جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تكريت

كلية الزراعة

(Salicylic acid)

مدرس المادة

أ.د اديب جاسم عباس

المحاضرة السادسة

المقدمة:

عرف حديثا العديد من المركبات الكيميائية الطبيعية والمصنعة حيث تمكن العالم الألماني Buchner عام 1828 من عزل المادة الفعالة وسماها Salicin نسبة اسم الجنس لنبات الصفصاف Salix spp. والتي لها دور مهم في نمو وتميز الخلايا والأعضاء النباتية ولها تاثيرات واضحة في نمو وتكشف النبات ، وهي مركبات عضوية تبنى في المناطق الانشائية وعندما تتحرك الى باقي أجزاء النبات فانها تحدث التاثيرات الفسلجية ، ان بعض هذه المنظمات ذات تأثيرات منظمة وأخرى تكون تاثيراتها مثبطة أو معوقة للنمو ولبعضها تاثيرات سريعة والبعض الآخر ذات استجابات سريعة وطويلة المدى ، وقد اقترح العالم ساكس منذ أكثر من 100 عام تاثر النبات بالمواد الكيميائية وان العضو المكون للمواد موجود في النبات وافترض أيضا ان ان مادة واحدة تسبب نمو الساق والأوراق والجذور والازهار والثمار ولكن مع تطور العلم والأبحاث في هذا المجال بدأ التعرف على الكثير من منظمات النمو النباتية والتي لها تأثيرات فسيولوجية واضحة على النبات ، ويعد حامض الساليسيلك Salicylic Acid الذي اسمه الكيميائي Ortho - hydro benzoic acid ويرمز له اختصاراً SA هو احد منظمات النمو الذي ينتمي الى مجموعة الفينولات وان العالم DeKock اول من ذكر دور حامض الساليسيلك كمنظم نباتي للنمو وهذا في العام 1974 وبعدها زاد الاهتمام به وأجريت العديد من الدراسات التي بينت ان هناك علاقة بين هذا الحامض وقدرة النبات على تحمل الاجهادات المختلفة.

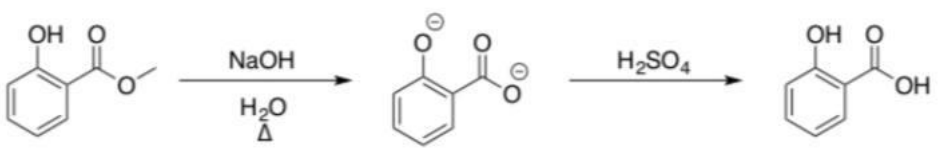
تعتبر أشجار الصفصاف مصدراً لهذا المنظم كونه يستخلص من قلفها وان المستخلص الفعال من القلف يطلق عليه Salicin ، الصيغة الكيميائية لحامض الساليسيلك هي C_6H_4 (OH)

COOH ، وان صيغته التركيبية :

Asprine هو الاسم التجاري للمركب Acetyl Salicylic acid وان حامض الساليسيلك يتكون ايضاً من خلال التحلل المائي للاسبرين، وجد ان الحامض الساليسيلك دور في زيادة مقاومة بعض النباتات لانخفاض درجات الحرارة ، مقاومة الاجهادات الناتجة من من العناصر الثقيلة وكذلك مقاومة النباتات للجفاف ، ان حامض الساليسيلك له القدرة على تحفيز أكثر من مسار في مواجهةلاجهادات البيئية المختلفة ففي العديد من الدراسات وجد ان حامض الساليسيلك يؤثر في انتاج البعض من هرمونات النمو اذ يعتبر مضاد لـ اندول حامض الخليك (IAA) وحامض الابسيسيك (ABA) ودراسات أخرى تشير الى دوره في تحفيز انتاج بعض الانزيمات مثل الانزيمات المضادة للاكسدة ، إضافة الى دوره كمنظم طبيعي للنمو في النبات مثل التمثيل الضوئي والنتح ونقل الايونات وكذلك له دور في استحثاث انتاج بعض البروتينات المتعلقة ببعض المسببات المرضية ، حيث يعطي مقاومة معينة لبعض أجزاء النبات فعند مهاجمة المسبب المرضي لجزء من النبات فانه سوف يحفز او يمنح مقاومة للاجزاء الأخرى من النبات وحتى النباتات الأخرى المجاورة وهذا بواسطة الساليساليك الذي يتحول الى مركب متطاير بشكل استر .

