الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مـــــذكرة تخرج مقدمة لنيـــــل

أكـــــاديمي شهـــــادة مـــــاستر

شعبة العلوم البيولوجية

تخصص: التنوع الحيوي و فيزيولوجيا النبات

الموضوع

آليات الدفاع و الإستغاثة عند النبات ضد الحشرات العاشبة دراسة مقارنة و مراجعة

من إعداد الطالبات :

- حليلات عائشة.
- بيه غزلان.
- قعبي سارة.
- بنين إشراق.

نوقشت أمام لجنة المناقشة :

أ.د. بن الحبيب عبد الحميد	أستاذ مساعد أ	"رئيسا"	جامعة الوادي
أ.د شويخ عاطف	أستاذ التعليم العالي	"مؤطرا"	جامعة الوادي
أ.د قادري منيرة	أستاذة محاضرة أ	"ممتحنا'"	جامعة الوادي

الموسم الجامعي 2023/2022

شكر و عرفان

أول من يشكر و يحمد آناء الليل و أطراف النهار هو العلي القهار الأول والآخر والظاهر والباطن الذي أغرقنا بنعمه التي لا تحصى و قد أغرق علينا برزقه الذي لا يفنى وأنار دروبنا فله جزيل الحمد والثناء العظيم هو الذي أنعم علينا إذ أرسل فينا عبده ورسوله محمد بن عبد الله عليه أزكى الصلوات و أطهر التسليم أرسله بقرآنه المبين فعلمنا ما لم نعلم و حثنا على طلب العلم أينما وجد .

لله الحمد كله والشكر كله أن وفقنا وألهمنا الصبر على المشاق التي واجهتنا لإنجاز هذا العمل المتواضع

والشكر موصول إلى كل معلم أفادنا بعلمه من أولى المراحل الدراسية حتى هذه اللحظة كما نرفع ونخص بالشكر الأستاذ المشرف **شويخ عاطف**

إلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد في هذا العمل

وفي الأخير نرجو أن يكون بحثنا هذا خالصا لوجه الله و أن تكون فيه الفائدة و أن يغفر لنا زلاتنا فيه ويثبتنا على ما وفقنا إليه ويعلمنا ويكتبنا مع طلبة العلم إتباعا لسنة نبيه الكريم عليه أفضل الصلاة والسلام.

الإهداء

الحمد لله الذي وفقني لهذا و هو ذو الفضل العظيم
أعددت هذا البحث و لم اتعب في إهدائه لان المهدى إليهم ساكنين في القلب و الوجدان...
إلى التي علمتني أن الحياة أمل و تحدي و صبر ، إلى من منحتني الحب و العطف و الحنان
و كرست حياتها من اجل سعادتي....**أمي الغالية**
إلى الذي علمني أن الطيبة شرف ، و أن سوء الأخلاق ضعف، إلى مثلي الأعلى الذي اشتد
به قوامي... **أبي العزيز رحمه الله**
إلى أختي الحبيبة و توأم روحي اخصها بالشكر لأنها هي سبب وصولي إلى ما أنا به الآن
و مشجعتي لمواصلتي في مسيرتي الدراسية ...**سهى**
إلى صغيرة بيتنا و محبوبتي وفقها الله في حياتها...**خديجة**
إلى زوجي شريكي في الحياة و أنيسي أطال الله في عمره ...**منير**
و إلى عائلتي الثانية عائلة زوجي و خالتي الغالية علينا...**وهيبة**
إلى صديقة العمر و أختي ...**مارية**
إلى المميزين الذين شاركوني في هذا العمل و اخص بهذا الشكر **عائشة** من ساهمت في
مواصلتنا، **سارة و إشراق**
الى كل من تزودت بعلمهم طول مراحل حياتي، و إلى كل من شجعني و لو بكلمة طيبة.....

غزلان

الإهداء

إلى من قال فيها الرسول صلى الله عليه وسلم "الجنة تحت أقدام الأمهات " إلى من تتسابق الكلمات لتخرج

معبرة عن مكنون ذاتها من علمتني وعانت الصعاب لأصل إلى ما أنا فيه وعندما تكسوني الهموم أسبح في بحرحنانها ليخفف من آلامي **أمي العزيزة**.

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار إلى من أحمل إسمه بكل افتخار إلى من مهد لي طريق النجاح ورسخ في عقلي معاني الكفاح إلى من فرش لي دروب الحياة صبرا أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثمارا قد حان قطافها بعد طول إنتظار **أبي الغالي**.

إلى من يسري في عروقهم دمي ،ويطيب معهم أنسي إلى سندي في الحياة إخوتي وأخواتي .

إلى من أخذ بيدي نحو ما أريد، وأعاد إلي ثقتي بقدرتي على التقدم ،رفيق الكفاح الذي لم يبخل

بوقت أو جهد لمساعدتي : إليك زوجي العزيز ..... **"محمد فتحي"** ..... أقدم هذا الجهد.

إلى أولادي فرحتي في هذه الحياة : **" جاد " ، " تيم ".**

إلى من شاركوني عناء هذا العمل الصديقات : **سارة ، غزلان ، إشراق** .

إلى كل من علمني حرفا أساتذتي من الإبتدائي للجامعة إلى من سعتهم ذاكرتي ولم تسعهم مذكرتي .

عائشة

الإهداء

الحمد لله الذي وفقني لهذا و هو ذو الفضل العظيم
أعددت هذا البحث و لم اتعب في إهدائه لان المهدى إليهم ساكنين في القلب و الوجدان...

إلى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير

فلقد كان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي

والدي الحبيب أطال الله في عمره

إلى من وضعتني على طريق الحياة وجعلتني رابط الجأش ورعتني حتى صرت كبيرا

أمي الغالية أطال الله في عمرها

إلى **إخوتي** من كان لهم بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب

إلى جميع **أساتذتي** الكرام ممن يتوانوا في مد يد العون لي

سارة

الإهداء

ما أجمل أن يجود المرء بأغلى ما لديه و الأجمل أن يهدي الغالي للأغلى

هذه ثمرة جهدي اجنيها اليوم هي هدية اهديها إلى من أفضلها على نفسي و لما لا فلقد ضجت من اجلي و لم تدخر جهدا في سبيل إسعادي على الدوام أمي **بريك عائشة**

إلى روح أبي الزكية الطاهرة **بنين لمين**

إلى المساند و الداعم و الكتف الذي اتكئ عليه عندما تقرر الحياة أن تميل بي أخي **عمار**

إلى سندي و شريكي في الحياة **فيصل**

إلى بسمة الحياة و نبع الأمل لطالما كانت حريصة أن تكون في مقام أمي **ماما صباح**

إلى من جمعتني بها أجمل الصدف في الحياة فكانت خير الرفيقة و نعم الصديقة **غزلان**

إشراق

الملخص

الملخص

يهدف هذا العمل إلى التعرف على مختلف آليات الدفاع والإستغاثة عند النباتات ضد الحشرات العاشبة مدعوما بدراسة التجارب السابقة التّي أجريت على نباتي الفلفل الحلو *Capsicum annum* ، الكرنب *Brassica Oleraces*.

حيث بيّنت النتائج المتوصل إليها أن النبات كائن ذكي يعمل على حل المشكلات التي تواجهه من الظروف البيئية المختلفة ويستجيب لها بسلوك منسق ومرن ،كما يمتلك القدرة على الإحساس والحركة وأن نجاح النبات في البقاء يعتمد على نجاح العملية التواصلية التي تقتضي تفاعله داخل النّبات نفسه أو مع كائنات أخرى باختلاف أنواعها .

كما تبين أن للنباتات آليات دفاعية تركيبية ، بيوكيميائية وأخرى مكتسبة كما أنه يتبع طرق مباشرة وغير مباشرة لصد هجوم الحشرات العاشبة ، كما أنه يستغيث بواسطة إرسال رسائل تحذيرية إلى النباتات المجاورة أو رسائل إستنجادية تجذب المفترسين الطبعيين للآفات الحشرية.

من خلال نتائج الأبحاث والتجارب السابقة تم التوصل إلى أن نبات الفلفل الحلو والكرنب يقومان بالدفاع غير المباشر ضد الحشرات العاشبة من خلال إفراز المركبات العضوية المتطايرة حيث :

-نبات الفلفل الحلو *Capsicum annum* عند تعريضه للمركبات متطايرة مثل methyl salicylate , methyl jasmonate و (*Z*)-3-hexenyl butanoate تؤدي إلى إستجابة الحشرات التالية *F.Occidentalis* و *O.laevigatus* .

