وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ميسان
كلية التربية الاساسية

مجلة ميسان للدراسات الاكاديمية

للعلوم التطبيقية والانسانية

ISSN (Paper)- 1994-697X
(Online)- 2706-722X

المجلد 21 العدد 42 السنة 2022

مجلة ميسان
للدراسات الاكاديمية

للعلوم التطبيقية والانسانية

كلية التربية الاساسية - جامعة ميسان - العراق

ISSN (Paper)- 1994-697X
(Online)- 2706-722X

مجلد (٢١) العدد (٤٢) حزيران (٢٠٢٢)

www.misan-jas.com

http://www.misan-jas.com/index.php/ojs

journal.m.academy@uomisan.edu.iq

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق بغداد 1326 في 2009

ت	فهرس البحوث	ص
1	حامض السالسليك : خصائصه ودوره في تحفيز نظام الدفاع في النباتات ضد الممرضات الفطرية قصي حطاب ماضي طلال حسين صالح غسان مهدي داغر	1
2	عبد المطلب داود مهدي الحسيني الحلي ودوره في النهضة الادبية والفكرية (1865-1920) نادية جاسم كاظم علي الشمري هالة مهدي خيري الدليمي	15
3	إرث المتبنى في الشريعة الاسلامية (دراسة في ضوء القرآن والسنة والمذاهب الإسلامية) سيد حسين آل طه هيثم مظهر محي الساعدي	26
4	كاميرات المراقبة وأثرها في كف السلوك المنحرف من وجهة نظر المجتمع الأنباري (الفلوجة إنموذجا) دراسة تطبيقية ميدانية عبد الرزاق جاسم محمود العيساوي احمد محمد مطلك المحمدي	38
5	تأثير معالجات عجز الري المنظم على الجودة الفيزيائية والكيميائية لثمار صنفين من نخيل التمر (الساير) و (الحلاوي) علي عبد الرحمن فاضل عبدالكريم محمد عبد عبد المنعم حسين علية	59
6	كفايات التعليم الالكتروني أحمد عبد المحسن كاظم أسراء حسين عليوي	70
7	تقدير حجم الضائعات المائية في مشروع المحاصيل الصناعية الإروائي في قضاء العزيزية وسبل رفع كفاءته اياد عبد علي سلمان الشمري ناطق هاشم طوفان الشمري نجاح علوان عويز الغشام	87
8	مهارات تدريس معلمي اللغة الانكليزية في المرحلة الابتدائية من وجهة نظرهم جمال نصيف العلوي	93
9	التصويب والتخطئة عند أهل السنّة محمد رسول آهنگران حسين رجبي مهدي نوروزي مهدي صداقت	115
10	التحليل الجغرافي لتكرار بقاء الأيام الممطرة لأكثر من يومين في محطات (بغداد والعمارة والحي) طالب عباس كريم صدام رزاق عبود	132
11	التشكيلُ الصَّوري لخاتمةِ القصيدة في عهد بني الأحمر علي مطشر نعيمة كريم قاسم جابر الربيعي	145
12	محددات الطلب على النقود في العراق (دراسة قياسية) حلمي إبراهيم منشد	160
13	التفاعل في التعليم الألكتروني وعلاقته بالمعرفة الشخصية للطلبة من وجهة نظر أعضاء الهيئة التدريسية غسان كاظم جبر	170
14	السَّرد القصصيّ في كتاب عيون الأخبار لابن قتيبة هديل علي كاظم	186
15	دلالة الخبر عند أهل المعقول والمنقول، دراسة تحليليَّة نصير ثجيل داود	198

16	انعكاس خطاب الكراهية في القنوات الفضائية العرقية على الجمهور احمد كريم احمد	210
17	تحليل ظاهرة البطالة في العراق: ارث الماضي وتجليات الحاضر واستراتيجيات الحل حسين علي عبد	228
18	مباني تدارك الأضرار المعنوية في نظام الإيراني القانوني ناظرة إلى الإجراءات القضائية حميد ابهرى[1] مهدى طالقان غفارى[1]* مهرداد باكزاد[1] الياس يارى[1]	243
19	الاختلاف العقائدي في مسألة المعاد ومجال التسامح صادق كاظم مكلف	253
20	الازمة السورية و موقف جامعة الدول العربية منها 2011- 2018 حسن موات حسين هشام نعيم غليم الكعبي	264
21	الاوضاع الداخلية في الاحواز 1913- 1925م حميد ابولول جبجاب	276
22	الزراعة في العصر الفاطمي 296-567هـ/ 909-1171م علي فيصل عبد النبي العامري	289
23	أثر استراتيجية التعلم المستقل في تحصيل تلاميذ الصف الخامس الابتدائي في مادة العلوم حنان كاظم عبد	308
24	الدلالة الصوتية في ألفاظ المثل القرآني ناصر حسن عبد علي	317
25	دور النظام المحاسبي الحكومي العراقي عند الانتقال من الموازنة التقليدية(البنود والنفقات) الى موازنة البرامج والأداء " دراسة تطبيقية في امانة بغداد " قاسم كاظم حميد هشام خليف محمد عبد الله ابراهيم	330
26	الحيوية الذاتية وعلاقتها بالإبداع الارشادي لدى المرشدين التربويين فاطمة عادل داخل	356
27	دراسة بيئية للملوثات العضوية في مياه شط البصرة سها وليد مصطفى	368
28	قياس اتجاهات الجمهور العراقي إزاء ممارسات العلاقات العامة للمؤشرات الديمقراط (دراســـة ميدانيـــة) علي جبار الشمري ليث صبار جابر	386
29	ظاهرة الانزياح في بائية عنترة بن شداد علي غانم فلحي	403
30	التنظير الفقهي للأحوال الشخصية بين القانون الجعفري والقانون المدني العراقي (دراسة مقارنه) هرمز اسدي كوه باد محمد هاشم كرم النوري	414
31	دراسة بيئية وتصنيفية لمستحاثات الفورامنيفرا والاوستراكودا لاهوار جنوب العراق سرى اسعد سليم الشريدة رشا عبد الستار كشيش العلي	429
32	Geomorphometric Analysis of Al -Teeb River Meanders Between Al-Sharhani Basin and Al-Sanaf Marsh, Eastern of Misan Governorate, Iraq Bashar F. Maaroof [1] and Hashim H. Kareem [2]	441

456	**Analyzing the Errors Made by Advanced Student on (Subject-Verb) Concord at Misan University** **Emad Jasem Mohamed**	33
466	**Types of Assimilation in English as Recognized by Iraqi EFL Learners at the University Level : A Perceptual Study** **Furqan Abdul-Ridha Kareem Altaie**	34
477	**The Impact of Active Learning Strategies on Developing EFL College Students' Self-efficacy and Academic Achievement** **Khansa Hassan Hussein Al-Bahadli**	35
491	**Improvement of the thermo Oxidation properties for low-density polyethylene using curcumin analogues** **Ali M. Al-Asadi , Salah Sh. AL-Luaibi*, Basil A. Saleh****	36

حامض السالسليك : خصائصه ودوره في تحفيز نظام الدفاع في النباتات ضد الممرضات الفطرية

قصي حطاب ماضي طلال حسين صالح غسان مهدي داغر

كلية الزراعة / جامعة ميسان

المستخلص

تعد زيادة الطلب على إنتاج الغذاء العالمي في القطاع الزراعي قوة دافعة حاسمة لتطوير أساليب جديدة لإدارة الأمراض التي تكون فعالة ضد مسببات الأمراض المعروفة . تمتلك النباتات هياكل متخصصة ومواد كيميائية وآليات معقدة للدفاع عن نفسها ضد مسببات الأمراض، يعد فهم آليات ومسارات الدفاع هذه أمرًا بالغ الأهمية لتطوير مناهج مبتكرة لحماية نباتات المحاصيل من الأمراض حيث تعمل مسببات الأمراض باستمرار على تطوير وسائل معقدة لاختراق دفاعات النبات. مسارات دفاع النبات تتضمن عددًا من مركبات الإشارات التي تنظم إنتاج المواد الكيميائية المتعلقة بالدفاع. ترتبط هذه المسارات بقوة بحامض السالسليك (SA). يلعب حامض السالسليك دورًا مهمًا في تحفيز دفاع النبات ضد مجموعة متنوعة من المسببات الفطرية والاجهادات اللاأحيائية من خلال الآليات المورفولوجية والفسيولوجية والكيميائية الحيوية.

الكلمات الدالة: Keywords: حامض السالسليك ، المقاومة الجهازية المكتسبة، الفطريات ،المواد الكيميائية النباتية ، استحثاث الدفاع .

Salicylic acid: its properties and role in stimulating the defense system in plants against fungal pathogens

Qusai Hattab Madhi Talal Hussein Saleh
Ghassan Mahdi Dagher

Department of Plant Protection/ College of Agriculture/ University of Misan

Qusay.hattab@uomisan.edu.iq

https://orcid.org 0000-0001-5528-7182

DOI /2022 10.54633/2333-021-042-001

Abstract:

Increasing demand for global food production in the agricultural sector is a critical driving force for the development of new disease management methods that are effective against known pathogens. Plants possess specialized structures, chemicals, and complex mechanisms to defend themselves against pathogens, and understanding these defense mechanisms and pathways is critical. To develop innovative approaches to protecting crop plants from disease as pathogens are constantly developing sophisticated means to penetrate plant defenses. Plant defense pathways include a number of signaling compounds that regulate the production of defense-related chemicals. These pathways are strongly associated with salicylic acid (SA). Salicylic acid plays an important role in stimulating plant defense against a variety of fungal pathogens and abiotic stresses through morphological, physiological and biochemical mechanisms.