تحضير حامض الساليسيلك صناعياً :

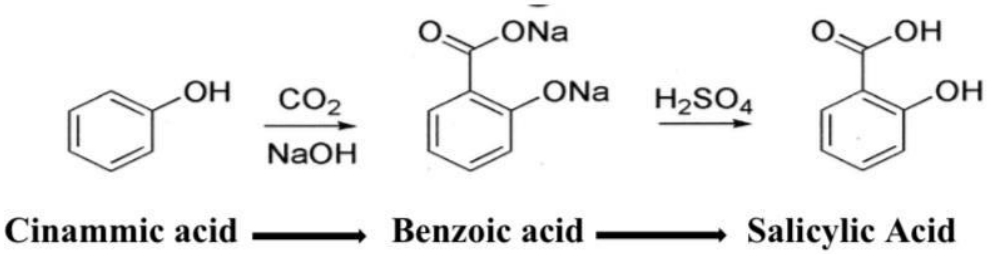
يحضر صناعياً من فينولات الصوديوم مع ثاني أوكسيد الكاربون في ضغط 100 Atm ودرجة حرارة 390 درجة مئوية مكون ساليسيلات الصوديوم وهذا الناتج يعامل مع حامض الكبريتيك OH



الشكل. مخطط التفاعل لتخليق حمض الساليسيليك من ساليسيلات الميثيل.

وهناك تحضير صناعي اخر لحامض الساليسيلك:

لقد اوضحت الأبحاث والدراسات الحديثة ان المركب البادئ الحامض السالسيليك هو حامض السيناميك Cinnamic acid ، حيث ان المعتقد ان عملية البناء الحيوي لـ SA تتم كالاتي:



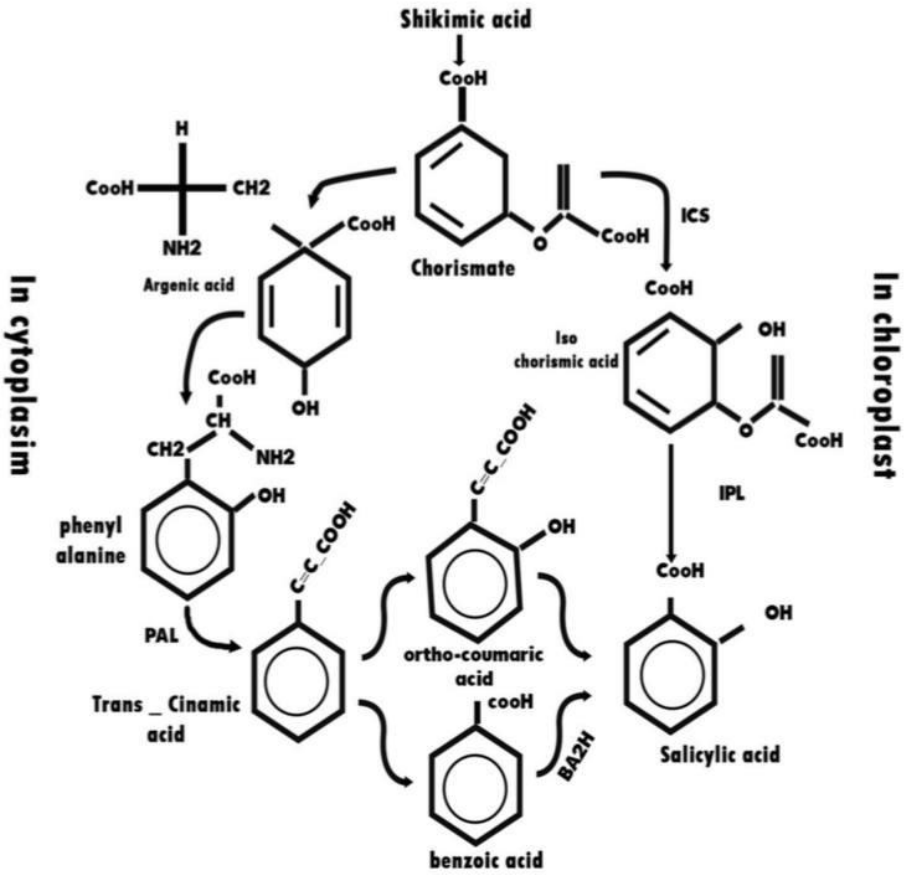
ان هذا المسلك الحيوي لبناء الـSA حصل علية في نباتات الرز (Silverman et al, 1995

