) من الصيغة التركيبية.

من الجدير بالذكر انه لكي يكون للجبرلين تأثيرا في تحفيز الاستطالة فيجب ان يتم تحفيز تكوين الاوكسين وقد تم تفسير ذلك الى ان المعاملة بالجبرلين تسبب انخفاضا في مستوى انزيم IAA-oxidase وهذا الانزيم مسؤول عن تثبيط تكوين الاوكسين الطبيعي، وكذلك لوحظ في عدد من النباتات ان الاوكسين يمكن ان يحل محل الجبرلين او بالعكس فعند اضافة الجبرلين الى مبيض الازهار لنباتات الطماطة غير الملقحة لوحظ تحرر الاوكسين وتكون الثمار العذرية وكذلك الحال عند اضافة الاوكسين قد ادى الى تكوين الثمار العذرية وحدوث الاستطالة ومع ذلك فأن هنالك عدد من الحقائق التي تقوم خلافا لهذه الفرضية التي تشير الى ان الجبرلين يحفز تكوين الاوكسين او ان احدهما يمكن ان يحل محل الاخر في ميكانيكية عمله ومنها :

1- معاملة النباتات القزمية كالذرة القزمية Dwarf maize بالجبرلين ينتج عنه زيادة في استطالة الساق الا ان معاملة نفس النبات بالاوكسين لاينتج عنه تحفيز في الاستطالة.

2- المعاملة بالاوكسين يؤدي الى تحفيز تكوين الجذور العرضية الا ان المعاملة بالجبرلين تثبط نمو الجذور الجانبية (الجذور العرضية).

3- الاوكسين يحفز زيادة تكوين الازهار الانثوية في حين ان المعاملة بالجبرلين تسبب زيادة في عدد الازهار الذكرية في عدد من النباتات القرعية خصوصا الخيار.

بناءا على ذلك يظهر ان عمل كل من الجبرلين والاوكسين لايعتمد احدهما على الاخر في الكثير من التأثيرات الفسلجية في النبات.

مواقع البناء الحيوي للجبرلينات Sites of Gibberellins Biosynthesis

1- البذور غير الناضجة Immature Seeds يتم في مرحلتين اساسيتين : المرحلة الاولى تحصل بعد فترة قصيرة من عملية التزهير (Anthesis) وهذه المرحلة مرتبطة بنمو الثمار اما المرحلة الثانية من بناء وانتاج الجبرلينات تحصل في البذور عندما يزداد حجمها ويحصل في هذه المرحلة تراكم مستوى عال من الجبرلينات في البذور.

2- الانسجة الخضرية : لايوجد دليل قاطع على بناء وانتاج الجبرلينات في انسجة النمو الخضري وقد يعود السبب في ذلك الى انخفاض مستواها وعدم امكانية استخلاصها من الانسجة الخضرية مع ذلك فأن الاضافة الخارجية للجبرلين على النمو الخضري قد حفز من استطالة النموات (الساق، السلاميات وغيرها) في عدد من النباتات مما يدل على ان القمم النامية لهذه النموات قد تعد مواقع لبناء وانتاج الجبرلينات (ان جميع الانسجة التي هي في مرحلة التمايز Differentiation تعد مواقع اساسية لبناء وانتاج الجبرلينات وذلك لأحتواءها على الانزيمات التي تحول Mevalonic acid الى الجبرلينات.

3- الجذور : تعد الجذور مواقع مهمة واساسية في بناء وانتاج الجبرلينات على الرغم من ان تأثيرها يكون ضعيفا على نمو الجذور الرئيسة الا ان الجبرلينات تؤثر على الجذور العرضية وتثبط نموها وقد وجد ان كمية الجبرلينات في القمة النامية للجذر (4 ملمتر) تصل الى 10 اضعاف كميتها في الاجزاء التي تلي القمة.

انتقال الجبرلينات Gibberellins Transport

1- ان حركة وانتقال الجبرلينات لاتشبه حركة وانتقال الاوكسينات اذ ان حركتها غير قطبية Non-polar .

2- ينتقل الجبرلين غالبا خلال نسيج اللحاء فهو يشابه الكربوهيدرات وخاصة السكريات وكذلك المواد العضوية الذائبة في حركتها وانتقالها داخل الانسجة النباتية وقد قدرت سرعة انتقال الجبرلينات خلال الانسجة اللحائية بحوالي 5 سم / ساعة ويكون الانتقال تبعا لنظام الجريان الكتلي Mass Patren .

3- وجد ان الجبرلينات تنتقل عبر انسجة الخشب نتيجة للحركة الجانبية .