- نبات الكرنب المصاب *Brassica Oleraces* يفرز مركبات متطايرة مثل: decane, myrcene ,5-methyl-1-phenyl- تؤدي إلى إنجذاب حشرات المن *Myzus persicae* و كذلك إنجذاب الطفيليات *A.abdominalis* ,*A.colemani* العدو الطبيعي لحشرات المن .

الكلمات المفتاحية : الدفاع ،الإستغاثة ، الحشرات العاشبة ، الفلفل الحلو *Capsicum annum* ، الكرنب *Brassica Oleraces* .

Abstract

This work aims to understand the various defense mechanisms and distress signals in plants against herbivorous insects, supported by studying previous experiments conducted on sweet pepper (*Capsicum annum*) and cabbage (*Brassica Oleraces*).

The results have shown that plants are intelligent organisms that solve problems they encounter from different environmental conditions and respond to them with coordinated and flexible behavior. They possess the ability to sense and move, and the success of a plant's survival depends on the success of its communication process, whether within the plant itself or with other organisms of different species. It has also been found that plants have structural, biochemical, and acquired defense mechanisms.

The results indicate that plants are intelligent organisms that work to solve problems they face from different environmental conditions and respond to them with coordinated and flexible behavior. They also have the ability to sense and move, and the success of a plant's survival depends on the success of the communication process, which involves its interaction within the plant itself or with other organisms of different species.

As it turns out, plants have structural, biochemical, and acquired defense mechanisms. They also employ direct and indirect methods to fend off attacks from herbivorous insects. Additionally, they can send warning signals to neighboring plants or emit distress signals to attract natural predators of insect pests.

Abstract

Through previous research and experiments, it has been found that sweet pepper and cabbage plants engage in indirect defense against herbivorous insects by emitting volatile organic compounds.

The sweet pepper plant (*Capsicum annum*) releases volatile compounds like butanoate, methyl salicylate, and methyl jasmonate hexyl. These compounds attract insects like *F. Occidentalis* and *O. laevigatus.*

The cabbage plant (*Brassica oleracea*) releases volatile compounds like decane and myrcene 5-methyl-1-phenyl. These compounds attract insects like *Myzus persica* and parasites like *A. colemani* and *A. abdominalis*.

Keywords : Defense, alarm, herbivorous insects, sweet pepper (*Capsicum annum*), cabbage (*Brassica Oleraces*).

الفهرس

- ✓ شكر وعرفان
- ✓ الإهداء
- ✓ الملخص
- ✓ Abstract
- ✓ الفهرس
- ✓ فهرس الأشكال
- ✓ فهرس الجداول
- ✓ قائمة الاختصارات
- ✓ المقدمة

الجزء النظري 22

الفصل الأول : المملكة النباتية خصائصها و أنواعها: 2

I .مدخل 3

II . تصنيف المملكة النباتية 3

1. - تحت مملكة الثالوسيات 3

1.1. الطحالب..... 3

2.1.الفطريات..... 4

2. تحت مملكة الجنينيات 4

1.2. -قسم الحزازيات..... 4

2.2. قسم النباتات الوعائية 4

2-2-1- صف السراخس..... 5

2-2-2- صف معراة البذور..... 5

2-2-3- صف مغطاة البذور 6

III.أنواع النباتات..... 8

1. حسب الحجم والشكل والتركيب..... 8

1.1. الأعشاب: 8

2.1. نباتات سيقانها ضعيفة: 9

الفهرس

3.1. الشجيرات: 9
4.1. الأشجار: 9
2. حسب مدة حملها للأوراق الخضراء 9
1.2. نباتات مستديمة الخضرة: 9
2.2. نباتات متساقطة الأوراق : 9
3. حسب دورة حياتها 9
1.3. النباتات المعمرة: 9
1.1.3 أنواع النباتات المعمرة 10
2.3 النباتات الحولية: 11
1.2.3. أنواع النباتات الحولية. 11
3.3. النباتات ذات الحولين 12
الفصل الثاني : الذكاء ،الحركة، اللمس و التواصل عند النباتات 14
I . تعريف الذكاء 14
II . ذكاء النباتات 14
III. الحركة في النبات 15
1. أنواع الحركة عند النبات 16
1.1.الحركة التأثيرية 16
1.1.1. الحركة الحرة 16
2.1.1. الحركة الإنتحائية 16
3.1.1. الحركة التأثيرية اللاانتحائية 16
2.1. الحركة التلقائية 16
3.1. حركات النمو 17
4.1. حركات الامتلاء 17
5.1. حركات التميؤ 17
6.1. الحركة الهيجروسكوبية 17
2. أمثلة الحركة عند بعض النباتات 17
1.2. الحركة في النباتات آكلة الحشرات 17

الفهرس

IV. اللمس 18

V . التواصل عند النبات 19

1. تعريف التواصل..... 19

2. وسائل التواصل..... 19

1.2. الإشارات 19

1.1.2. الإشارات الكيميائية والكهربائية 20

1.1.1.2.الإشارات الكيميائيّة..... 20

2.1.1.2. الإشارات الكهربائية..... 24

3. مستويات التواصل 25

1.3. التواصل بين الخلايا 25

2.3. التواصل داخل الخلايا 25

3.3.تواصل نبات مع نباتات أخرى 25

4.3.تواصل نبات مع كائن غير نباتي..... 26

1.4.3. تنسيق الدفاع ضد الآفات والإصابات..... 26

2.4.3. تنسيق التواصل والتكافل 26

3.4.3. التعايش الحيوي..... 26

الفصل الثالث : آليات الدفاع و الإستغاثة عند النباتات..... 27

I .الوسائل الدفاعية في النبات 28

1.الوسائل الدفاعية الموجودة سلفا في النبات (غير مكتسبة) 28

1.1.الوسائل الدفاعية التركيبية 28

1.1.1.سمك طبقة الكيوتيكل 28

2.1.1. وجود طبقة شمعية..... 28

3.1.1.سمك الجدار الخارجي لخلايا البشرة 28

4.1.1. وجود طبقة كثيفة من الشعيرات 28

5.1.1. صغر حجم الثغور و العديسات..... 29

2.1. الوسائل الدفاعية البيوكيميائية 29

1.2.1. مثبطات يفرزها النبات خارجيا 29

الفهرس

2.2.1. المثبطات الموجودة في الخلايا 29

3.2.1. غياب مواد ضرورية 29

2.وسائل دفاعية تنشأ عند مهاجمة ممرض 30

1.2. وسائل تركيبية 30

1.1.2. تكوين طبقة الفلين 30

2.1.2. تكوين طبقة الانفصال 30

3.1.2. ترسيب الصموغ 30

4.1.2. إزدياد سمك الجدار الخارجي لخلايا البشرة 30

5.1.2. تكوين حليمات 31

6.1.2. تكوين حويصلات تيلوزية 31

7.1.2. تجمع السيتوبلازم..... 31

8.1.2. إستجابة فرط الحساسية 31

2.2.وسائل بيوكيميائية 32

1.2.2. زيادة مستوى المواد المثبطة 32

2.2.2. إنتاج فيتو الكسينات 32

3.2.2.تثبيط إنزيمات الممرض..... 32

4.2.2. نزع سمية توكسينات الممرض 33

5.2.2. الحث علي زيادة نشاط الإنزيمات 33

3.الوسائل الدفاعية ضد الحشرات آكلة الأعشاب 33

1.3.الدفاع المباشر 34

1.1.3. الهياكل المورفولوجية 35

1.1.1.3.الأشواك 35

2.1.1.3. Trichomes 36

2.1.3. الوسائل الكيميائية 37

1.2.1.3. مستقلبات الأيض الثانوي 37

2.2.1.3. البروتينات الدفاعية 39

3.2.1.3. الإنزيمات 40

الفهرس

2.3.الدفاع الغير مباشر 42

1.2.3. الصفات التكوينية المحرضة في الدفاع غير المباشر للنبات..... 42

1.1.2.3. الرحيق خارج الأزهار (EFN)..... 42

2.1.2.3. الدوماتيا Domatia..... 43

2.2.3. المستخلصات المساهمة في الدفاع غير المباشر عن النبات 44

1.2.2.3. دور الهرمونات النباتية في الدفاع الغير مباشر 44

2.2.2.3. المواد المتطايرة التي تسببها النباتات العاشبة (HIPV)..... 45

3.2.2.3. أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS)..... 46

4.2.2.3. إفراز الحشرات عن طريق الفم..... 47

5.2.2.3. دور أيونات الكالسيوم في الدفاع عن النبات..... 47

II - الإستغاثة 49

1.أنواع الإستغاثة 49

1.1.الإستغاثة نتيجة إستقبال رسائل تحذيرية 50

1.1.1.الإستغاثة باستخدام شبكة الخيوط الفطرية..... 50

2.1.1. الإستغاثة بإستخدام المركبات العضوية المتطايرة VOCs..... 51

1.2.الإستغاثة نتيجة إرسال رسائل إستنجادية 53

الجزء التحليلي 55

1.موضوع الدراسة ..... Erreur ! Signet non défini.