Keywords: salicylic acid, acquired systemic resistance, fungi,phytochemicals, activating defense .

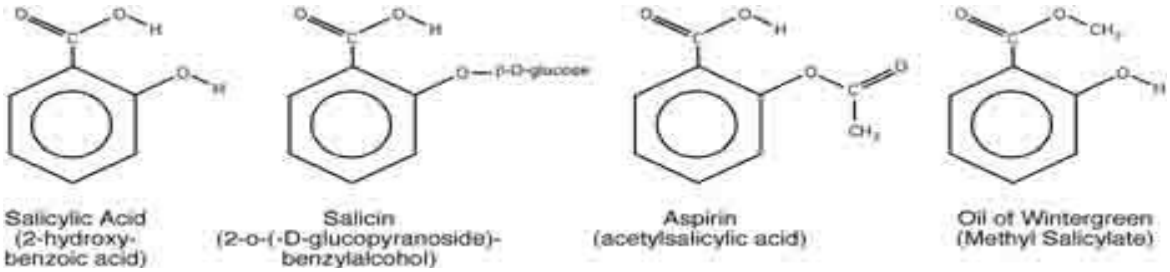
1. المقدمة:

أصبح الاستخدام المفرط للمبيدات في الزراعة مصدر قلق كبير بسبب تكلفته المتزايدة وتأثيره السلبي على صحة الإنسان وعلى البيئة لهذه الأسباب هناك فرصة ممتازة لتطوير مناهج جديدة لزراعة أكثر استدامة تستند إلى المواد الكيميائية التي تشير إلى دفاع النبات والتي تستخدم أنظمة الدفاع الخاصة بالنباتات لمنح مقاومة للإجهاد الحيوي وغير الحيوي (Dempsey and Klessing,1994). ينتمي حامض السالسليك (SA) إلى مجموعة المواد الكيميائية النباتية التي لها آثار مفيدة على صحة الإنسان، حامض السالسليك مركب فينولي يمكن العثور عليه في النباتات اذ يلعب دورًا

حاسمًا في الدفاع ضد المسببات المرضية للنبات (Dang, 1998). حامض السالسليك موجود بنسب مختلفة في الفواكه والخضروات والتوابل ويعتبر أكثر شيوعًا باعتباره المستقلب الرئيسي والمكون النشط

أبقراط لأول مرة اذ تم استخدامه عبر التاريخ في الطب التقليدي لعلاج الألام، في عام 1859 تم عزل وتركيب المكون النشط لحامض السالسليك وهو SASA هو حامض الكربوكسيل العضوي البلوري القابل للذوبان في الكحول في حين يذوب بشكل رديء في الماء (Pavle *et al.*, 2015) . في عام 1852 تم وصف أول تركيب لـ SA واستنتج التركيب الكيميائي له على أنه 2- hydroxybenzoic acid (الشكل 1). فضلا الى ان حامض السالسليك يوجد عدد من المركبات المختلفة المرتبطة به في النباتات مثل salicin ومشتق glycosylated من حامض السالسليك والزيت العطري لـ wintergreen وهو شكل مثيلي من حامض السالسليك يتم الحصول عليه من نباتات مثل Teaberry (*Gaultheria spp*) (Jack,1997). في عشرينيات القرن التاسع عشر تم تحديد العنصر النشط السائد في هذا المنتج الطبيعي على أنه salicin وتم اكتشاف وجود هذا المركب في العديد من الأنواع النباتية الأخرى مثل نبات المروج (*Spirea spp*) والآس (*Myrica spp*) وفي العقد التالي تبين أن salicin من المصادر الطبيعية ويتكون من كل من السكر ومكون عطري يسمى في البداية spirsaure وحامض السالسليك (SA1) الذي سمي على أساس أجناس المصدر Spirea و Salix ، على التوالي.

استخدمت النباتات لملايين السنين حامض السالسليك كجزيء إشارات داخلي نشط في الدفاع والعمليات



(Delaney, 2015) التركيب الكيميائي لحامض السالسليك والمركبات ذات الصلة. (1شكل)

2.إستحثاث مقاومة النباتات Induced Resistance in plants :

ظهر مفهوم إستحثاث مقاومة النبات ضد مسببات أمراض النبات حديثاً وأستخدمت مصطلحات عدة

لوصف هذه العملية منها المقاومة المكتسبة (Acquired Resistance) والمقاومة المستحثة

لحامض أسيتيل السالسليك (ASA) وهو دواء مضاد للالتهابات ويستخدم في الممارسة السريرية لأكثر من 100 عام (Stanley and Hegedus,2000).

يُعرف التأثير المسكن للحاء الصفصاف منذ أن وصفه

الأخرى فضلا إلى دورها في التحكم في الدفاع ضد مسببات الأمراض فضلاً عن تعديل علم وظائف الأعضاء وتطور التكاثر في بعض النباتات (Raskin,1995). تهاجم العديد من أنواع البكتيريا والفطريات والفيروسات والديدان الخيطية النباتات التي تكون اثارها ضارة وتصيب بعض مسببات الأمراض وتتكاثر وتكمل دورات حياتها داخل مضيف حي في حين يقتل البعض الآخر العائل أثناء تطور الاصابة. لذلك طورت النباتات وسائل متنوعة لحماية نفسها من مسببات الأمراض التي تهاجمها. تعتمد الزراعة الحديثة بشكل كبير على الإدارة المتكاملة للأمراض من أجل حماية النباتات من الأمراض المدمرة التي يمكن أن تسبب خسائر اقتصادية كبيرة. إن الفهم الأفضل لإشارات دفاع النبات سيمكن الباحثين من تطوير طرق أفضل لمكافحة الأمراض لحماية المحاصيل.التقدم الأخير للعلوم عزز بشكل كبير معرفتنا بالدفاع عن النبات وساهمت في تحسين طرق حماية المحاصيل.

تركز هذه المراجعة على التطورات في مجال آليات الدفاع عن النبات وعلى وجه التحديد الدور الوظيفي الذي يلعبه حامض السالسليك في دفاعات النبات كما ستناقش أيضًا بعض مسارات الإشارة لحامض السالسليك

ودورها في الاستجابات الكيميائية لمسببات الأمراض .

(Induce Resistance) والمناعة (Immunization) وقسمت المقاومة المستحثة الى

أنواع عدة أهمها المقاومة الموضعية Localized Resistance (Kessmann *et al* ., 2001) والمقاومة الجهازية Systemic Resistance . وعرّفت المقاومة المستحثة بأنها عملية تحفيز (Induce) النباتات على تفعيل دور الدفاعات الفيزيائية والكيميائية الموجودة طبيعياً في النباتات ضد مسببات أمراض النبات بأستخدام العوامل المحفزة Inducer factors (Dean and Kuc ,1986) وقسمت الأخيرة الى عوامل محفزة حيوية Bio – Inducer Factor تتمثل بمجاميع بكتريا الجذور المحفزة لنمو النبات (Plant Growth Promoting Rhizobacterium) (PGPR) وعوامل محفزة طبيعية (Natural Inducer Factors) التي تتمثل في بعض المستخلصات النباتية وعوامل محفزة كيميائية (Chemical – Inducer Factors) كمثال العناصر الثقيلة كالحديد والنحاس ومواد محفزة كيميائية مثل الـ Bion وحامض السالسليك (Reuven and Agapov,1994) (الشكل 2).

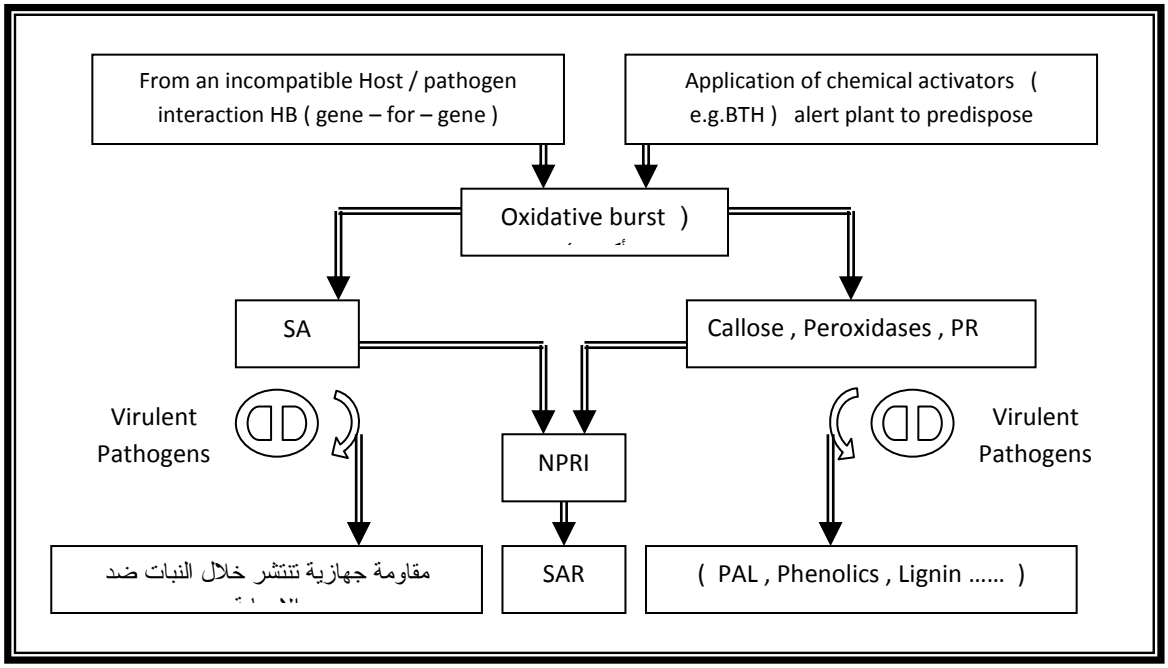
إن المقاومة المستحثة باشكالها تتشابه في الأستجابة فحالة الاستحثاث الـ (SAR) تتمثل في تعرّض الجذور والأنسجة الغضة للنبات للمركبات الحية biotic وغير الحية abiotic بالاعتماد على الـ *Phytohormone* *Salicylate* (*Salicylic Acid*) وبمشاركة وتجميع البروتينات Proteins المتعلقة بالأمراضية (PR) (Lawton *et al.*,1995) أما الحالة الثانية للإستحثاث الـ (SR) فتتمثل في تعرض الجذور والأنسجة الغضة الجينات الدفاعية وعلى سبيل المثال مرور أنزيمات الـ Phenylpropanoid والتي تبدأ بتفاعلها مع أنزيم (Phenylalanine ammonialayse (PAL) مما يؤدي الى تخليق مادة Flavoroids و Ligninو Suberin ومركبات فينولية أخرى حيث تؤدي هذه المركبات الى إستحثاث المقاومة في النبات .