4- في نباتات ذوات الفلقة الواحدة : وجد ان الـ GA_1 (الفعال حيويا Bioactive) الذي ينتج طبيعيا في النبات يتم بناءه الحيوي وانتاجه في نفس منطقة التأثير Zone Action ويطلق على هذا النوع بالانتقال لمسافات قصيرة Short - distance transport .

5- في نباتات ذوات الفلقتين : مشتقات الجبرلينات يمكن ان تتحرك وتنتقل من الانسجة الناضجة الى منطقة الاستطالة (النمو) اذ تتحول الى جبرلينات فعالة حيويا (GA_1) والذي يحفز الاستطالة والنمو ويطلق على هذا النوع من الانتقال بالانتقال لمسافات طويلة Long - distance transport .

الية عمل الجبرلينات في تحفيز الاستطالة

يعمل الجبرلين على تحفيز وبناء انزيم amylase - & وهذا الانزيم يعمل اساسا على تحويل النشا الى سكريات مختزلة والتي بدورها تؤدي الى زيادة الضغط الازموزي Osmotic Pressure في الخلية النباتية مما ينتج عنه زيادة دخول الماء والغذاء مما يسبب انتفاخها وزيادة حجمها وتوسعها وبالتالي زيادة استطالة ونمو الخلية ، فضلا عن ذلك يعمل الجبرلين على زيادة معدل بناء الانزيمات المحللة للجدار الخلوي مثل انزيم *B* - 1,3 - glucanase الذي يعمل على خفض ضغط الجدار الخلوي Cell Wall Pressure مما يسمح بدخول الماء ومتطلبات النمو الى داخل الخلية مسببا استطالة ونمو الخلايا النباتية.

كما يعتقد ان الجبرلينات تنشط بعض الجينات في كروموسوم الخلية مما يحفز بناء الـ DNA وتكوين الـ mRNA ومن ثم تكوين بعض الانزيمات amylase - & ، Ribonuclase ، Protase ، Phytase وهذه الانزيمات لاتتكون في غياب الجبرلين مما يدل على ان الجبرلين له دور غير مباشر في التأثير على المستوى الجيني ومما يؤكد ذلك ان هذه الانزيمات يتوقف بناءها وانتاجها بوجود مثبطات الجبرلينات مثل Actinomycin - D الذي يثبط بناء الـ RNA والمثبط Puromycin المانع لأنتاج mRNA وبالتالي منع تكوين البروتينات.

التأثيرات الفسيولوجية للجبرلينات Physiological Effects of GAS :

1- انقسام واستطالة الخلايا Cell Division and Elongation :

الجبرلين يحفز انقسام واستطالة الخلايا مما ينتج عنه استطالة الساق والنموات الاخرى، ان دور الجبرلين في الانقسام الخلوي يكون له تأثيرا غير مباشر من خلال تحفيز الطور التمهيدي للأنقسام غير المباشر في الطبقة المرستيمية تحت القمية وتقصير طول فترة الانقسام الخلوي اذ تم ملاحظة ذلك في نبات الشعير ونبات البطيخ المتقزم.

اما دور الجبرلين وتأثيراته على استطالة الخلايا فهو يحفز الاستطالة في منطقة السلاميات وهي المنطقة المحصورة بين العقد دون تأثيره على عدد العقد او عدد السلاميات والتغلب على صفة التقزم بالحصول على نباتات متطاولة.

2- تحفيز انبات البذور ونمو البراعم Induction of Seeds and Buds Growth :

هناك عدد من بذور الانواع النباتية لاتنبت حتى اذا توفرت لها ظروف الانبات من حرارة وماء ومتطلبات الانبات الاخرى ويعزى ذلك الى ان هذه البذور تدخل في طور السكون Dormancy كما ان السكون يعزى الى ارتفاع مستوى هرمون حامض الابسيسيك ABA عندما تكون البذور خلال هذا الطور ، ان الجبرلينات تحفز البذور الساكنة على الانبات دون الحاجة الى درجات حرارة منخفضة او الى التنضيد Stratification وقد وجد ان كل من حامض الـ ABA وحامض الجبرليك GA_3 يتحكمان في عملية سكون وانبات البذور فكلما ارتفعت نسبة الجبرلين عن حامض الابسيسيك يتحفز الانبات والعكس صحيح.