1.1. المقال الأول 56

2. المقال الثاني 59

2.النتائج و المناقشة 63

1.2.المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من نباتات غير مصابة ومصابة بـM.persica 63

2.2. تأثير المركبات العضوية المتطايرة على جاذبية الطفيليات..... 65

3.2. التعبير الجيني للنبات 67

4.2. المقايسات الحيوية على شكل Y-Tube..... 69

5.2. مناقشة الدراسة الأولى 70

6.2. مناقشة الدراسة الثانية.....70
الخاتمة 70
قائمة المراجع.....77

فهرس الأشكال

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
01	الحزازيات القائمة	04
02	السرخسيات	05
03	بذور الصنوبر عارية على أوراق خاصة داخل المخروط.	05
04	نبات سايكاس *Cycas revoluta*	06
05	بذرة الخوخ داخل الثمرة.	07
06	رتب مغطاة البذور حسب التقسيم التطوري APG	08
07	دورة حياة نبات معمر.	10
08	*Paeonia mascula*	10
09	*Gaillardia*	10
10	الأرز الأحمر الغربي *Thuja plicata*	11
11	دورة حياة نبات حولي	11
12	*Green foxtail*	12
13	*cardamine*	12
14	قفاز الثعلب *Digitalis purpurea*	12
15	دورة صيد فينوس صائدة الذباب (*Dionaea muscipula*)	18
16	إنبعاث المركبات الطيارة A: من نبات مصاب إلى نبات أخر من نفس العائلة B: من نبات مصاب إلى نبات من عائلة أخرى.	24
17	مراحل تكون الحليمة.	31
18	مخطط للوسائل الدفاعية المباشرة والغير مباشرة ضد الحشرات العاشبة.	34
19	الأشواك عند النباتات.	36
20	صور مجهرية لتريشوم. **A:** تريشوم أحادي الخلايا **F:** تريشوم متعدد الخلية. **G**: صورة مجهرية إلكترونية ضوئية تظهر بنية الخلية النموذجية لتريشوم الغدي الطويل الناضج.	36
21	تريشوم عند نبات القراص *Stinging nettle*.	37
22	سطح الورقة السفلي من نبات *Plectroniella armata*.	43
23	تمثيل تخطيطي لزيادة إنتاج المركبات المتطايرة التي تطلقها النباتات إستجابة لتغذية العواشب.	46
24	أمثلة عن بعض المفترسات و الطفيليات **B :** *Coccinella* **A :** *Phytoseiulus persimilis* **C:** *Aphids*	49
25	الإستغاثة بإستخدام شبكة الخيوط الفطرية .	51

26	الإستغاثة بإستخدام المركبات العضوية المتطايرة.	52
27	النمل منجذب للرحيق خارج الأزهار في نبات *Prunus pensylvanica*.	54
28	رسم تخطيطي لمقياس الشم Y-Tube حيث يوجد حشرة المن Myzus persicae والطفيلي *Aphidus colemani* و *Aphelinus abdominalis* .	58
29	نتيجة التجميع كخريطة حرارية للمركبات المتطايرة المنبعثة من الملفوف غير المصابة والمصابة ب*M.persica* .	66
30	إستجابة شمية ل *M.persica* في تجارب مقياس الشم Y-Tube على المواد المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب والغير مصاب.	67
31	إستجابة شمية لإثنين من الطفيليات *Aphidius colemani* و *Aphelinus abdominalis* في *تجارب مقياس الشم* Y-Tube على المواد المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب والغير مصاب.	67
32	إستجابة لنسخ الجينات الدفاعية A : جين PIN2 و B : جين AMP1 و C : ASR1 في نبات الفلفل الحلو المعرضة للمركبات المتطايرة النباتية.	68
33	إستجابة في مقياس الشم Y-Tubeلإناث كل من A: *F .occidentalis* و B : *O. laevigatus* لمصدرين من رائحة الفلفل الحلو.	70

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
01	الفرق بين النباتات ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين.	07
02	أنواع الهرمونات وأهم أدوارها كإشارة.	21
03	أمثلة عن بروتينات دفاعية نباتية ضد الآفات الحشرية.	39
04	أنواع الإنزيمات وأدوارها .	41
05	أهم عائلات المفترسات والطفيليات ضد الحشرات العاشبة.	48
06	الإستغاثة نتيجة استقبال رسائل تحذيرية من النبات المجاور من نفس أو مختلف النوع.	52
07	تسلسل النكليوتيدات الأمامي والعكسي المستخدم في تقدير التعبير الجيني .	62
08	الكشف عن المركبات المتطايرة في الملفوف المصاب والغير المصاب ب *M.persica* بإستخدام SPME .	64

قائمة الاختصرات

- ABA: Abscisic Acid.
- AMP1 : Antimicrobial Peptide1.
- AP: Action potential.
- ASR1 : ABA Stress Ripening Protein1.
- APG : Angiosperm Phylogeny Group.
- DNA : Deoxyribonucleic acid.
- EFN : Extra floral Nectaries
- EF1 : Elongator Factor 1.
- ET : Ethylene.
- FACs : Fatty acid- amino acid conjugates.
- GLV : Green leaves Volatiles.
- HDPE : High Density Polyethelene.
- HIPV: Herbivore induced plant volatiles.
- IVIA : Instituto Valenciano de Investigaciones Agarias.
- JA : Jasmonic Acid.
- LEP : Local Electrical Potential
- LOXS : Lipoxygenases .
- PIN2 : Proteinase Inhibitor Ⅱ.
- Pis : Proteinase Inhibitors.
- POD : Peroxidas.
- PPO : Polyphenol Oxydase.
- RNA: Ribonucleic Acid.
- RNS : Reactive Nitrogen Species.
- ROS : Reactive Oxygen Species .
- VOC’s : Volatile Organic Compounds.
- SA : Salicylic Acid.
- VP: Variation potential.

مقدمة :

-الحمد لله علّم القرآن ، خلق الإنسان، علّمه البيان، والصلاة والسلام على سيدنا محمد الذي آتاه الله الحكمة والبيان وعلى آله وأصحابه أهل التقوى والإيمان، والتّابعين لهم بإحسان أما بعد :

ما من مخلوق إلا وتتجلى فيه القدرة الإلهيّة والمعجزات الربّانيّة، ولكن من مخلوقات الله عز وجل ما تجلّت فيه القدرة الربانيّة أكثر من غيره، وعلى رأس هذه المخلوقات والتي جعلها الله سبحانه وتعالى آية للعالمين النّبات والزرع. ففيه من الآيات و المعجزات التي يتعين على كل إنسان أن يقف عندها مندهشا متأملاً معترفًا و مقراً . فالنبات يعتبرمملكة وعالماً قائماً بذاته فهو من العوالم العظيمة التي خلقها الله تعالى و أبدع في خلقها ، فمنذ أن قام العلماء بدراسته وهم يكتشفون خصائص و أشياء عظيمة تدل على قدرة الله سبحانه وتعالى و إبداعه الذي لا مثيل له.(النعيمي ، 2021)

عادة ما ننظر إلى النباتات ككائنات ذات قدرات محدودة للغاية. وأغلبنا ينظر بعين الشك إلى أولئك الذين يدّعون أن التحدث إلى نباتاتهم المنزلية يجعلها تنمو بسرعة أكبر. لكن الأبحاث الحديثة تظهر لنا صورة مختلفة تماما للنبات, فمن المعتقد الآن أن النباتات تمتلك بعض القدرة على أن ترى وتحس وتتذوق ما يجري حولها (ايهاب.2004)