وكذلك نباتات التبغ(Yalpani et al 1993

Biosynthesis of (SA) in plants : البناء الحيوي لحامض الساليسيلك

Salicylic acid biosynthesis

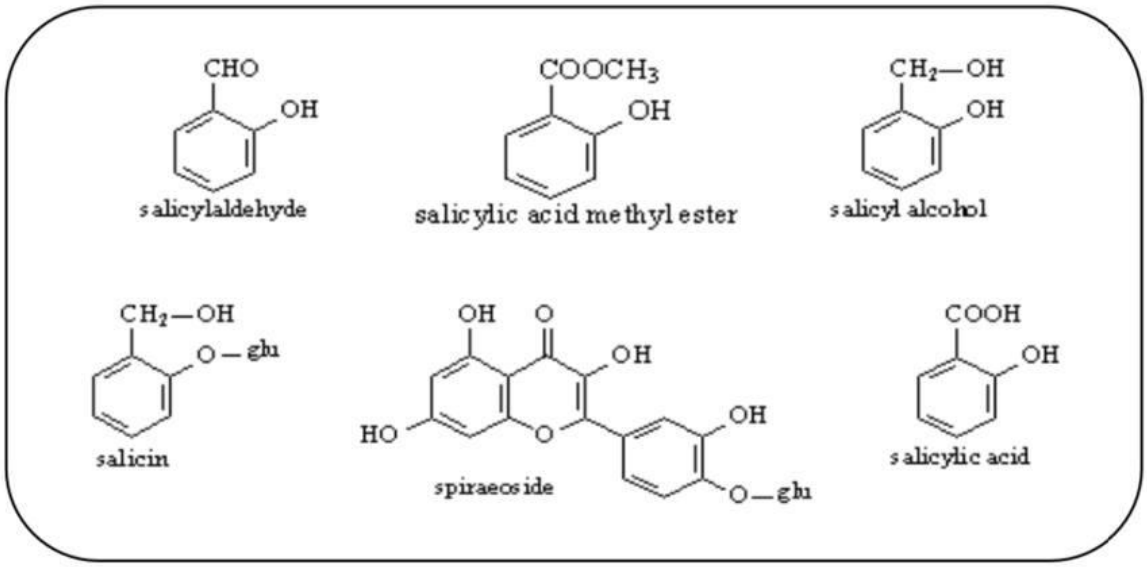
$C_6H_4(OH)(COOH)$
$C_7H_6O_3$

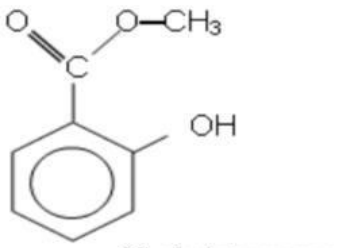


Enzymes :

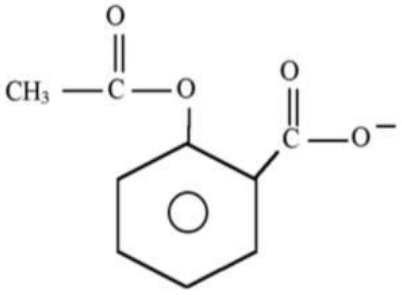
- **ICS : Isochorismat synthase**
- **PAL : Phenylalanine ammonialyase**
- **BA2H : Benzoic acid 2-hydroxylase**
- **IPL : Isochorismat pyruvatelyase**

أنواع حامض الساليسيلك :





Oil of wintergreen



Aspirin (acetylsalicylic acid)

اماكن بناء حامض الساليسيلك :