يعتبر SAR أكثر أنواع مقاومة النبات صلة من الناحية الزراعية(Henry *et al.*, 2013) ويمكن أيضًا تحفيزه بواسطة جزيئات الإشارة التي تشارك في مقاومة النبات لمسببات الأمراض مثل SA ومجموعة واسعة من المركبات الاصطناعية وإن النظائر الوظيفية لـ SA قادرة على تنشيط استجابات دفاع النبات وتوفير بدائل للكيماويات الزراعية التقليدية للمبيدات الحيوية ولها المقدرة على محاكاة مجموعة ثانوية من وظائف SA المعروفة عن طريق التدخل المباشر في مستقبلاتها أو عن طريق إثارة استجابات نسخية وفسيولوجية مرتبطة ناجمة عن مهاجمة المسببات المرضية (Bektas, 2015). ان المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR) هي قدرة النباتات على تطوير مقاومة طويلة الأمد للكائنات الحية الدقيقة حتى في أجزاء من النبات التي لم يتم مهاجمتها في البداية ، جانبًا رئيسيًا من جوانب دفاع النبات وتعتمد على تراكم SA Durrant and (Dong ,2004).

الى سلالات متخصصة تساعد في نمو النبات ومنها الـ *Rhizobacteria* (*PGPR*) بالأعتماد على الـ *Phytohormones ethylene* و *Jasmonate* ولا تعتمد على الـ *Salicylate* والبروتينات المتعلقة بالأمراضية وفي كلتا الحالتين ينتج بروتين يسمى (NPRI gene) وهو مماثل لبروتين الدبة في الثديات I_KBوهذا ضروري لأنتقال الأشارات (Signals) لأظهار جين المقاومة الـ SAR (Kachroo *et al.*, 2001).

تعد المقاومة المستحثة فعّالة ضد الفطريات الممرضة للنبات من نوع Biotrophic مثل الفطريات المسببة لمرض البياض الزغبي والدقيقي واللفحة المتأخرة وهي تعد من أنجح الطرائق في مقاومة هذه الأمراض إذ تؤدي الى تجميع البروتينات المتعلقة بالأمراضية في مواقع الأصابة ومن هذه البروتينات أنزيمي (B Glucanase 1 , 3 – و Chitinase) اللذان لهما نشاط عالٍ في تحلل الجدار الخلوي للخلايا الفطرية .

بيّن Conrath *et al.*, (2001) الى ان المرض يحفز الخلية على أنتاج مكونات مضادة تمر عبر الغشاء البلازمي من خلال دخول بعض الأيونات الى الخلية ومنها H^+ ، Ca^+ وخروج أيونات أخرى مثل K^+ بالاضافة الى حدوث عملية أكسدة تؤدي الى تحفيز



شكل (2 مخطط يوضح إستجابة النباتات للمقاومة الجهازية المستحثة بأستخدام الـ (BTH)Darby *et al.,* 2000(، SA (Salicylic Acid)

3. دور حامض السالسليك في العمليات الفسيولوجية للنبات:

يعد حامض السالسليك احد الهرمونات النباتية ذو الطبيعة الفينولية اذ يعمل على تنظيم العديد من الفعاليات الوظيفية في النبات مثل الحث الزهري وتنظيم امتصاص الايونات والتوازن الهرموني والتاثير في عمل الثغور والبناء الضوئي كما يؤدي دورا مهما في تنظيم استجابة النبات لظروف الاجهاد البيئي مثل الاجهاد الناتج عن المعادن الثقيلة (Hayat and Ahmed,2007). ان حامض السالسليك منتشر بشكل واسع في العديد من النباتات وهو من الهرمونات النباتية الذي له تاثيرات فسلجية تؤثر في نمو وتزهير النباتات وامتصاص الايونات وتكوين صبغات الكاروتين والكلوروفيل وزيادة نشاط بعض الانزيمات ويكسب النباتات المقاومة الجهازية ضد المسببات المرضية ويساعد النبات على تحمل الاجهادات المختلفة (Al-mafriji and Al-Shammari, 2017) . يلعب حامض السالسليك دورًا مهمًا في تحفيز دفاع النبات ضد مجموعة متنوعة من الاجهادات الحيوية وغير الحيوية من خلال الآليات المورفولوجية والفسيولوجية والكيميائية الحيوية يتم من خلال مسارات مختلفة تؤدي إلى إنتاج العديد من البروتينات الدفاعية والمركبات غير البروتينية. وهو منظم نمو نباتي داخلي مهم ويولد مجموعة واسعة من الاستجابات الأيضية والفسيولوجية في النباتات فضلا إلى تأثيرها على نمو النبات وتطوره تم اقتراح أن SA يؤثر على نمو النبات تحت الاجهاد من خلال امتصاص المغذيات والعلاقات المائية وتنظيم الثغور والبناء الضوئي (War et al.,. 2011).

تتراوح مستويات SA عادةً من 0.05 إلى 0.5 ميكروغرام SA لكل غرام من أنسجة الأوراق في حين تنتج بعض الأنواع المختبرة أكثر من ذلك بكثير على سبيل المثال قد يتراكم في الرز أكثر من 30 ميكروغرام لكل غرام من أنسجة الأوراق ، في حين أن أنسجة الإزهار من أنواع السيكاد (cycad) *Dioon edule* تم العثور على ما يقرب من 100 ميكروغرام لكل غرام من الأنسجة ويمكن أن تختلف مستويات SA أيضًا على نطاق واسع داخل نبات معين. يمكن أن تحتوي البراعم والجذور على كميات مختلفة تمامًا من

SA سواء بشكل أساسي ونتيجة للاستجابات الفسيولوجية للأنسجة النباتية المختلفة (Rivas-San Vicente and Plasencia, 2011) .

يمكن أن يكون لـ SA العديد من التأثيرات على فسيولوجيا النبات في جميع أجزاء النبات اذ يؤثر SA على التوليد الحراري للنبات وديناميكيات الثغور وإنبات البذور ونمو الخلايا والنمو الخضري والإزهار والبناء الضوئي والاستجابات للاجهادات اللاأحيائية والاستجابات الدفاعية ضد الآفات ومسببات الأمراض (Kumar *et al.*, 2015) و يزيد من كفاءة نظام مضادات الأكسدة في النباتات ويمكن لـ SA خفض مستويات أنواع الأكسجين التفاعلية ROS التي تمنع تلف الخلايا من الجذور الحرة وتعزز توازن الأكسدة والاختزال داخل الخلايا (Hayat *et al.*, 2010) يلعب هذا التحمل المتزايد للإجهاد التأكسدي أيضًا دورًا في التوسط في التفاعلات مع الكائنات الحية الأخرى اذ تشارك أنواع الأوكسجين التفاعلية في استجابات موت الخلايا وتوليد مقاومة طويلة الأمد للآفات ومسببات الأمراض (Lu *et al.*, 2016). استجاب نبات الحمص بسرعة كبيرة لـ SA عند 1.5 ملي مولار وأظهرت تحفيزا أعلى لأنشطة البيروكسيديز (POD) والبوليفينول أوكسيديز (PPO) و الفينولات الكلية و بيروكسيد الهيدروجين (H2O2) والبروتينات. أظهرت النباتات التي عولجت بـ SA عند 2 ملي مولار أعراض سامة للنبات، تشير هذه النتائج إلى أن SA عند 1.5 ملي مولار آمنة لهذه النباتات ويمكن استخدامها لتحفيز دفاع النبات (Shah, 2003).