فالذكاء هو القدرة على حل المشاكل والنباتات بشكل مذهل لها القدرة على حل مشاكلها.(Reddy,2016) فقد أدت القدرة الرائعة للنباتات على التعامل بشكل مناسب مع تحديات العالم الخارجي إلى قيام العالم Anthony Trewavas باعتبار النباتات كائنات ذكية تظهر سلوكاً معقداً لحل مشاكل و نمط حياتها المستقرة. كما صرح أن مصطلحي "الذكاء" و "السلوك" مناسبان لأنهما يشيران أساساً إلى إتخاذ القرار بشأن المسارات البديلة التي يجب إختيارها من أجل البقاء والنمو والإزدهار.
إن إعتبار النباتات كائنات ذكية يعتمد بشكل أساسي على كيفية تعريف "الذكاء". إذا إعترف المرء بأن الذكاء يقتصر على الكائنات الحية ذات الجهاز العصبي المعقد، أو بشكل أكثر تحديداً الدماغ، فإنه يبدو من الصعب الإعتراف بأن النباتات يمكن أن تكون ذكية. ومع ذلك فالنباتات لتنسيق سلوكها تتواصل داخلياً بين أعضائها، وكذلك خارجيا مع أعضاء من نفس الأعضاء النباتية وغيرها فهي تتواصل مع الكائنات الدقيقة و الحشرات ،كما أنها من خلال دمج الإشارات البيئية متعددة العوامل يمكنها أيضاً توقع الظروف المتغيرة بإستمرار بطريقة تسمح لها بالحفاظ على السلوك المناسب إستجابة لتنوع الموارد المتاحة في وجود أو غياب المهاجمين.(Van Loon,2016)

فهناك العديد من الأبحاث المنشورة الأخرى توضح أن النباتات يمكنها سماع الحشرات وهي تأكلها، ومن ثم تعمل على إفراز مركبات كيميائية لإيقافها. كما أنه تم إثبات أن النباتات المختلفة يمكنها التواصل والحديث في ما بينها عبر تبادل رسائل من المركبات الكيميائية تحت الأرض عبر شبكة الفطريات التي

تتعايش على جذورها، بغرض تحذير بعضها بعضًا من المخاطر المحيطة أو التغيُّر في الظروف المناخية.(السنباطي، 2017)

و بإعتبار أن النبات ذكي ويتكيف مع بيئته ضد كل المهددات قمنا بدراسة مسلطين الضوء فيها إلى أهم الآليات التي تظهر ذكاء النبات وسلوكه المتكيف وذلك بطرح الإشكالية التالية : هل للنباتات القدرة على الدفاع وكذا الإستغاثة ضد الحشرات العاشبة ،ويمكن أن نصف النبات ككائن ذكي قادر على حل مشكلاته و الإستجابة للظروف البيئية من حوله والتكيف معها ؟

وبهدف إيجاد حل لهذه الإشكالية سنعمل على دراسة أهم آليات الدفاع و الإستغاثة عند النبات حيث قسم العمل إلى جزءين ، جزء نظري به ثلاثة فصول يتضمن الفصل الأول تعريفا للنبات و تصنيف وأنواع للنبات في حين الفصل الثاني تناولنا فيه أهم المصطلحات التي يستخدمها علماء النبات في الآونة الحديثة وهي ذكاء وحركة واللمس عند النبات بالإضافة إلى تعريف التواصل ووسائله ومستوياته . أما الفصل الثالث فنعالج فيه لآليات الدفاعيّة التي يُفعلها النّبات إثر تعرضه لمسببات الأمراض الفطريّة كانت أو البكتيريّة ، أو عند هجوم آكلات العشب كالحشرات كما نوضح فيه الآليّة الدفاعيّة غير المباشرة المتمثلة في الإستغاثة .

أما الجزء التطبيقي يتمثل في دراسة مقارنة ومراجعة لدراستين سابقتين تناولنا إستخلاص دفاعات النبات من خلال التعرض للمواد المتطايرة النباتية المستحثة بالعواشب في الفلفل الحلو*Capsicum annum* و إستجابة طفيليات المن للمركبات العضوية المتطايرة من نباتات الكرنب *Braccica oleracea* غير المصابة والمصابة ب *Myzus persica* ومناقشة النتائج المتحصل عليها ومقارنتها وفي الأخير أنهينا بخاتمة متبوعة بتوصيات .

الجزء النظري

الفصل الأول :

المملكة النباتية خصائصها و أنواعها

I . مدخل:

عندما يفكر معظم الناس في النباتات، أول ما تتبادر إلى أذهانهم الأشجار والأعشاب والمحاصيل الزراعية التي لها جذور و سيقان و أوراق و أزهار و بذور وثمار. وفي الحقيقة أن مثل هذه النباتات قد ظهرت على سطح كوكبنا متأخرة من الناحية التطورية، فقد سبقتها مجموعات ذات أشكال أبسط منها على مدى مئات ملايين السنين. وقد بدأت النباتات كخلايا مفردة بسيطة و هشة في الطبقات السطحية الدافئة لمياه المحيطات البدائية، ثم بدأت بتطوير أشكال بنيوية معقدة في الشكل والوظيفة و لكن بشكل تدريجي بطيء جدا، الأمر الذي قادها نهائيا إلى غزو اليابسة بأشكالها المنقرضة والحالية. وأول هذه المجموعات هي الكائنات بدائية النواة "Procaryotes "ثم ظهرت مجموعة أخرى أكثر تطورا و تعقيدا من السابقة،عرفت بالكائنات حقيقية النواة وتكون إما وحيدة خلايا أو متعددة خلايا.(بوجنيبة و خناق،2008)

تعرف النباتات بأنها كائنات وحيدة وعديدة الخلايا، بدائية أو حقيقية النواة، ومتكيفة على المعيشة على اليابسة، وهناك البعض من النباتات تعيش في الماء أو الحشائش البحرية. فيما عدا القليل من النباتات المتطفلة، تعتبر النباتات ذاتية التغذية تصنع غذائها من خلال البناء الضوئي. يتكون الجدار الخلوي من السليلوز تتميز دورة حياة النباتات بظاهرة تبادل الأجيالgenerations of alternation. بناء على الحفريات يقدر بأن النباتات ظهرت على الأقل من 450 مليون سنة. ويتواجد ما يقرب من 000. 300 نوع من الكائنات الحية من النباتات.

تتميز النباتات بوجود الأنسجة الإنشائية القمية وهي مناطق يحدث فيها الإنقسام الخلوي وينتج عن ذلك الزيادة في الطول وتتواجد في نهايات المجموع الخضري والمجموع الجذري. (الطاليب ،2021)

II . تصنيف المملكة النباتية :

تصنف المملكة النباتية حسب تصنيف Tippo الذي نشره عام كما يأتي :

المملكة النباتية plante (pant Kingdom)

1- تحت مملكة الثالوسيات Thallophyta : وهي نباتات لا تكون أجنحة وتشمل :

1-1 : الطحالب Phycophyta : وتضم :

-قسم الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta - قسم الطحالب الخضر Chlorophyta

-قسم الطحالب اليوغلينية Euglenophyta - قسم الطحالب الخضر المصفرة Chrysophyta

-قسم الطحالب البنية Rhaeophyta - قسم الطحالب الحمر Rhodophyta

-قسم الطحالب البايروفينية Pyrrophyta.(Al-jowary 2021)

2-1 : الفطريات Mycophuta : ويضم :

-قسم النباتات المنشقة (البكتيريا)Schiszophyta

-قسم الفطريات الهلامية (المخاطية)Myxomycophyta

-قسم الفطريات الحقيقية Eumycophyta : وتشمل :

1- صف الفطريات الطحلبية Phycomycetes(تشمل الفطريات المائية وغيرها)

2-صف الفطريات الزقية Ascomycetes

3-صف الفطريات البازيدية Basidiomycetes

2- تحت مملكة الجنينيات Embryophyta : تكون أجنحة وتشمل :

2-1-قسم الحزازيات Bryophyta:

هي نباتات ثالوثية تتكون من أشباه جذور وسيقان وأوراق وهي نباتات غير وعائية أي لا تحتوي على نسيج الخشب ونسيج اللحاء (الطاليب ،2021) .تضم الحزازيات 3صفوف :

1-صف الحزازيات القائمة Musci كما هي موضحة في الشكل (1) .

2-صف الحزازيات الكبدية Anthocerotae

3-صف الحزازيات القرنية Anthocerotae

الشكل (1) : الحزازيات القائمة (الطاليب ،2021) .