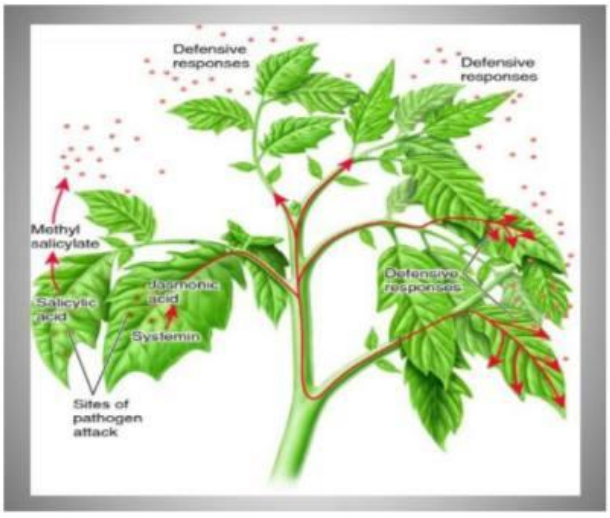
تعتبر النباتات مصدراً غنياً لهرمونات النمو المختلفة ومنها حامض الساليسيلك الذي يضاف بتركيز 50 – 300 mg.L في اغلب التجارب الحقلية والذي وجد في أوراق وقلف نباتات الصفصاف، ويوجد ايضاً في نباتات أخرى عديدة وبنسب مختلفة مثل أوراق نبات الرز وكذلك وجدت نسب عالية نسبياً في ازهار نباتات التنظيم الجيني والنباتات المصابة بالمسببات المرضية ، وان حامض الساليسيلك يرتبط انتاجه مع ظهور مركب ذو علاقة به وهو Salicylic - B - glucoside (SAG) حيث ان هذا بدوره يكون بمستويات منخفضة جداً في حالة غياب الإصابة ولكن يكون بمستويات مضاعفة في حالة الإصابة وان الـ SAG يتحلل بواسطة الانزيمات ليكون الـ SA وبذلك فان الـ SAG قد يعد كخزين الحامض الساليسيلك الذي يمكن ان يتحرر عند مهاجمة المسببات المرضية ، وحامض الساليسيلك ينتمي الى مجموعة الفينولات والتي كان يشار اليها سابقاً على انها نواتج ايض ثانوية على اعتبار ان هذه المركبات (الفينولية) تكون ذات أهمية قليلة او ثانوية للنباتات وفي بعض الأحيان قد تتساوى مع المركبات الغير ضرورية (النفايات) ولكن استبدلت هذه الفكرة فيما بعد باعتبار ان العديد من المركبات الفينولية لها دوراً مهما في تنظيم النمو وتطور النبات. وكذلك تداخلها مع مواد أخرى مثل كونها ضرورية في البناء الحيوي لمادة اللكنين Lignin المهمة في جدار الخلية النباتية. إضافة الى ان الفينولات تنتج في الجذور ولها دور في عملية الانبات، وهناك أنواع من الفينولات تفرز من جذور النباتات البقولية تكون مهمة وضرورية في تحفيز العقد الجذرية لانواع من بكتريا العقد الجذرية مثل الـ Rhizobium.

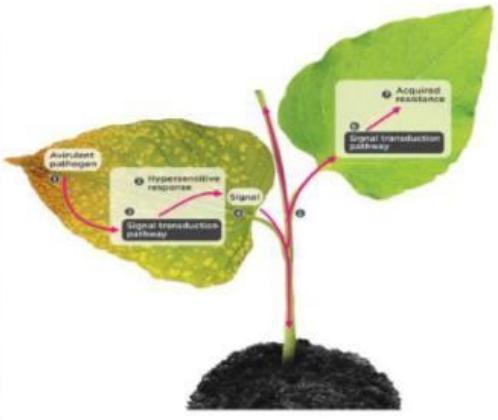
حركته وانتقاله في النبات :

ان فعالية حامض الساليسيلك في تحفيز المقاومة الحيوية بعد الإصابة وجد انها تتطلب الحركة والانتقال لمسافات طويلة داخل انسجة وأعضاء النبات وان إيقاف الحركة والانتقال خلال نسيج اللحاء وذلك عن طريق اجراء عملية التحليق للساق هذا سوف يمنع تحفيز تكوين الـ ASR في الأوراق الى حدود الإيقاف . وهذا يقود الى الاستنتاج بان حركة وانتقال الساليسيلك تتم عن طريق نسيج اللحاء المسافات طويلة . وان بعض الدراسات التي أجريت حول حركة وانتقال حامض الساليسيلك أوضحت أن عصير الخشب يصبح غنياً بحامض الساليسيلك بعد حدوث الإصابة والتلوث في الأوراق وبالتالي تقود الى تحفيز الـ SAR .