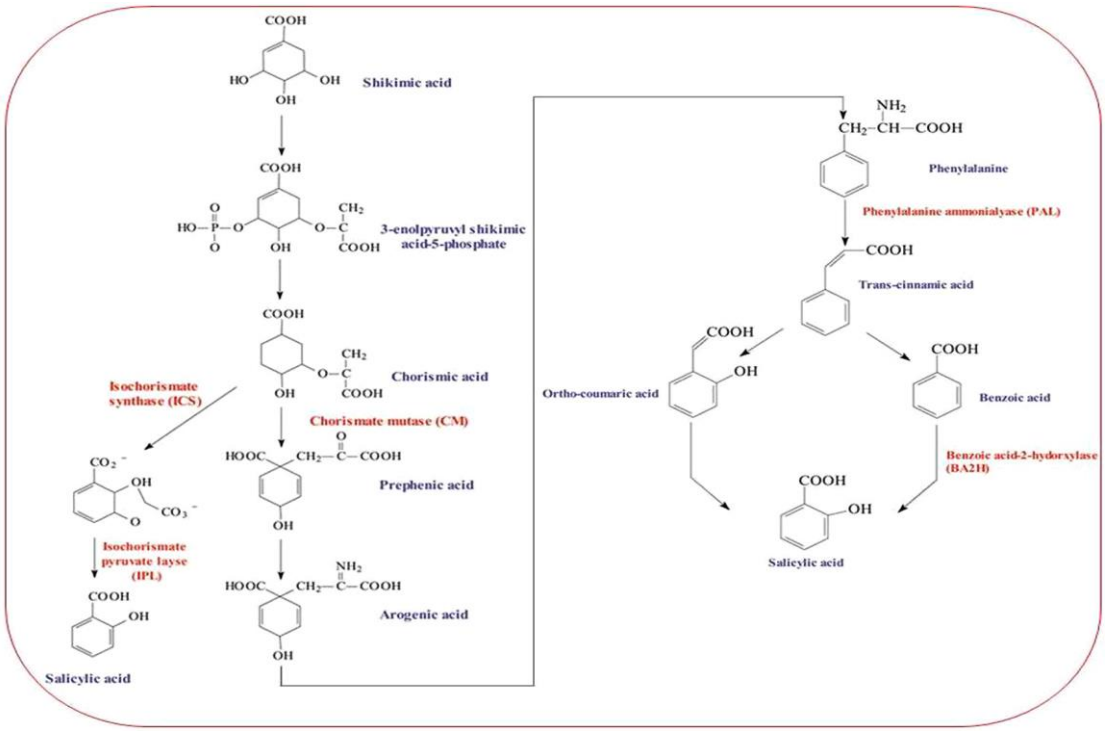
4.مسارات التخليق الحيوي لإنتاج حامض السالسليك:

جزء كبير من الكربون العضوي الموجود على كوكبنا هو نتاج مسار حامض shikimic حيث أنه مصدر الأحماض الأمينية العطرية التي تعد سلائف اللجنين وهو مكون ثابت ووفير في الخشب. يقع حامض shikimic في الجزء العلوي من مسار خطي يؤدي إلى حامض chorismic وهو وسيط شائع للعديد من المسارات المتفرعة التي تنتج tyrosine و tryptophan وphenylalanine والعديد من المركبات العطرية الأخرى المتكونة في النباتات وهذان المساران لهما دور في تخليق SA في النباتات. أظهرت دراسات العلامات البيوكيميائية Biochemica labeling studies لنباتات التبغ المصابة بـ TMV أن SA في هذه النباتات يتم إنتاجها من مسار shikimate فرع phenylalanine من خلال مسار Phenylalanine.phenylpropanoid هو المادة الاساس(substrate) لـ phenylalanine ammonia lyase مكونة لحامض trans cinnamic والذي يمكن تحويله إلى حامض benzoic أو حامض ortho coumaric.

اوضحت الدراسات ان أوراق التبغ المصابة بفيروس TMV والذي نتج عنها فرط الحساسية (HR) تحويل ^{14}C-phenylalanine و ^{14}C-*trans* cinnamic acid او^{14}C-benzoic acid جميعًا بسرعة إلى SA و ^{14}C-ortho coumaric acid ، مما يشير إلى أنه في هذه النباتات إن SA مشتق من حامض benzoic بدلاً من حامض ortho coumaric (الشكل ٣) Raskin, (1995). يتم تحفيز تحويل حامض benzoic إلى SA بواسطة benzoic acid 2-hydroxylase الذي يسببه هجوم الفيروس. تم الحصول على أدلة في نباتات أخرى لتخليق SA من خلال وسيط ortho coumarate (Sticher *et al.*, 1997)). مسار آخر من chorismate يؤدي إلى إنتاج حامض isochorismic عن طريق عمل isochorismate synthase (ICS) في الكائنات الحية الدقيقة ، ثبت أن هذا المسار يلعب دورًا في تخليق SA، تظهر الدراسات الجينية في نبات الأرابيدوبسيس أن هذا المسار يعمل أيضًا في هذا النبات وتم العثور على جينات ICS المفترضة في مجموعة واسعة من أنواع النباتات مما يشير إلى أن هذا المسار ربما يكون آلية عامة لتخليق SA في معظم النباتات. تحتوي جينات ICS النباتية التي تم فحصها على تسلسلات عبور مفترضة للبلاستيدات الخضراء اذ يشير إلى توطين البلاستيد لهذا الفرع من مسار التخليق الحيوي لـ SA Wildermuth *et al.*, (2001).

في النباتات يمكن تصنيع SA عبر مسارين إنزيميين متميزين ومجزئين كلاهما يتطلب chorismate المستقلب الأساسي و يمكن تحويل L-phenylalanine المشتق من chorismate إلى SA عن طريق حامض البنزويك أو benzoyl glucose أو حامض ortho-hydroxy-cinnamic acid اعتمادًا على أنواع النباتات. يمكن أيضًا تحويل Chorismate إلى SA عبر isochorismate في البلاستيدات الخضراء. في حالة SA يعد مسار حامض الشيكيميك نقطة انطلاق للتخليق الحيوي وهو أيضًا مهم للغاية في إنتاج الأحماض الأمينية.(Kumar *et al.*, 2015). ذكر Tibor *et al.*, (2020) انه يتم توزيع حمض السالسليك في كل مكان في المملكة النباتية بأكملها ويختلف المستوى القاعدي لـ SA بشكل كبير بين الأنواع وهو موجود عمومًا إما بشكل الحر أو في شكل اتحادات glucose-ester أو methylated أو glycosylated أو أحماض أمينية. تُظهر هذه الدراسات معًا أن إنتاج

SA يمكن أن يحدث من خلال مسارات متعددة اذ سيكون من المهم تمييز الأهمية النسبية لكل مسار لتخليق SA وكذلك لفهم ما إذا كانت هذه المسارات تلعب أدوارًا مختلفة في أنسجة النبات. ستساعد الدراسات الإضافية التي تجمع بين الطفرات التي تعطل العديد من مسارات التخليق الحيوي في SA في تحديد أهمية إنتاج SA من خلال كل مسار لتطوير SAR والعمليات الأخرى المعتمدة على SA.



) نموذج لمسار التخليق الحيوي لحمض الساليسيليك يبدأ من حمض الشكميك ويتم إنجازه من خلال 3شكل (ثلاثة مسارات مختلفة (Khan *et al.*, 2015)

5.دور حامض السالسليك في الدفاع ضد مسببات الامراض :

تتمثل الخطوة الحاسمة في دفاع النبات الناجح في التعرف المبكر على العمل الممرض من قبل النبات اذ يمكن للنباتات التعرف على مجموعة واسعة من المواد الكيميائية والمعروفة باسم الأنماط الجزيئية المرتبطة بمسببات الأمراض pathogen associated molecular patterns (PAMPs) والتي تنشأ من العامل الممرض الغازي قد تكون PAMPs مكونات هيكلية لجدار خلية الممرض أو قد تكون كذلك المواد التي يفرزها العامل الممرض ثم يتعرف عليها النباتات بمساعدة مستقبلات (De Sain and Rep,2015) يمكن أن تولد العديد من الإنزيمات المتحللة للفطريات مواد استخلاص مشتقة من النبات من جدار الخلية المضيفة ويمكن لهذه الجزيئات أيضًا المشاركة في إرسال الإشارات من بين اهم هذه المواد المؤثرة (elicitors) وهي flagellin وعامل الاستطالة Tu(EF-Tu) و عامل الضراوة AvrXa21 و chitin و oligomers و lipopolysaccharides،peptidoglycans (Vidhyasekaran, 2013) . يتم إدراك هذه الإشارات من خلال مستقبلات النبات التي تقوم بتنشيط آلية الدفاع من خلال سلسلة معقدة من الأحداث. تتضمن الخطوات اللاحقة في الدفاع عن النبات تنشيط الإشارات والتي بدورها تؤدي إلى إنتاج مركبات متعلقة بالدفاع و ترتبط مسارات الدفاع في النباتات بقوة بأربعة مركبات وهي السالسليك (SA) والإيثيلين (ET) وحامض الجاسمونيك (JA) وحامض الأبسيسيك (ABA) (Caarls et al., 2015).

يمكن أن يؤدي تحفيز مسار SA إلى استجابات دفاعية موضعية ونظامية داخل النبات عندما تتعرض النباتات للهجوم من قبل الميكروبات ومسببات الأمراض اذ يمكن لمستقبلات النبات أن تكتشف الأنماط المحددة لمسببات الأمراض والميكروبات التي يمكنها بدورها تحفيز

المناعة المحفزة بالنمط Pattern Triggered Immunity (PTI) (Maruri-López *et al.*, 2019). واذ تم تثبيط PTI بواسطة المسببات المرضية يمكن للنباتات الاعتماد على مستوى إضافي من الدفاع في جهاز المناعة المحفز Effector Triggered Immunity (ETI) . وتؤدي هذه الدفاعات إلى موت الخلايا المبرمج في موقع الإصابة المنظم بواسطة جينات مقاومة نبات معينة وتسمى فرط الحساسية Hypersensitive (HR) (Maruri-López *et al.*, 2019). يشترك SA في التوسط في كل من استجابات PTI و ETI وهو مكون ضروري للمقاومة النظامية المكتسبة (Klessig *et al.*, 2018).