2-2 - قسم النباتات الوعائية Tracheophyta: ويشمل تحت الأقسام التالية :

أ-تحت قسم بسيلوبسيدا Psilopsida

ب-تحت قسم ليكوبسيدا Lycopsida

ج-تحت قسم سفينوبسيداSphenopsida

د- تحت قسم بتروبسيدا Pteropsida : ويشمل الصفوف التالية: (الجواري ،2021)

2-2-1- صف السراخس Filicineae :

تتميز السرخسيات بأنها نباتات وعائية لابذرية.كما هي موضحة في الشكل (2) (الطاليب ،2021)

الشكل (2) : السرخسيات (الطاليب ،2021)

2-2-2-صف معراة البذور Gymnospermeae-

تتميزالنباتات عاريات البذور بانها وعائية وتنتج بذور عارية كما هي موضحة في الشكل (3) وهي جميعها نباتات خشبية و معمرة وتضم أشجار وشجيرات ومعظمها تكون دائمة الخضرة(الطاليب ،2021). وتشمل

الشكل (3) : بذور الصنوبر عارية على أوراق خاصة داخل المخروط (الطاليب ،2021)

-2-2-2-1 -تحت صف السيكاديات Cycadophytae : ويشمل الترتب التالية :

-رتبة السيكاديات Cycadales –رتبة Bennettitales - رتبة Cycadafilicales

-رتبة Cordiatales - رتبة Ginkgoales - رتبة Gnetales . (الجواري، 2021)

2-2-2-2- تحت قسم المخروطيات Coniferophyta :وتشمل رتبة المخروطيات Coniferales والشكل (4) يوضح مخروط مذكر لنباتCycas revoluta . (الجواري، 2021)

الشكل(4): نبات سايكاس *Cycas revoluta* (الطاليب، 2021)

إختلف العلماء في عدد الرتب التي يحتويها صف عاريات البذور فقد قسمها العالمين Melchior و Bilger إلى 8 رتب هي :

Taxales- Cordiatales- Cycadales-Pentoxylales–Bennettitales -Pteridosperales

. Ginkgoales-Coniferales

في حين قسمها Tippo إلى (7)رتب وهي :

Gnetales - Coniferales- Cordiatales- Cycadales- Bennettitales-Cycadafilicales
. Ginkgoales

أما أنجلر Engler فقد قسم صف عاريات البذور الى (4) رتب و12) عائلة و (360)جنسا و (670) نوعا والرتب هي :Coniferales- Cycadales- Ginkgoales- Cycadales . (الجواري، 2021)

2-2-3-صف مغطاة البذور Angiospermeae :

تعرف مغطاة البذور أو كاسيات البذور بأنها نباتات وعائية تنتج البذور مغطاة داخل الثماركما هي موضحة في الشكل(5) . وهي تشمل تحت صفين :

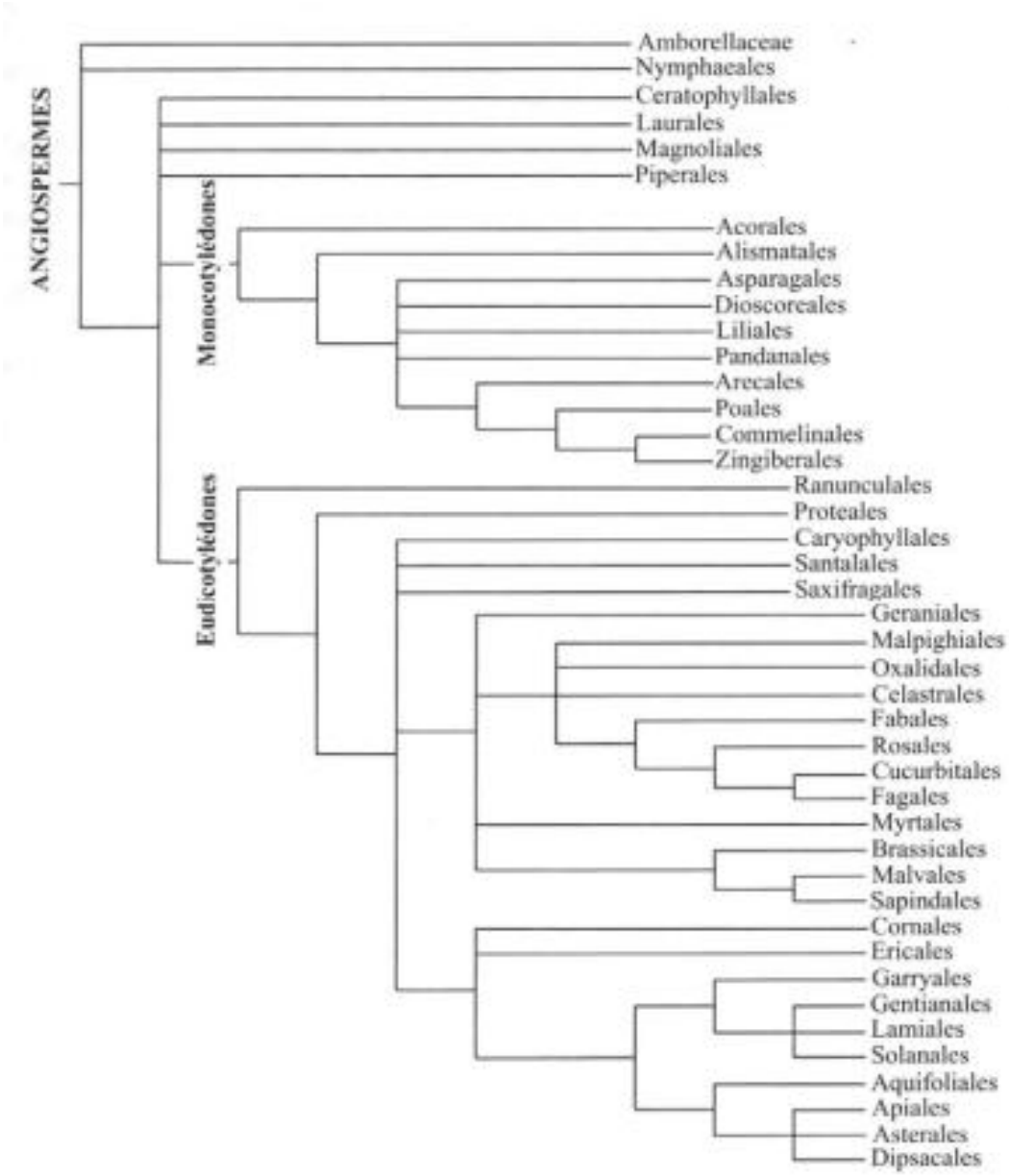
الشكل (5): بذرة الخوخ داخل الثمرة (الطاليب ،2021)

تحت صف ذوات الفلقتين Dicotyledonaeمثل الورود والبقوليات ودوار الشمس وغيرها.
تحت صف ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledonae مثل النخيل والحبوب مثل الذرة والأرز والقمح والشعير. (الطاليب ،2021) والجدول (1) يبين الفرق بينهما. (الطاليب ،2021)

الجدول (1): الفرق بين النباتات ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين. (Web/site: 1)

أ– نباتات ذات الفلقة الواحدة	ب – نباتات ذات الفلقتين
1- الغذاء عبارة عن كتلة واحدة (فلقة واحدة). **2-** سيقانها غير متفرعة ماعدا نبات الدوم hyphoenathebaico. **3-** الحزم الوعائية بسيقانها مبعثرة ولا تحوي كامبيوم (ولذلك لا تزداد سيقان النباتات ذوات الفلقة في السمك). **4-** أوراقها ذات تعري متوازي. **5-** الأوراق الزهرية غالبا ثلاثة أو مضاعفاتها. **6-** جذور غالبا ليفية.	**1-** الغذاء عبارة عن كتلتين (فلقتين). **2-** سيقانها كثيرة التفرع. **3-** الحزم الوعائية بسيقانها منتظمة وتحوي كامبيوم. **4-** الأوراق تعرقها شبكي. **5-** الأوراق الزهرية أربعة أو خمسة أو مضاعفاتها. **6-** جذورها وتدية غالبا.
من أمثلتها: النخيل – النجيليات – كالقمح والشعير – السوسن – الزنابق.	من أمثلتها: الباقلاء– القرع – البرتقال – التفاح – البرسيم – القطن – الكتان – الورد.

أما رتب مغطاة البذور فهي موضحة في الشكل (6) :



الشكل (6) :رتب مغطاة البذور حسب التقسيم التطوري APG(شويخ ، 2020)

III.أنواع النباتات:

1. حسب الحجم والشكل والتركيب: يمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع:

1.1. الأعشاب:(Herbes)

الأعشاب نباتات غضة وأنسجتها تحتوي على نسبة قليلة من نسيج الخشب ولا تتجاوز أطوالها عادة المتر ومن أمثلتها النعناع.

2.1. نباتات سيقانها ضعيفة:(Vines)

وهي النباتات صغيرة الحجم ذات السيقان الضعيفة تكون زاحفة أو متسلقة لأن سيقانها لا تحتوي على نسبة كبيرة من نسيج الخشب وتسمىVinesمثل الخيار وقد تكون النباتات أكبر نسبيا ومتسلقة وتحتوي نسبة كبيرة من الخشب مثل العنب.