التاثيرات الفسلجية لحامض الساليسيلك :

ان حامض الساليسيلك هو المحور الأساس للمقاومة الجهازية المكتسبة SAR لانه يتحكم بعدد من العمليات الفسلجية داخل النبات Systematic Acquired Resistance ويمكن تقسم الـ SAR نظرياً الى مرحلتين وهما البداية والاستدامة ، ومرحلة البداية هي مرحلة انتقالية تشمل الاحداث التي تقود الى تأسيس المقاومة واما فترة الاستدامة فهي تبين حالة ثبات المقاومة التي نتجت من مرحلة البداية سمرة واخرون ، (2015) وان قدرته في حث المقاومة الجهازية المكتسبة [SAR] في النباتات عند مهاجمتها من قبل العديد من المسببات المرضية حيث ان ذلك يؤدي الى انتاج بروتينات تساعد النبات في الدفاع والمقاومة ، ويعتقد بأن حامض السالسيليك هو الاشارة Signal في حث عملية التعبير الجيني التي تؤدي الى انتاج مثل هذه البروتينات الدفاعية أي ان حامض السالسيليك يلعب دوراً مهماً في الشد والاجهادات الحيوية Biotic stress التي تتعرض لها النباتات. كما وجد بأن حامض السالسيليك يشجع عملية البناء الحيوي لـ Tuberonic acid او jasmonic acid الذي يؤدي الى حدوث عملية تكوين الدرنات Tubers في البطاطا كما اتضح ان الحامض السالسيليك دوراً مهما في تحمل النبات لظروف Heat Stressوالشد الحراري Salt Stress والشد الملحي Osmotic Stress الشد الازموزي وله العديد من الفعاليات الفسيولوجية في نمو النبات وتطورة وتكشفه نقلا عن ، (2010ال ربيعه





ومن تأثيرات حامض الساليسيلك الفسيولوجية

1 - الازهار Flowering

يمكن التعرف على تأثيرات الساليسيلك على الازهار من خلال اذابة قرص من الاسبرين في الماء والذي يؤدي الى إطالة عمر الازهار المقطوفة ، وان السبب في ذلك تعود الى دور الـ SA على تثبيط البناء الحيوي للاثيلين وحامض الابسيسك من خلال منع تحول 1amino – acid ACC synthesase ومن المحتمل ان تكون المستويات الداخلية للـ SA الموجودة في انسجة الزهرية للنبات عالية نسبياً وبشكل كاف للتاثير على تثبيط تكوين الاثيلين في انسجة الزهرة ، اضافة الى ان الاثيلين لا يشارك دائماً في شيخوخة الازهار في حين ان الاسبرين يؤخر الشيخوخة، إذ يعمل حامض السالسليك على إطالة العمر المزهري لأزهار القرنفل من خلال تثبيط تمثيل الاثلين وتقليل فعاليته من خلال تأثيره المباشر على نشاط فعالية الإنزيمات المانعة للأكسدة فضلاً عن قدرته على قتل البكتريا التي تغلق أوعية الخشب مما يعمل على زيادة امتصاص الماء في أزهار القرنفل إضافة الى ذلك فان له دور باعتباره عامل مخلبي والدراسات تشير الى ان العوامل المخلبية يمكن ان تستحث الازهار Gerailoo . و Ghasemnezhad، 2012 و Kazemi وآخرون .(2012 ،

2 - تاثير حامض السالسيلك في تحمل النباتات للاجهادات:

تاكد لدى كثير من الباحثين ان حامض السالسيلك يلعب دوراً رئيسا في التقليل من الاصابة بالمسببات المرضية وتحمل الظروف البيئية غير المناسبة التي تتعرض اليها النباتات ، اذ ان ميكانيكية عمل SA في زيادة القدرة الدفاعية للنباتات تكمن في تحفيزه للجينات المسؤولة عن انتاج البروتينات التي تزيد من تحمل المسببات المرضية اما بالنسبة الى تاثير SA في مقاومة النباتات للشد اللاحيوي ، فقد يفسر بان له تاثيراً في حركة الثغور ، حيث يؤدي الى غلقها عند تعرض النباتات الى الجفاف أو قلة الماء المتيسر للنبات ان معاملة النباتات بـ SA يؤدي الى زيادة تراكم بيروكسيد الهيدروجين H2O2 وايونات الكالسيوم التي تؤدي بدورها الى غلق الثغور وان التراكيز الواطئة من الـ SA تعمل على زيادة فاعليته كمضاد للاكسدة ، في حين ان التراكيز العالية تؤدي الى موت الخلايا او الى زيادة حساسية النبات للشد اللاحيوي . ان المعاملة بالـ SA ادت كذلك الى زيادة محتوى النبات من حامض الابسيسك ABA

والبروتين واشارت عدة دراسات الى ان معاملة النباتات بـ SA تؤدي الى زيادة تحملها لدرجات الحرارة المنخفضة وان SA يلعب دوراً في زيادة تحمل النباتات للملوحة نقلاً عن الربيعي ، 2015.(

3 - مقاومة الامراض:

من الملاحظ ان بعض النباتات أحيانا تحتوي على عدد من الاحياء المجهرية والمسببات المرضية، ولكن بالرغم من ذلك فان تلك الإصابة وحدوث المرض نادرا ما يتطور وكذلك فان طبقة الكيوتكل وجدران الخلايا والمواد الكيميائية المضادة للميكروبات تساعد على الحماية او المقاومة المتكررة للنبات من حيث انتشار الفطريات والبكتريا والفيروسات المسببة للامراض . ان الخلايا

النباتية التي تعطي المقاومة العالية High Resistance ويرمز لها HR وبالتالي فان الـ HR قد يؤدي الى حصول نظام اكتساب المقاومة الجهازية (Systemic Acquired) SAR Resistance والذي يعرف بانه المقاومة التي تحصل ضد مهاجمة الكائنات المسببة للامراض والتي تتطور بعد بداية الإصابة في الأجزاء النباتية الخالية من الكائنات المرضية أو الأجزاء الغير مصابة من النبات، وكذلك يمكن ان تنتقل الـ SAR من النبات الأصلي الى نباتات أخرى مجاورة Methyl Salicylate(الذي يتحول الى مركب استر متطاير هو SA وتمنحها بواسطة حامض الـ والذي يساهم في تكون بعض البروتينات التي لها فعالية ضد المسببات المرضية وبالتالي فان SAR يتم عن طريق تحفيز جميع أجزاء النبات للاستجابة للمقاومة وبالتالي فان SAR يشار اليه احياناً بجهاز المناعة للنبات . وقد وجد ايضاً ان المقاومة للكائنات المسببة للامراض وإنتاج وتكوين البروتينات في النبات يتحفز بواسطة Salicylic acidحتى مع غياب الاحياء المسببة للامراض

4 - دور حامض الساليسيلك في الحرارة الوراثيةThermogenesis

الحرارة الوراثية انتاج الحرارة موجود في التركيب الوراثية وفي بعض الازهار ، وان هذه الحرارة مرتبطة مع زيادة في عملية الفسفرة التي تحدث في الميتوكوندريا Mitochondria ، ان زيادة او ارتفاع معدلات عملية التنفس استهلاك الاوكسجين تكون عادة في صالح الإنتاج الحراري الحرارة الوراثية بالإضافة الى نشاط الانزيمات. في نبات القلقاس الذي تتطور ازهاره وتنمو الى حدود ارتفاع 80سم وفي وقت مبكر من اليوم في الصباح) تتفتح الازهار والجزء العلوي من الحامل الزهري والذي يسمى الملحق يبدأ انتاج الحرارة والتي تؤدي الى تطاير الامينات والاندولات الخاصة بجذب الحشرات وبعد الظهر تزداد الحرارة في

الملحق وتصل الى حدود 14 درجة مئوية اعلى من درجة حرارة الجو المحيط وبعدها تنخفض الحرارة في المساء حيث يبدأ الحدث الثاني للحرارة الوراثية وهي انخفاضها في وقت متأخر