في السنوات الأخيرة تم استغلال الاستجابات الدفاعية للنبات للسيطرة على أمراض النبات وهي من أكثر الاستراتيجيات الواعدة في الإدارة المتكاملة للأمراض (Poland *et al.*, 2009). تم الكشف عن جينات المقاومة الرئيسية الخاصة بالمقاومة (R) التي توفر مقاومة كاملة فضلا الى مواضع السمات الكمية (QTLs) التي توفر مقاومة جزئية لكن دائمة للأمراض (sato *et al.*, 2001) . بغض النظر عن نوع المقاومة الخاصة بالجينات أو الجزئية فإن تنظيم مثل هذه الاستجابة الدفاعية يعتمد بشكل اساس على تراكم هرمونات نباتية معينة يتم التحكم فيها بعناية من قبل النبات العائل عند الإصابة بمسببات الأمراض أثناء المقاومة بوساطة الجين R ضد مسببات الأمراض ذات التغذية الحيوية Biotrophic ينتج سريعا الأنواع الأوكسجين التفاعلية Reactive oxygen species (ROS) في موقع غزو الممرض التي تسبب استجابة شديدة الحساسية (HR) (Pieterse et al., 2009). في الوقت نفسه يتم تنشيط المقاومة النظامية للأجزاء البعيدة من النبات من خلال مسار الإشارات الذي يتوسطه حامض الساليسيليك (SA) والمعروف باسم المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR) مما يؤدي إلى تحفيز العديد من الجينات المرتبطة بالإمراضية (PR) والتي يُعتقد أنها تساهم في مقاومة المرض كما تساهم في تقوية جدار الخلية من خلال تخليق الكالوس callose والحليمة papilla وتراكم مجموعة واسعة من المركبات المضادة للميكروبات مثل الفايتوالكسينات phytoalexins والبروتينات المرتبطة بالامراضية PR-proteins. (et al., Glazebrook ,2005) أن بروتينات PR تلعب أدوارًا مهمة في الدفاع عن النبات ضد الاجهادات الحيوية وغير الحيوية ((Uddin *et al.*, 2003). كما تم توثيق الأدوار الوقائية للعديد من بروتينات PR من خلال تراكمها في الحليمات (تركيبات جدار الخلية). يتميز تكوين الحليمة بالترسيب الموضعي للكالوس والمكونات الأخرى بما في ذلك بيروكسيد الهيدروجين H2O2 ، بواسطة خلايا البشرة الموجودة أسفل الموقع الذي تم محاولة اختراق الفطريات لمنع دخول مسببات الأمراض ((Zeyen *et al.*, 2002). كما وجد أنَّ حامض السالسليك يؤدي الى تجمع بيروكسيد الهيدروجين H2O2 وانزيم peroxidase والذي له تاثير كبير في تحلل جدران الخلية الفطرية كما يعمل على زيادة سمك جدران خلايا النبات العائل عن طريق زيادة مادة اللكنين (Matheron،2001).

اشار Ryals *et al* (1994) ان عمل حامض السالسليك مبني على أساس أرتباط الحامض بأنزيم الـ Catalase وبذلك يثبط عمله مما يؤدي الى زيادة تركيز بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) الذي يعمل على إستحثاث البروتينات المرتبطة بالأمراضية ومنها الـ Chitinases و Glucanase – 1 , 3 – B اللذان لهما نشاط عال في تحلل الجدار الخلوي للخلايا الفطرية . يمكن لحاض السالسليك ان يحفز المقاومة ضد مدى واسع من مسببات الأمراض من خلال تحفيز جينات SAR (Métraux *et al.*, 1990). تشير مجموعة من الأدلة إلى أن SA ضرورية ليس فقط لتأسيس الدفاع الموضعي للنبات ولكن أيضًا لحماية الأنسجة السليمة المجاورة أثناء الإصابة ويتم تحقيق ذلك عن طريق إرسال إشارات من الأجزاء المصابة الى الاجزاء السليمة .

هناك العديد من الدراسات التي اشارت إلى أن تعرض النباتات لمسببات الأمراض قد يمنح الحماية من الاصابة الثانوية واول الدراسات قام بها Ross عام 1960الذي اشار الى ان إصابة نبات التبغ المحلي بفيروس التبغ (TMV) منحت مقاومة موضعية وجهازية كبيرة لتلقيح TMV الثانوي. أطلق Ross على هذه المقاومة المكتسبة النظامية المستحثة استجابة المقاومة الكاملة systemic acquired resistance (SAR) لأنها كانت واضحة في الأوراق بعيدًا عن موقع التلقيح الأساس Ryals *et al.*,1994). تكون استجابة المقاومة فعالة ضد مجموعة متنوعة من مسببات الأمراض كالفطريات ((Kadioglu *et al.*, 2011). وان مسببات الأمراض التي لا تسبب تلف الأنسجة يمكنها أيضًا تنشيط SAR. وأظهرت دراسات أخرى أن تحفيز SAR مصحوب بانتاج ما يقرب من اثنتي عشرة عائلة من البروتينات الأساسية والحامضية القابلة للذوبان تسمى البروتينات المرتبطة بالامراضية Pathogenesis-Related proteins (PR)؛ تم توصيف الجينات المشفرة لهذه البروتينات ويتم تحفيز معظمها خلال SAR ، على الرغم من أن بعض بروتينات SAR لها نشاط ضعيف مضاد للميكروبات بشكل مباشر إلا أنها لها تاثير قوي في تحفيز SAR (Vanlerberghe and McIntosh,1997).

أن نسيج اللحاء قد ينقل الإشارة الجهازية في SAR اذ قام Métraux واخرون في عام 1990 بفحص إفرازات اللحاء من سيقان الخيار بعد إصابة الأوراق بمسببات الأمراض *Colletotrichum lagenarium* أو Tobacco Necrosis Virus وبعد الإصابة تم اخذ عصارة اللحاء وتجزئتها بواسطة HPLC والتي كشفت عن مستقلب مضيء يظهر أنه SA. حدثت الزيادة في تراكم اللحاء SA في وقت متأخر من تكوين الأعراض في الأوراق بعد اصابة C *Colletotrichum lagenarium* أو Tobacco Necrosis Virus على النقيض من ذلك فإن الزيادة في مستويات SA سبقت التعبير عن SAR كما تم قياسها من خلال انخفاض في تكوين المسبب بعد تلقيح معاملة السيطرة بالمسبب *C. lagenarium*.

أن مستويات SA الذاتية تزداد في كل من الأوراق الأولية المصابة وبشكل منهجي في النبات قبل التعبير الجيني المستحث PR والتعبير عن SAR بما يتوافق مع الفرضية التي تقول أن SA يعمل كإشارة يسببها مسببات الأمراض والتي تؤدي إلى تنشيط SAR. تسبب العدوى الموضعية للنبات زيادة في مستويات SA داخل الورقة المصابة وبعد ذلك في النبات بأكمله ويمكن استئصال الورقة المصابة من النبات في وقت مبكر يصل إلى أربع ساعات بعد الإصابة ولا تزال الأوراق البعيدة غير المصابة تظهر تحفيزا لـ SA مما يشير إلى أن الورقة الأولية قد صدرت الإشارة النظامية خلال هذه الفترة الزمنية ((Rasmussen *et al.*, 1991). أن بروتين (SABP2) المرتبط بحامض الساليسيليك للتبغ هو جزء لا يتجزأ من المقاومة النظامية المكتسبة (SAR). SABP2 عبارة عن إسترات مثيل الساليسيلات (MeSA) الذي يحتوي على درجة عالية من الانجذاب إلى SA مما يثبط نشاط الاستريز الخاص به، نشاط esterase MeSA مطلوب في الأنسجة البعيدة للنباتات المصابة من أجل تحلل MeSA. (SAR) في النباتات هي حالة دفاع متصاعد توفر مقاومة طويلة الأمد وواسعة النطاق لمسببات الأمراض الميكروبية ويتم تنشيطها بشكل نظامي بعد الإصابة الأولية ((Durrant and Dong, 2004. اشار Mackowiak, (2000) انه يمكن لحامض السالسليك احداث تغييرات نوعية في نسيج الاوراق كما يقوم بنقل الاشارات الجينية ويؤدي دور الوسيط في الدفاع عن النبات ضد المسببات المرضية ويحث على انتاج البروتينات المرتبطة بالامراضية كما يساهم في اكساب المقاومة الجهازية في النبات فعند اصابة جزء من النبات فانه يكسب بقية الاجزاء المقاومة ضد الاصابة ويمكن ان ينتقل تاثيره الى النباتات المجاورة عن طريق تحوله الى استر طيار يدعى Methyl Salicylate.