ان جميع الاشجار المتساقطة الاوراق النامية في المناطق المعتدلة تدخل براعمها طور السكون Bud Dormancy او طور الراحة Rest Period خلال فترة الخريف والشتاء نتيجة لأنخفاض درجات الحرارة وقصر الفترة الضوئية وربما عوامل اخرى اهمها الصفة الوراثية لهذه النباتات وارتفاع هرمون ABA كذلك الحال بالنسبة للأبصال والكورمات والدرنات التي هي الاخرى تدخل براعمها طور السكون ولاتنمو الا بعد حصولها على احتياجاتها من البرودة وقد وجد ان مستوى الجبرلينات الطبيعية خلال فترة سكون البراعم يكون منخفضا وان هذا المستوى من تركيز الجبرلين يرتفع بما يقرب ثلاثين ضعفا عند انتهاء سكون البراعم ونموها.

ان سكون البراعم يرجع الى نشاط جينات محددة او عوامل وراثية تكون مسؤولة عن بناء الاحماض النووية RNA وان دور الجبرلين في تحفيز نمو البراعم الساكنة قد يكون من خلال دوره في تحفيز الانزيمات اللازمة لبناء الـ RNA والبروتينات اللازمة لكسر السكون وحصول النمو.

3- تكوين الانزيمات خلال الانبات Enzymes Production During Germination :

ان حبوب (بذور) العائلة النجيلية (الحنطة الشعير .... وغيرها) تحتوي على الجنين والاندوسبيرم اذ يتكون الاندوسبيرم من كتلة من الخلايا الخازنة للنشا وتكون محاطة بطبقة تسمى طبقة الاليرون Aleurone Layer وهي طبقة صلبة غنية بالبروتينات وظيفتها الرئيسة امداد الجنين بالانزيمات المحللة للغذاء المعقد الموجود في الاندوسبيرم ومن اهم هذه الانزيمات : &-amylase ، Protase ، Ribonuclease ، Phytase ، *B*-1,3- glcanase و *B*-amylase ... وغيرها وقد وجد ان مصدر الجبرلين الطبيعي هو جنين الحبة وان مصدر الانزيم &-amylase هو طبقة الاليرون.

فعند توافر الظروف الملائمة لأنبات البذور (الحبوب) اذ تتشرب بالماء ويتحفز الجنين والانزيمات ويتحرر الجبرلين المرتبط الى الجبرلين الحر الذي ينتقل الى طبقة الاليرون اذ تتحفز الجينات المسؤولة عن بناء وتكوين انزيمات التحلل وتحطم الغذاء المعقد (النشا والبروتينات) وتحولها الى مواد غذائية بسيطة كالسكريات والاحماض الامينية والنووية RNA حيث ينتج عنه تكشف الجنين والرويشة والجذير وبالتالي حصول النمو والتطور للنبات.

4- عقد ونمو الثمار Fruits Setting and Growth :

بعض النباتات ومنها اشجار الفاكهة يتحفز عقد الثمار ونموها وتطورها عند معاملتها بحامض الجبرليك GA_3 الا ان دور الجبرلينات الطبيعية (التي تنتج داخل النبات) مازال تأثيرها حول هذه الصفة غير مؤكدا، وقد اظهرت نتائج الدراسات ان المعاملة بحامض الجبرليك قد حفز على زيادة العقد وعدد الثمار وزيادة الحاصل في التفاح ، الثمار ذات النواة الحجرية ، العنب ، الحمضيات وغيرها اذ ادت المعاملة به الى زيادة العقد وكبر حجم الثمار وزيادة الحاصل علما ان نتائج الدراسات قد اوضحت ان الرش المبكر بحامض الجبرليك عند مرحلة التزهير يؤدي الى التبكير في نضج الثمار الا ان المعاملات المتأخر بهذا المركب اي بعد العقد قد ينتج عنها تأخير في نضج الثمار وتأخر تلونها وقد يعزى سبب ذلك الى ان الجبرلين يؤخر في تحلل صبغة الكلوروفيل وبالتالي تأخير النضج والتلون في الثمار.

5- تحديد الجنس Sex Determination :

ان دور الجبرلينات في تحديد الجنس يختلف حسب الانواع النباتية ففي الذرة مثلا فالجبرلين يمنع السداة Stamen (اعضاء التذكير في الزهرة) من النمو والتطور مما ينتج عن ذلك تحفيز المدقة او اعضاء التأنيث Pistillate في الزهرة، اما في النباتات احادية المسكن التي تحمل ازهارا ذكرية وانثوية مثل الخيار والسبانغ وغيرها فقد وجد العكس اذ ان حامض الجبرليك يحفز الازهار الذكرية على حساب الازهار الانثوية.

PGRS