3.1. الشجيرات:(Scrubs)

الشجيرات هي نباتات ذات سيقان خشبية قائمة طولها حوالي المترين أو أكثر قليلا، كثيرة التفرع وخاصة قرب سطح التربة ومن أمثلتها القطن والخروع.

4.1. الأشجار:(Trees)

الأشجار هي نباتات ذات سيقان خشبية غليظة قائمة طويلة يزيد إرتفاعها عن ثلاثة أمتار مثل أشجار التوت و النخيل وقد تصل في الطول إلى عشرات الأمتار كما في أشجار الغابات. (Web/site : 2)

2. حسب مدة حملها للأوراق الخضراء:

يمكن تقسيم النباتات إلى:

1.2. نباتات مستديمة الخضرة:(Evergreen) وهي نباتات تحمل أوراقا خضراء على مدار السنة كما في الحمضيات (البرتقال والليمون والنارنج) ، مع العلم أن الأشجار المستديمة تسقط أوراقها أيضا ولكن بدرجة أقل من النباتات المتساقطة الأوراق حيث نجد في أي فصل من فصول السنة أوراق على النباتات .

2.2. نباتات متساقطة الأوراق :(eciduous) وهي نباتات تسقط أوراقها جميعا وتصبح عارية من الأوراق الخضراء أثناء فصل الشتاء كما في أشجار التوت و التين والعنب. (Web/site : 2)

3. حسب دورة حياتها:

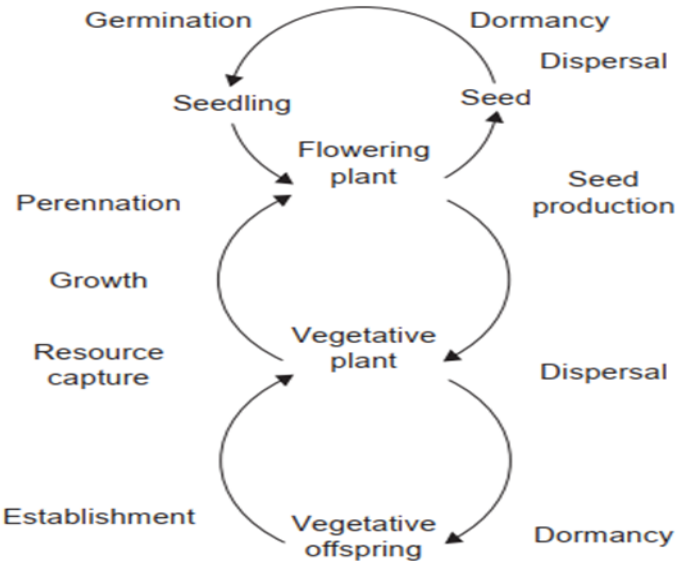
يمر النبات بسلسلة من المراحل من إنبات البذور إلى إنتاج البذور كنبات ناضج. بالنسبة لبعض النباتات قد يستغرق هذا التسلسل أو دورة الحياة بضعة أسابيع بينما يستمر البعض الآخر في النمو و الإزهار بشكل متكرر على مدار سنوات عديدة. يتم تصنيف دورات حياة النبات على أنها سنوية أوكل سنتين أو معمرة. (Michelle, 2020) .

وعلى هذا الأساس تم تقسيم النباتات إلى ثلاثة أنواع:

1.3. النباتات المعمرة: (Perennials)

هي نباتات تعيش لأكثر من سنتين ومعظمها نباتات خشبية كالشجيرات والأشجار وقد تكون سيقانها أرضية معمرة وقد تجدد نموها الخضري سنويا وعادة تزهر و تثمر النباتات المعمرة بعد عدة سنوات من إنبات

بذورها ثم تزهر و تثمر سنويا بعد ذلك فهي نباتات عديدة الحمل، أي أنها تزهر و تثمر مرات عديدة أثناء حياتها ونادرا ما يحدث خلاف ذلك و دورة حياتها ممثلة في الشكل (07). (Web/site: 2)



الشكل(07): دورة حياة نبات معمر (Robert , 2018)

1.1.3 أنواع النباتات المعمرة: يمكن تقسيمها إلى فئتين:

1.1.1.3. النباتات المعمرة العشبية: قد تعيش النباتات العشبية قصيرة العمر لبضع سنوات فقط مثل الفاوانيا (*Paeonia*) الموضحة في الشكل (08)، أو يمكن أن تكون طويلة العمر مثل زهرة البطانية (*Gaillardia*) كما يوضحه الشكل (09). (Nakano ,2020)

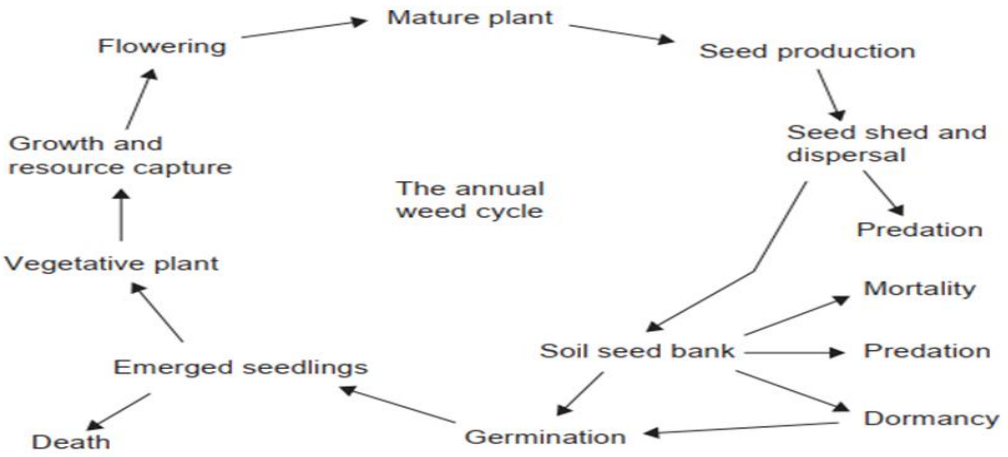
الشكل (08) : *Paeonia mascula* (Tobyn et al.,2011)

الشكل **(09)** : *Gaillardia* (Mahr,2015)

2.1.1.3. النباتات المعمرة الخشبية: الأنواع الخشبية لها سيقان تستمر في النمو مما يؤدي إلى تطوير بنية دائمة. تعيش بعض النباتات الخشبية حياة طويلة للغاية مثل نبات شجرة التنوب (*Picea sp*) في السويد وكولومبيا البريطانية الذي يبلغ من العمر 9500 عام وكذلك الأرز الأحمر الغربي *Thuja plicata* 1.000 سنة كما هو موضح في الشكل (10). (Nakano ,2020)

الشكل (10): الأرز الأحمر الغربي *Thuja plicata* (Antos et al., 2016)

2.3 النباتات الحولية (Annuals): تتم دورة حياتها خلال موسم نمو واحد ثم تجف وتموت كما هو الحال في القمح، فهي تتميز بإنتاجها بذور وفيرة وتنمو بسرعة . معظم النباتات الحولية هي نباتات عشبية تختزن معظم غذائها في البذور وقد تكون شجيرية ولكنها لا تكون شجرية وهي وحيدة الحمل أي أنها تزهر وتثمر مرة واحدة خلال دورة حياتها ثم تموت كما هو موضح في الشكل (11). (Web/site: 2)



الشكل (11): دورة حياة نبات حولي(Zimdahl , 2018)

1.2.3. أنواع النباتات الحولية: بعض النباتات الحولية تتم دورة حياتها في فصل واحد تسمى صيفية أو شتوية.

1.1.2.3. النباتات الحولية الصيفية: تنبت هذه النباتات في الربيع وتنمو في الصيف وتزهر وتموت في الخريف وبالتالي تنتقل من بذرة إلى بذرة في موسم نمو واحد مثل *redroot* و *foxtails* الموضحة في الشكل(12) .