أن SA وشبكات الإشارات ذات الصلة بما في ذلك تحفيز البروتين المرتبطة بالإمراضية (PR1) والاتصال بالهرمونات النباتية الأخرى تلعب دورًا محوريًا في تنشيط مقاومة الشاي ضد مرض الأنثراكنوز (War *et al.*, 2011) . تم تقييم تأثير حامض الساليسيليك على تطور مرض بقعة الأوراق الرمادية في عشبة الشجر المعمرة (*Lolium perenne* L.) الناتجة عن *Magnaporthe oryzae* اذ انخفض معدل حدوث مرض وشدته بشكل كبير عند معاملة النباتات بـ SA. تم ربط تراكم SA الذاتية والتعبير العالي عن الجينات المرتبطة بالإمراضية (PR -1 و PR-3.1 و PR-5) بتلقيح النباتات بواسطة *M. oryzae*. وأظهرت الملاحظات المجهرية للأوراق الملقحة بـ *M. oryzae* ازدياد ترسب الكالوس في مواقع الاختراق في النباتات المعالجة SA مقارنة بالنباتات في معاملة السيطرة. تشير هذه النتائج إلى أن الحث المبكر والعالي لهذه الجينات بواسطة محفزات المقاومة النظامية قد يزود النباتات بميزة كبيرة للدفاع ضد العدوى *M. oryzae* (Rahman *et al.*, 2014). ان Shi *et al* (2019)، أول من أظهر استجابات جينات التخليق الحيوي - SA والوظائف الجزيئية - SA لمرض الأنثراكنوز في نباتات الشاي هذا المرض ناتج عن فطريات Colletotrichum وقد يتسبب في فقدان 5-20٪ من محصول الشاي.

بينت الدراسات التي قام بها (1993) *et al.*, Gaffney و(1997) Durner *et al.*, دور حامض السالسليك في انتقال أشارات المقاومة الجهازية في جينات النباتات وتوزيعها وقد يعمل حامض السالسليك كناقل للأيونات المعدنية من خلال الارتباط بالبروتينات المتعلقة بالأمراضية وينتج من ذلك تكوين الفينولات ذات الجذور الحرة الناتج من تداخل حامض السالسليك مع انزيمات الـ Catalase وأنزيمات Oscorbic peroxidase التي تحفز المقاومة الجهازية في النبات. اوضح Spletzer and Enyedi, (1999) أنَّ معاملة جذور نباتات الطماطة بحامض السالسليك بتركيز 200 مايكرومول يعمل على استحثاث المقاومة ضد الفطر الممرض *Alternaria solani* المسبب لمرض اللفحة المبكرة إذ تضاعف محتوى الاوراق من حامض السالسليك 65 ضعفا وذلك بعد 48 ساعة من المعاملة. وتوصل El-Mougy, (2004) الى ان معاملة بذور اللوبيا بحامض السالسليك بمعدل 2 او 3 غم / كغم بذور او رش التربة بالحامض بتركيز 3 غم /لتر ماء ادت الى خفض شدة الاصابة بمرض تعفن جذور اللوبيا المتسبب عن *R.solani* و*Fusarium* و*Sclerotium rolfsii* وخفض اصابة البادرات قبل البزوغ بالفطريات الممرضة الى (4،12.5%) و(12،22.7 %) و(24،

31.6%)على التوالي وذكر El-Fiki *et al.*, (2004) ان استخدام حامض السالسليك بتركيز 4 مايكرومول ادى الى تحفيز المقاومة الجهازية ضد مرض التعفن الفحمي في نبات السمسم المتسبب عن *M. phaseolina*. وذكر Matheron, (2001) أن حامض السالسليك يؤدي الى تجميع بيروكسيد الهيدروجين H2O2 وانزيم Peroxidase والذي له تأثير كبير في تحلل جدران الخلية الفطرية كما يعمل على زيادة سمك جدران خلايا النبات العائل عن طريق زيادة مادة اللكنين. وكذلك يعمل حامض السالسليك على تحفيز الجينات المسؤولة عن المقاومة في النبات ضد العديد من المسببات المرضية النباتية اضافة الى زيادة تحمل النبات الإجهادات اللاحيوية المختلفة (Uquillas *et al.*, 2004).

أستنتج Saikia *et al.*, (2003) أن إصابة بادرات الحمص بالفطر *Fusarium oxysporum* المسبب للذبول قد أنخفض بنسبة 23% عند معاملة جذور البادرات بحامض السالسليك بتركيز 0.04 – 0.08 ملغم/ لتر. ووجد ان اضافة حامض السالساليك بتراكيز 50 و100 و200 ملغم/ كغم تربة ادت الى انخفاض شدة الاصابة بالفطر الممرض *R.solani* (حسان،2005) . كما أشارت الونداوي، (2006) الى أن إستخدام حامض السالسليك بمعدل1 ملي مول رشاً على نباتات التفاح المصابة بمرض تعفن الجذور قد أحدث خفضاً معنوياً في شدة الإصابة بالفطريات الممرضة المختبرة في الدراسة ومن ضمنها الفطران *R.solani* و *F.solani* إذ بلغت نسبة الإصابة فيهما 55.0 و 39.6% على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة فطر ممرض بمفرده .كما توصل الخزرجي، (2007) الى أن لحامض السالسليك كفاءة عالية في خفض معدل نمو الفطر *Pythium aphanidermatum* وزيادة نسبة التثبيط إذ بلغت 100% . كما ذكر المرياني، (2007) إنَّ استخدام حامض السالسليك ادى الى خفض النسبة المئوية لاصابة اوراق نبات الخيار بالفطر *Peronospor cubensis* المسبب لمرض البياض الزغبي الى 8.81 % للأسابيع الخمسة على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة حيث كانت النسبة المئوية للأوراق المصابة 38.94% وأثبت جاسم ،(2007) أن معاملة نباتات الباقلاء المزروعة في تربة ملوثة بالفطر *R. solani* بحامض السالسليك أدت الى تحفيز المقاومة الجهازية في النباتات المعاملة كما حسنت معظم مؤشرات النمو المدروسة كذلك وجد ان التراكيز العالية من حامض السالسليك لها تاثير تثبيطي للفطر الممرض على الوسط PDA حيث بلغ معدل نمو الفطر الممرض عند التركيزين 200 و250 ملغم/لتر 4.6 و1.2 سم على التوالي واشار جاسم والكوراني، (2012) الى ان التراكيز العالية من حامض السالسليك لها تاثير تثبيطي عال في الوسط الزرعي PDA اذ بلغت النسبة المئوية لإنبات الأجسام الحجرية Sclerotia 26.67% و66.67% عند التركيزين 200 و250 ملغم / لتر على التوالي. اشار ماضي ،(2013) أنَّ أستخدام حامض السالسليك بالتراكيز 0.7 و0.8 و1 و1.5 مولاري أدى إلى تثبيط نمو الفطر الممرض *R.solani* على الوسط الزرعي PDA الى *R.solani* 50.5 و58 و66.1 و71.1%على التوالي.

6.دور حامض *Glucosyl salicylic* في التحكم بمستويات حامض السالسليك :

يتزامن تراكم SA في الأوراق بعد الإصابة بالعوامل الممرضة ظهور مركب مرتبط به وهو حامض (SAG) salicylic acid β-glucoside ((Raskin,1995). تكون مستويات SAG منخفضة جدًا في حالة عدم وجود اصابة ولكن في الأنسجة المصابة يمكن أن تتجاوز عدة أضعاف كمية SA الحرة التي تتراكم. يتم تحفيز إنتاج SAG بواسطة UDP-glucose :glucosyltransferase SA (β-GTase) ، والذي يتم تحفيز نشاطه عن طريق ارتفاع مستويات SA داخل الأوراق المصابة (Enyedi and Raskin,1993).إن وظيفة SAG غير معروفة جيدًا ولكنها قد تعمل على عزل SA الحر وبالتالي حماية الخلية من التأثيرات السامة المحتملة للتراكيز العالية من SA. قد يعمل الاقتران أيضًا كآلية لإيقاف الاستجابات - SA في الخلايا بعد مرور التحفيز التي تسببت في زيادة SA الخلوي بدلاً من ذلك قد يعمل تجمع SAG الذي يتراكم بعد الإصابة كخزان لـ SA يمكن تحريره عند هجوم الممرض. تم اقتراح هذا الاحتمال من خلال دراسات وضع العلامات التي أظهرت أن SAG قد تسلل إلى الفضاء الجوي للأوراق ليتم تحللها بسرعة لتحرير SA التي يتم تناولها بعد ذلك بواسطة الخلايا الورقية حيث يتم تحويلها مرة أخرى إلى SAG عن طريق عمل β-GTase السيتوبلازمي (Hennig *et al.*, 1993). أظهرت هذه الدراسات أن نشاط SAG hydrolase يقع في اللحاء بينما يحدث تراكم SAG في السيتوبلازم أو الفجوة. قد يوفر فصل SAG وhydrolase في حجرات خلوية مختلفة آلية للإنتاج السريع لـ SA في الأنسجة التي تتعرض للهجوم حيث قد يسمح تسرب الغشاء أو تحلل الخلية باختلاط المادة الاساس وhydrolase. قد تحرر هذه الآلية SA في موقع الهجوم مما يوفر وسيلة يمكن للنبات من خلالها شن استجابة سريعة وعدوانية لهجوم ثانوي من قبل مسببات الأمراض.