مساءاً وتنتهي في الصباح اذ تبدأ الحرارة الوراثية بالارتفاع وهكذا . وقد اقترح بان الفعالية التي تحدث في الملحق هي بواسطة مركب الـ Galorigen مواد ذائبة في الماء تتكون في الازهار الذكرية التي تقع في الأسفل) وعند حدوث عملية الازهار فأن Galorigen يبدأ بالدخول الى الملحق ، وبعد اجراء بعض التحاليل على مستخلص الـ Galorigen عالي النقاوة باستخدام بعض التقنيات والأجهزة مثل أجهزة المطياف الضوئي فقد أظهرت النتائج الى وجود إشارة لحامض الساليسيلك . وهذا ما أكده الدراسات التي أجريت عند إضافة الساليسيلك الى الأجزاء العلوية الغير ناضجة من الملحق أدت الى زيادة الحرارة ، وقد اشير الى ان الـ Galorigen هو حامض الساليسيلك نفسه .

تاثيرات أخرى لحامض الساليسيلك:

هناك تاثيرات مختلفة اخرى لحامض الساليسيلك مثل:

-تثبيط بناء وتخليق الاثيلين.

–انبات البذور.

–استجابات منع الجروح..

–حث امتصاص الأيونات في الجذور.

-نقل الايونات خلال الاغشية.

–تقليل النتح في الأوراق والبشرة

–تقليل عملية التنفس.

-عكس عملية تحفيز حامض الـ ABA في غلق الثغور وتساقط الأوراق وتثبيط النمو . حث تكوين صبغات الانثوسيانين والكلوروفيل والكاروتين في بعض النباتات وتسريع عملية التمثيل الضوئي وزيادة نشاط بعض الأنزيمات المهمة والتي تنعكس إيجابا في سير العمليات الفسلجية في النبات وبالتالي تساعد على زيادة الإنتاج .

- يعمل على زيادة في بعض صفات النمو الخضري

- يحفز تكون الجذور العرضية عند وجوده مع IAA Indole Acetic Acid.

المصادر References :

ال ربيعه، جمال عبد الرضا عبد السيد (2010). تأثير حامض السالسيليك في التحمل الملحي لنباتات الزيتون الفتيه صنفي الخضراوي والخستاوي. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة البصرة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

الخفاجي، مكي علوان (2014). منظمات النمو النباتية تطبيقاتها واستعمالاتها البستنية. جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جمهورية العراق.

الربيعي، نوال محمود علوان (2015). تأثير التظليل ومنظم النمو البراسينولايد وحامض السالسيليك في نمو وازهار وحاصل نبات الكلاديولس. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد. جمهورية العراق.

سمرة، بديع إسماعيل، عماد وحويجي، مها (2015). أثر استخدام حامض الساليسيليك كمادة محفزة للمقاومة الجهازية المقحمة في نمو وانتاجية نباتات الخيار ضمن ظروف الزراعة المحمية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (1) : 9–21.

Gerailoo, S.and M. Ghasemnezhad. (2012). Effect of Salicylic acid on antioxidant enzyme activity and petal senescence in 'YELLOW ISLAND' cut Rose flowers. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research .19(1): 183-193.

Kazemi, M.Gholami, M.Asadi, S. Aghdasi5and9M. Almasi. (2012). Response of Carnation (Dianthus Caryophyllus L.) to Salicylic Acid and Glutamina .Asian Journal of Biochemistry.1-7.

Lee, K.D., Y. Bai, D. Smith, H.S. Han and Supanjani.2005. Isolation of plant-growth-promoting endophytic bacteria from bean nodules. Res. J. Agric. & Biol. Sci. 1(3): 232-236.

Silverman,P.M.Seskar,D.Kanter,P.Schweizer,J.P.Metraux,I.Raskin, (1995). Salicylic acid in rice. Biosynthesis, conjugation, and possible role. Plant physiol. 108:633-639.

Yalpani, N., J.Leon, M. A. Lawthon, I. Raskin, (1993). Pathway of salicylic acid iosynthesis in healthy and vitus-inoculated tobacco. Plant physiol.,103:315-321.