2.1.2.3. النباتات الحولية الشتوية : تنبت هذه النباتات في الخريف أو أوائل الشتاء وتزهر وتنتج بذورا ناضجة في الربيع أو أوائل الصيف في العام التالي مثل (*snapweed*) *Cardamine* كما يوضحه الشكل (13) . (Zimdahl, 2018)

الشكل (12): *Green foxtails*

(Mohler et al., 2021)

الشكل (13): *Cardamine*

(Hepenstrick &Hoffer-Massard,2014)

3.3. النباتات ذات الحولين (Biennials): تستكمل دورة حياتها في عامين، في العام الأول ينمو النبات نموا خضريا ويخزن الغذاء اللازم لنمو العام التالي في الجذور والدرنات والأبصال أو غيرها من الفجوات المخزونة ، وفي العام التالي يحدث الإزهار ثم الإثمار وتكوين البذور ثم تجف وتموت. فالنباتات ذات الحولين هي نباتات عشبية عادة مثل قفاز الثعلب *Digitalis* الموضحة في الشكل (14) . تظهر هذه النباتات عيبًا واضحًا في إنتاج أوراق الشجر فقط في السنة الأولى، أحد الحلول هو زرع بذور كل سنتين في منتصف الصيف حتى تنمو النباتات خلال الصيف والخريف. بعد التعرض لبرد الشتاء سوف تنمو الأزهار في الربيع. (Nakano ,2020)

الشكل (14): قفاز الثعلب *Digitalis purpurea* (Sales et al.,2011)

الفصل الثاني :

الذكاء ،الحركة، اللمس و التواصل عند النباتات

I . تعريف الذكاء:

على الرغم من وجود العديد من الكتب التي يتم كتابتها حول الذكاء، لا يوجد تعريف متفق عليه فالقواميس التقليدية تعرف الذكاء بإستخدام الخصائص السلوكية البشرية فقط من وجهة النظر البشرية القائلة بأن البشر فقط هم من يستطيعون أن يكونوا أذكياء. لكن بالعكس، فالغربان والببغاوات أذكياء، حيث يحلون بعض المشكلات بشكل أسرع من قدرة بعض البشر على حلها.(Trewavas, 2005)

ف Stenhouse الذي درس تطور الذكاء في الحيوانات وصفه بأنه سلوك متغير متكيف خلال حياة الفرد. فكلما كان الكائن الحي أكثر ذكاء كلما كان سلوكه متغير بشكل تكيفي.(Trewavas, 2003)

II . ذكاء النباتات:

إن التجارب الدقيقة والعمل الميداني يدعمان حاليًّا فكرة أن النباتات في الواقع «أكثر ذكاء» مما قد يوحي جمودها. ويساعد هذا العمل في الكشف عن الجينات والمواد الكيميائية التي تسهم في الذكاء البيئي للنباتات، لكننا نعلم الآن أنه من الصعب دراسة الكثير من سلوكيات النبات، لأنها تحدث على مستوى التفاعلات الكيميائية في الأساس. فعلى سبيل المثال. تتغلب النباتات على عدم القدرة على الحركة عن طريق تسخير قدراتها في الكيمياء العضوية الإصطناعية، فإذا ما نظرنا إلى الروائح الزهرية، على سبيل المثال، لوجدنا أنها تحتوي على مركبات تجذب حيوانات التلقيح وتطرد تلك الآكلة للزهرة، ويتكون ذلك الرحيق من مزيج من المواد الغذائية والسموم التي تسهم في تحسين سلوك الملقحات. (Baldwin ,2015)

جميع النباتات لديها دافع يحمل في ثناياه عوامل للبقاء على قيد الحياة كما هو الحال مع جميع الكائنات الحية. إن بيئات الاختبار لتقييم ذكاء النبات كلها برية وهناك الكثير منها. تعتمد البيئات الفردية على مكان وصول البذور وتختلف عن بعضها البعض. لكن المخاطر التي شكلها داروين، والمنافسة في جميع أشكالها والإفتراس في المقام الأول تهدد البقاء. تطرح كل بيئة مزيجا من المشكلات المحددة التي تحتاج إلى حل. تحاول النباتات حل مشاكلها البيئية عن طريق تغيير السلوك. أولئك الذين بقوا على قيد الحياة، يدركون بشكل أكثر دقة بيئتهم الحالية. إنها أكثر قدرة على التكيف وتحل المشكلات البيئية بسرعة أكبر وبأقل جهد في إستخدام الموارد، فهم أكثر عرضة للبقاء على قيد الحياة والتكاثر. على هذا الأساس هؤلاء الأفراد أكثر ذكاء من غيرهم.

يعتقد بعض الباحثين أن القدرات المكتشفة حديثا للنبات تشكل الأساس لنوع جديد من الذكاء، وينظرون إلى أن الفرق الحقيقي الوحيد بين أفراد المملكة الحيوانية والنباتات هو عدم قدرة أفراد المملكة الأخيرة على الحركة. وقد إعتدنا على الحكم على الذكاء من خلال الأفعال، فما نفعله وما نقوله هو ما يدل على ما يحدث داخل عقولنا. ولذلك فإن النباتات، نظرا لكونها صامتة وثابتة في موضعها لا تبدو ذكية بهذا المنطق، لكنها في الواقع تتحرك وتتفاعل مع العالم المحيط بها بطرق ذكية. (عبد الرحيم ،2004)

لقد قاد سلوك النبات – قدرة النبات على التكيف والإستجابة للمحفزات الموجودة في بيئته المباشرة – بعض علماء النبات إلى إقتراح أن النبات يتمتع بشكل بدائي من أشكال الذكاء، وقد قادتهم أدلة عديدة إلى هذا الإستنتاج. على سبيل المثال، لدى شجرة السنط القدرة على الإحساس بآكل العشب يقوم بمضغ أوراقها فتقوم بإطلاق سماق مر الطعم كإستجابة لذلك. وهناك أشجار سنط أخرى لها القدرة على شم رائحة سماق الأشجار القريبة، فتبدأ بإطلاق سماقها قبل وصول القطيع الجائع. حتى النباتات خناقة الذباب أذكى مما نتصور، حيث يستثار فخها من خلال شعيرات دقيقة على سطحها لكن كل شعرة يجب أن يتم لمسها مرتين في فترة قصيرة من الوقت حتى يفتح الفخ – لمنع استثارته بالصدفة بسبب قطرات الأمطار مثلا، بمعنى آخر، لابد للنبات أن يتذكر الشعيرات التي تم لمسها مؤخرا – أي أن له ذاكرة بدائية. (بارسنوس ، 2004)

هنالك ثلاث معايير مهمة يجب تقديمها عن الذكاء:

- الذكاء هو سلوك تكيفي معقد، حتى عند البشر، بالرغم من أنه ليس كل سلوك هو ذكاء.
- الذكاء السلوكي يتضمن كل الكائن.
- الذكاء السلوكي يتطلب كلاً من ذكاء الكائن وبشكل مؤكد التحديات البيئية لتجربته.

(باي و حويذق، 2021)

III. الحركة في النبات :

إن حركات النبات كثيرا ما يهملها الفيسيولوجيون نظر لبطئها غير أن ما ظهر من تقنيات حديثه في التصوير وكاميرات الفيديو الرقمية الحديثة التي تلقط صورة كل عدة ثوان وتسجلها داخل الكاميرا ليتم نقلها للكمبيوتر ليتم عرضها بالسرعات التي تظهر حركة النبات بشكل جيد للوقوف على حركة الأعضاء النباتية بدقة وإظهار واقعية الحركات الذاتية للأوراق والساق، وبتلك الطريقة أمكن ملاحظة أن أوراق نبات الدخان تبدو وكأنها ترتفع وتنخفض وكأنها أجنحة طير أثناء الطيران ، كما يمكن رؤية الساق وهي تتحرك حركات حلزونية منتظمة ، كما يمكن إظهار الحركات التي تحدث أثناء تفتح البراعم سواء كانت براعم ورقية أو الزهرية.(حشمت،2008)

بالرغم من أن النباتات الزهرية وعاريات البذور والسرخسيات أي النباتات الوعائية vascular plants غير قادرة على الحركة كما في الحيوانات إلا أنها أثناء النمو تظهر أنواع وحالات مختلفة من الحركة تكون أغلبها عبارة عن تغيير إتجاه عضو النبات أو إتجاه أجزاء من النبات ويمكن تصنيف الحركة في النبات إلى ثلاث مجاميع كبيرة وهي :

1. الحركة نتيجة النموGrowth movements
2. حركات نتيجة إمتلاء أو إنتفاخ الخلايا Turgoe movements
3. الحرة الهيجروسكوبية Hygroscpic movements

- ويمكن تصنيف الحركات في النبات على أساس آخر وهي:

1. الحركة التأثيريةParatonic movements

2. الحركة التلقائية Autonomic movements(وصفي، 1995)

1. أنواع الحركة عند النبات:

1.1.الحركة التأثيرية:

وهي الحركة التي تتم نتيجة مؤثر محدد وعادة تكون حركة عضو أو جزء النبات في إتجاه هذا المؤثر أو عكسه ومنها نوعين رئيسين هما الحركة الحرة والحركة الإنتحائية أو تكون غير متأثرة بإتجاه المؤثر ومنها نوع رئيسي هو nastci.