7. الحث الخارجي لحامض السالسليك لمكافحة مسببات الأمراض:

تم استخدام التطبيق الخارجي لـ SA للحث على استجابات تكيفية في النباتات لكل من الإجهاد اللاأحيائي والحيوي (Kadioglu *et al.*, 2011). تحفيز مسار SA له تداعيات واضحة على النباتات ومسببات الأمراض فوق وتحت الأرض وتؤدي ملاحظة هذه الأنواع من التأثيرات بشكل طبيعي إلى التفكير في إمكانية تطبيقها في الزراعة. استخدام مسار SA في الزراعة ضد الآفات ومسببات الأمراض بشكل عام له ثلاثة تطبيقات وهي (١) التطبيق الخارجي للمركبات التي تحفز مسار SA للدفاع المباشر عن النبات (٢) التعديل الجيني للنباتات لتغيير التعبير الدفاعي للنبات (٣) التطبيق الخارجي للمركبات المتطايرة ذات الصلة بـ SA (على سبيل المثال MeSA) لجذب الأعداء الطبيعيين الذين يتحكمون في الآفات الحشرية.

ان استخدام التطبيقات الخارجية للمركبات المحفزة على SA لاستنباط مسارات دفاعات النبات والحث على المقاومة وزيادة إشارات SA مهدت الطريق للنظر في استراتيجيات إدارة جديدة لمكافحة الآفات الزراعية ومسببات الأمراض. التطبيق خارجي يمكن أن يتخذ العديد من الأشكال التي تشمل مجموعة واسعة من SA الاصطناعية التي يمكن أن تؤدي إلى SAR وتعزيز مقاومة النبات للممرضات (Tripathi *et al.*, 2019). بالإضافة إلى الأمثلة المذكورة أعلاه أدى التطبيق الخارجي لـ MeSA في نبات *Nicotiana benthamiana* إلى زيادة المقاومة لاصابة البكتيريا الممرضة *Pseudomonas syringae* وعزز التطبيق المتكرر لـ MeSA هذه الاستجابة مما يشير إلى أن التطبيق الخارجي يمكن أن يحمل إمكانية إدارة مقاومة مسببات الأمراض (Song and Ryu, 2018). لا يمكن أن يكون لهذا النهج تأثيرات ملموسة على أمراض النبات فحسب بل قد يؤدي أيضًا إلى زيادة الغلة في بعض أنظمة المحاصيل و يمكن أن يكون للتطبيق الخارجي للنواتج تأثيرات مفيدة لإدارة المحاصيل يمكن مقارنتها بمبيدات الآفات (Vallad and Goodman, 2004). في العديد من المحاصيل الزراعية المهمة بما في ذلك المونكوت والديكوت يكون للحث الخارجي لـ SAR ضد مسببات الأمراض البكتيرية والفطرية في الحقل آثارًا مفيدة في الحد من شدة المرض في بعض الحالات حتى تتجاوز الفوائد التي تراها معاملات مبيدات الآفات أن الحد من المرض نتيجة تحفيز SAR كان مرتبطًا في بعض الحالات بزيادة في الغلة (Vallad and Goodman, 2004). ومع ذلك فإن النتائج المفيدة لإدارة المرض من التطبيق الخارجي لـ SA ليست مضمونة اذ يمكن أن تعتمد النتائج على أنواع النباتات ومسببات الأمراض فمثلا في مرض ذبول الفيوزاريوم *Fusarium oxysporum* f.sp. cucumerinum في الخيار لا يستجيب للحث الخارجي لـ SAR (Ishii *et al.*, 1999) كما فشلت في الفول السوداني في السيطرة على مرض بقعة الأوراق المتأخرة للفطريات بل وخلق تأثيرات غير مرغوب فيها وزيادة نمو الفطريات (Zhang *et al.*, 2001) قد تعكس هذه النتائج غير المرغوب فيها نقصًا في فهم آليات الانتخاب.

الاستنتاج Conclusions:

لقد وسع العقد الماضي بشكل كبير من معرفتنا للأدوار المتنوعة لحامض السالسليك في العديد من الأنواع النباتية ويتمثل التحدي الحالي في فهم بنية وتعقيد ووظائف مسارات الإشارات التي تتحكم في استجابات SA ، وكذلك كيفية تفاعل هذه المسارات مع مسارات الاستجابة الأخرى وكذلك دوره في مجال تفاعلات مسببات الأمراض النباتية. نأمل أن تجلب المراجعات والدراسات المنشورة هنا في مقال المراجعة هذا فهمًا اوسع لدور حامض السالسليك وإلقاء نظرة ثاقبة على مهامها المعقدة فضلا إلى الاتجاهات الحديثة لأدواره الاخرى اذ لا تزال هناك فجوات وأسئلة مفتوحة تحتاج إلى استكشاف هذا الحامض بما في ذلك دورة في حماية النبات ضد الاصابات بالممرضات الفطرية.

References:

Al- Mafriji , O.K. A. and Alshammari, L.M (2017). Effect of shading and spraying with Salicylicn acid on the properties of yield for two varieties of potato. Journal of Agricultural Environmental and Veterinary Sci., 4(1): 28-43. (In Arabic language).

Al-Khazraji, Y. I (2007). The effect of magnetized water and salicylic acid on the growth and protection of cucumber plants from infection with the pathogenic fungus *Pythium aphanidermatum* (Edson) fitz. Ph.D. thesis. college of Agriculture. Baghdad University.(In Arabic language).

Al-Maryani, A. H (2007). Using Bion, salicylic acid, copper sulfate and

pesticides: Biocont - T and Sandovan in the control of downy mildew disease on cucumbers. Master's thesis. Technical College. Al-Musayyab. (In Arabic language).

Al-Windawy, D. S (2006). Detection and control of fungal root disease pathogens in apple trees, Master Thesis, College of Agriculture, University of Baghdad. (In Arabic language).

Bektas, Y.(2015). Eulgem, T. Synthetic plant defense elicitors. Front. Plant Sci. **2015**, 5, 804.

Caarls, L., Pieterse, C.M. and Van Wees, S.C (2015). How salicylic acid takes transcriptional control over jasmonic acid signaling,*Frontiers in Plant Science*, **6**, 170.

Conrath, U. et al. (2001) . priming as a mechanism in induced Systemic resistance of plants . European Journal of plant pathology 107 , 117 – 119 .

Dang,J (1998). Innate immunity. Plant just say NO to pathogens. Nature 1998; 394:525-7.

Darby, R.M. ; et al.(2000).Cell – specific expression of salicylate hydroxylase in an attempt to separate localized HR and systemic signaling establishing SAR in tobacco . Molecular plant pathology , 1 , 115 – 124 .

Dean , R. A. and Ku,c , J (1986) .Induced systemic protection in cucumber : the source of signal. physiol. Mol. Plant pathol. 28 : 227 – 233

Delaney,T. P (2015). Salicylic Acid. book, Department of Botany and Agricultural Biochemistry, University of Vermont, Burlington, VT 05405, USA.

Dempsey, D.A., Klessing, D.F(1994). Salicylic acid, active oxygen species and system acquired resistance in plants. Trends Cell Biol 1994; 4:334-8.

De Sain, M. and Rep, M (2015). The role of pathogen-secreted proteins in fungal vascular wilt diseases, *Int J Mol Sci*, 16, 23970-23993.

Dik, A (2002). Epidermal cell papillae. Pages 107-125 in: The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise. R. R. Belanger, W. R. Bushnell, A.J. Dik, and T. L. W. Carver, eds. American Phytopathological Society, St.Paul, MN.

Durner, J., Shah, J., Shah, J., and Klessing, D. F (1997). Salicylic acid and disease resistance in plant. Trends in plant science 2: 266: 274.

Durrant, W. E. and Dong, X (2004). *Annu. Rev. Phytopathol.* 42, 185–209

Rahman, A., Kuldau, G. A., and Uddin, W(2014). Induction of salicylic acid–mediated defense response in perennial ryegrass against infection by *Magnaporthe oryzae*. Phytopathology 104:614-623.

Durrant, W.E., Dong, X (2004). Systemic acquired resistance. Annu. Rev. Phytopathol. 42, 185–209.

El-Fiki,A.I.I., Mohamed, F.G., El-Deeb, A.A., Khalifa, M.M (2004). Some aplicable methods for controlling seaseme charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*)under greenhouse conditions. Egypt. J. Phytopathol.,32:87-101.

El-Mougy,N (2004). Preliminary of Salicylic Acid and Acetylsalicylic Acid Efficacy for Controlling Root Rot Disease of Lupin under Greenhouse Conditions.Egypt.J.Phytopathol,32: 11-21.

Enyedi, A.J., Raskin, I (1993) . Induction of UDP-glucose: salicylic acid glucosyltransferase activity in tobacco mosaic virus-inoculated tobacco (*Nicotiana tabacum*) leaves. Plant Physiol 101: 1375-1380.

Gaffney,T.,L. Friendrich,B. Vernooij, D. Negrotto, G. Nyeis. Uknes, E. Ward,H Kessman, Kyals, J(1993). Requirement of salicylic acid for the induction of acquired resistance science 261: 754 – 756.

Glazebrook, J (2005). Contrasting mechanisms of defense against

biotrophic and necrotrophic pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 43:205-227.

Hassan,A. K (2005). Evaluation of the effectiveness of some inducing agents and pesticides in protecting cucumber plants from infection with the fungus *Pythium aphanidermatum*, Master's thesis - College of Agriculture - University of Baghdad. .(In Arabic language).

Hayat, S., Ahmad, A (2007). Salicylic acid: a plant hormone, Springer (ed) dortrecht, the Netherlands.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment:A review. Environ. Exp. Bot. **2010**, 68, 14–25.

Henry, E., Yadeta, K.A., Coaker, G (2013). Recognition of bacterial plant pathogens: Local, systemic and transgenerational immunity. New Phytol. **2013**, 199, 808–815.

Ishii, H., Tomita, Y., Horio, T., Narusaka, Y., Nakazawa, Y., Nishimura, K., Iwamoto, S (1999). Induced resistance of acibenzolar-S-methyl (CGA 245704) to cucumber and Japanese pear diseases. Eur. J. Plant Pathol. **1999**,105, 77–85.

Jack, D.B (1997). One hundred years of aspirin. Lancet 350: 437-439.

Jassim, N. S (2007) .Study of the disease of root and stem rot of the bean crop caused by the fungus *Rhizoctonia solani* Kuhn in Basra province and its biological and chemical control. PhD thesis. College of Agriculture. University of Basra.(In Arabic language).

Jassim, N. S. and Al-Korani, J. T(2012). Effect of salicylic acid on the fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) goid and the development of charcoal rot disease on the sunflower plant *Helianthus annus* L. Basra Journal of Agricultural Sciences. 71-58: (2)25. .(In Arabic language).

Hennig, J., Malamy, J., Grynkiewicz, G., Indulski, J., Klessig, D.F (1993). Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. Plant J 4: 593-600.

Kachroo, P. ; et al . (2001) . Afatty acid desaturase modulates the activation of defense signaling pathways in plants . proceedings of Natural Academy of Science U.S.A. , 98 , 9448 – 9453 .

Kadioglu, A. Saruhan, N. Sa˘glam, A. Terzi, R. Acet, T (2011). Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. Plant Growth Regul. **2011**,64, 27–37.

Kessmann,H. et al.(2001). Systemic activated resistance.A new technology for plant disease control . Pesticide outlook , 7 (3) : 10 – 13 .

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A., Khan, N.A (2015). Salicylic acid" induced a biotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in Plant Science 6, Article 462.

Klessig, D.F. Choi, H.W. Dempsey, D.A (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: Past, present,and future. Mol. Plant-Microbe Interact. **2018**, 31, 871–888.

Kumar, D., Haq, I., Chapagai, D., Tripathi, D., Donald, D., Hossain, M., Devaiah, S (2015). Hormone signaling:Current perspectives on the roles of salicylic acid and its derivatives in plants. In The Formation, Structure and Activity of Phytochemicals; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; pp. 115–136.

Kumar, D., Haq, I., Chapagai, D., Tripathi, D., Donald, D., Hossain, M. Devaiah, S (2015). Hormone signaling:Current perspectives on the roles of salicylic acid and its derivatives in plants. In The Formation, Structure

and Activity of Phytochemicals; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; pp. 115–136.

Lawton,K.K., Weymann, L., Friedrich, B., Vernooij,S. U.,Ryals,J (1995). Systemic acquired resistance ni Arabidopsis requires Salicylic acid but no ethylene , Mol . plant – Microb . Inter. Act. 6 : 863 – 870 .

Lu, H., Greenberg, J.T. Holuigue, L (2016). Salicylic acid signaling networks. Front. Plant Sci. 7, 238.

Mackowiak,P. A (2000). Brief history of antipyretic therapy‹‹. Clinical.

Madhi, Q. H (2013). Evaluation of the efficiency of salicylic acid and some biological factors in controlling okra root rot disease caused by the fungus *Rhizoctonia solani Kuhn* (1858). Master Thesis. college of Agriculture. basrah university.(In Arabic language).

Matheron, M (2001). Modes of Action for plant disease management chemistries. Annual desert vegetable crop workshop.

Maruri-López, I., Aviles-Baltazar, N.Y. Buchala, A. Serrano, M(2019). Intra and extracellular journey of the phytohormone salicylic acid. Front. Plant Sci. **2019**, 10.

Métraux J-P, Signer H, Ryals J, Ward E, Wyss-Benz M, Gaudin J, Raschdorf K, Schmid E, Blum W, Inverardi B (1990). Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. Science 250: 1004-1006.

Pavle, R., Slavimir, V., Nenad, S., Dušan, S.,Ivan, I., Darko, L., Dušica, R., Nebojša, R (2015). The Beneficial Biological Properties of Salicylic Acid. *Acta* facultatis medicae Naissensis.32(4):259-265.

Pieterse, C. M. J., Leon-Reyes, A., Van der Ent, S., and Van Wees, S. C.M (2009). Networking by small-molecule hormones in plant immunity.Nat. Chem. Biol. 5:308-316.

Poland, J. A., Balint-Kurti, P. J., Wisser, R. J., Pratt, R. C., and Nelson, R.J. (2009). Shades of gray: the world of quantitative disease resistance.Trends Plant Sci. 14:21-29.

Raskin, I (1995) . Salicylic Acid. *In* PJ Davies, ed, Plant Hormones, Physiology ,Biochemistry and Molecular Biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 188-205.

Rasmussen, J.B., Hammerschmidt, R., Zook, M.N (1991) . Systemic induction of salicylic acid accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* pv *syringae*. Plant Physiol 97: 1342-1347.

Rivas-San Vicente, M., Plasencia, J (2011). Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development.J. Exp. Bot. 62, 3321–3338.

Ryals, J., Uknes, S., Ward, E (1994) . Systemic acquired resistance. Plant Physiol 104: 1109-1112.

Ryals,J.,Lawton,K.A.Delaney,T.P.,Friedrich,L.,Kessmann.H., Neuenschwander ,V. et al.(1994). Signal transduction in systemic acquired resistance . proc. Natl. Acad. Sci. USA 92 : 4202 – 4205 .

Saikia, R., Singh,T., Kumer, R., Srivastava, J., Sirvastava, A. K., Singh, K., Arora, D.K (2003). Role of salicylic acid in systemic resistance induced by pseudomonas fluorescens against *Fusarium oxysporium*. f. sp ciceri inchichpea. microbiology Research, 158: 202 – 213.Infectious Diseases , 31:154-156, .

Sato, K., Inukai, T., Hayes, P. M (2001) . QTL analysis of resistance to the rice blast pathogen in barley (*Hordeum vulgare*). Theor. Appl. Genet.102:916-920.

Shah, J (2003). The salicylic acid loop in plant defense, *Curr Opin*
Plant Biol, **6**, 365-371 **.**

Shi, Y.-L. Sheng, Y.-Y. Cai, Z.-Y. Yang, R. Li, Q.-S. Li, X.-M. Li, D. Guo, X.-Y.

Lu, J.-L. Ye, J.-H. et al. (2019). Involvement of salicylic acid in anthracnose infection in tea plants revealed by transcriptome profiling. Int. J.Mol. Sci. 20, 2439.

Song, G.C. Ryu, C.M (2018). Evidence for Volatile Memory in Plants: Boosting Defence Priming through the Recurrent Application of Plant Volatiles. Mol. Cells **2018**, 41, 724.

Spletzer, M. E., Enyedi, A. J. (1999). Salicylic acid induces resistance to Alternaria solani in hydroponically grown tomato. Phytopathology. 89: 722-727.

Stanley, P., Hegedus, R (2000). Aspirin – the first hundred years. Biologist 2000; 47: 269-71.

Sticher, L., Mauch-Mani, B., Métraux, J.P (1997) . Systemic acquired resistance. *In* RK Webster, ed, Annu Rev Phytopathol, Vol 35. Annual Reviews Inc., Palo Alto, pp 235-270.

Tibor,J., Gabriella,S.and Magda, P (2020). Salicylic Acid Signalling in Plants. Int. J. Mol. Sci. 2020, 21, 655.

Tripathi, D., Raikhy, G., Kumar, D (2019). Chemical elicitors of systemic acquired resistance-salicylic acid and its functional analogs. Curr. Plant Biol. **2019**, 17, 48–59.

Uddin, W., Viji, G., and Vincelli, P (2003). Gray leaf spot (blast) of perennial ryegrass turf: an emerging problem for the turfgrass industry.Plant Dis. 87:880-889.

Uquillas, C., Letelier, I., Blanko, F., Jodana, X., Holoigue, L (2004). NPRI – independent activation of immediate early salicylic acid – response genes in Arabidopsis. Mol. Plant. Microbe Lntract, 17 : 34 – 42.

Vallad, G.E. Goodman, R.M (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. Crop Sci. 44, 1920–1934.

Vanlerberghe, G.C., McIntosh, L (1997). Alternative oxidase: From gene to function. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 48: 703-734.

Vidhyasekaran, P (2013). Pamp signals in plant innate immunity: Signal perception and transduction, Springer Science & Business Media

War, A.R., Paulraj, M.G., War, M.(2011). Ignacimuthu S.Jasmonic acid-mediated induced resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) against *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). J Plant Growth Regul. 30:512-523;

W**ildermuth, M.C., Dewdney, J, W.u. G., Ausubel, F.M (2001)** . Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defence. Nature 414: 562-565.

Zeyen, R., Carver, T. L., Lyngkjaer, M. F., Bélanger, R., Bushnell, W., and Reuveni,R., Agapov,V.,R (1994). Foliar sprays of phosphates induces growth increase and systemic resistance to puccinia sorghi in maize . plant pathology 43 , 245 – 50 .

Zhang, S., Reddy, M., Kokalis-Burelle, N., Wells, L.W., Nightengale, S.P., Kloepper, J.W (2001). Lack of induced systemic resistance in peanut to late leaf spot disease by plant growth-promoting rhizobacteria and chemical elicitors. Plant Dis. **2001**, 85, 879–884.