1.1.1. الحركة الحرة:

يحدث هذا النوع من الحركة في النباتات الدنيئة أو الأولية مثل الطحالب وحيدة الخلية ويحدث أيضا في بعض الفطريات وفي النباتات الحزازية والسرخسية حيث تكون جاميطات متحركة تسبح في الماء أو في قطرات من الماء وفي جميع الحالات السابقة فإن الوحدات المتحركة يكون لها أسواط ولابد من وجود الماء الحر في صورة بحار أو أنهار أو قنوات أوفي صورة قطرات من مياه الري أو الندى أو الأمطار و ذلك بفضل تسمية ذلك بالجاميطات أو الجراثيم السابحة.

2.1.1. الحركة الإنتحائية:

وفيها يتحرك أعضاء النبات بالنمو البطيء أو السريع نحو المؤثر الخارجي أو بعيدا عنه فإذا كان إتجاه النمو نحو المؤثر الخارجي سميت الحركة إنتحاء موجب وإذا كان بعيد عنه سميت إنتحاء سالب ومن أمثلة الانتحاء ما يلي (جميع أنواع الإنتحاء حركات نمو) الإنتحاء الأرضي والإنتحاء الضوئي .

3.1.1. الحركة التأثيرية اللاإنتحائية:

وهي عبارة عن حركة تأثيرية نتيجة لمؤثر وليس لها علاقة بالإتجاه ناحية المؤثر ولذلك فإنها تختلف عن الإنتحاء إختلاف جوهري حيث أن الحركة في الإنتحاء تكون عادة في إتجاه أو عكس إتجاه المؤثر. قد تكون الحركة نتيجة للنمو أو نتيجة ضغط الإنتفاخ .

2.1. الحركة التلقائية:

وهي الحركة التي تتم ذاتيا بالنبات دون فعل مؤثر خارجي واضح وهي حالات عديدة منها الدوران أثناء النمو وذلك أثناء نمو السيقان إلى أعلى يأخذ الجزء القمى منه حركة دائرية أي أن الجزء الطرفي لا ينمو رأسيا وتحدث هذه الحالة أيضا للجذور والسيقان المداداة وأعناق الأزهار. الحركة الفصلية وهي حركة تحدث مرة واحدة في عمر العضو أو الجزء النباتي مثل حركة المياسم أو الأقلام أو الأسدية لإتمام عملية الإلقاح. حركة كبر أو صغر الزاوية وهي الزاوية المحصورة بين عنق الورقة والساق. حيث أن الأوراق وتبعا لنوع النبات وعمره تكون في الوضع hyponasty (السطح السفلي للعنق محدب) أو epinasty (السطح العلوي للعنق محدب). (وصفي، 1995)

3.1. حركات النمو:

هي التغيرات في وضع الأعضاء نتيجة زيادة حجم الخلايا وزيادة أعدادها وإنحنائها ويحدث الإنحناء نتيجة زيادة عدد وحجم الخلايا الغير متساوي في الأجزاء التي يحدث لها النمو والإنحناء.

4.1. حركات الإمتلاء:

وهي التي تنتج نتيجة للتغيرات والتغيرات العكسية في إمتلاء الخلايا بالماء وعادة تكون الأعضاء المتأثرة بتلك الحركات الإمتلائية ذات خلايا رقيقة الجدار تسمى أعضاء الحركة أو الوسائد مثل حركة النوم للنبات ميموزا بوديكا و كذلك فتح وغلق الثغور وحركة الأوراق الناتجة عن ذبول والشفاء منه ، وعادت تحدث حركات الإمتلاء التي تؤدي إلي إلتفاف الأوراق من وجود خلايا كبيرة في الحجم تسمى الخلايا البالونية توجد على سطح العلوي للورقة عند قاعدتي أخدودين في محاذاة العرق الوسطى . فعندما يكون الإمتلاء كبيرا تكون الأوراق منبسطة وعندما ينخفض ضغط الإمتلاء ترتخي جدر تلك الخلايا البالونية فتنطبق الورقة (كما في نبات حشيشة الرمال) وعندما تعيد الخلايا المرتخية إمتلائها تنبسط الورقة مرة أخرى وتستغرق الأوراق مابين 8-20 دقيقة لإعادة إمتلائها وبالتالي إنبساطها .

5.1. حركات التميؤ:

وهي الحركة التي تحدث في الأنسجة الغير حية من النبات نتيجة تميؤ أو جفاف جذر الخلية وهي التي تسبب إنشقاق القرنيات وتفتح الثمار العلبية والحركات السريعة للحوافظ الجرثومية الناضجة في السراخس . (حشمت، 2008)

6.1. الحركة الهيجروسكوبية:

تحدث هذه الحركة في الأجزاء الميتة للنبات نتيجة لتشرب الماء وتسمى hydrocasy أو نتيجة لفقد الماء وتسمى xerocasy ومن أمثلة ذلك حركة الأسنان البيريستومية peristome في علبة الحزازيات القائمة ومثال ذلك الفيوناريا (وصفي، 1995)

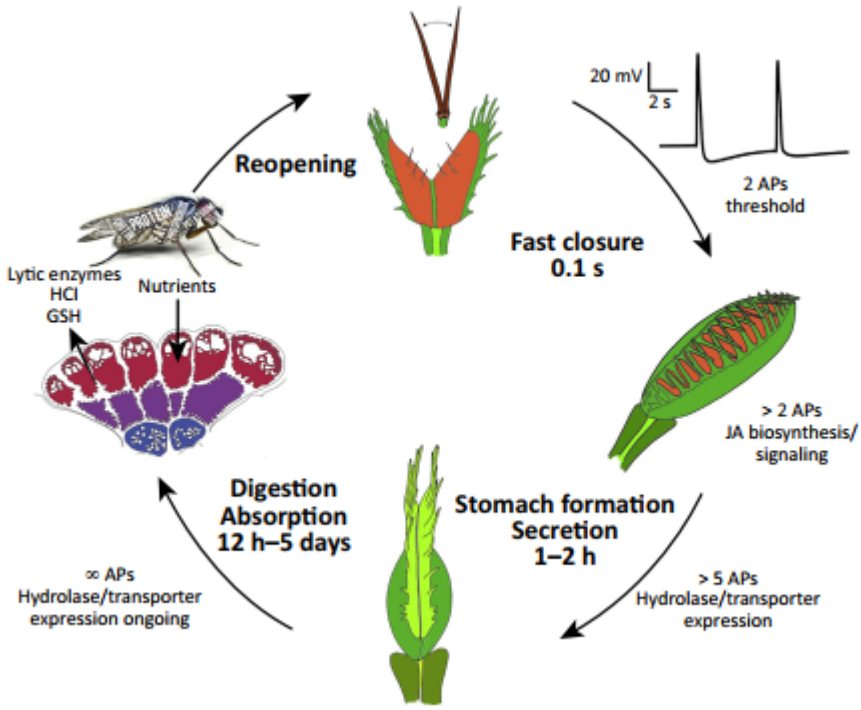
2. أمثلة الحركة عند بعض النباتات:

1.2. الحركة في النباتات آكلة الحشرات:

وهي الحركات التي تستخدمها النباتات آكلة الحشرات في إقتناص الحشرات . (حشمت، 2008)

فعندما تتبادر إلى أذهاننا النباتات ذات الحركة السريعة نذكر النباتات آكلة اللحوم. حيث تسجن هذه المصائد النشطة المزعومة فرائسها من خلال حركة سريعة للورقة كلها أو جزء منها ، ففي فينوس صائدة الذباب (*Dionaea muscipula*) والأجناس الأخرى الأقل شهرة .على سبيل المثال (*Utricularia*). يُعتقد أن الحركة السريعة تحدث عندما تتلامس مع الفريسة، مما يؤدي إلى توليد تيار كهربائي صغير يؤدي إلى إغلاق المصيدة، عادة ما يكون إغراء الحشرة ببعض الرحيق الحلو. في حالة ورقة فينوس صائدة الذباب يتم ربط نصفي النصل على جانب واحد كما هو الحال في الكتاب المفتوح، حيث يتم إنتاج الرحيق على السطح

الداخلي للورقة. وعندما تتجول الحشرة على طول هذا السطح الداخلي لتجمع الرحيق فإنها قد تلامس شعيرات الزناد والتي يوجد منها حوالي إثنين إلى أربعة على السطح الداخلي لكل نصف ورقة. لإغلاق المصيدة إما أن يتم لمس شعر الزناد الفردي مرتين أو يجب لمس شعري زناد مختلفين بالتتابع خلال فترة زمنية ليست قصيرة جدًا (<0.75 ثانية) ولا طويلة جدًا (< 20 ثانية) " .عندما يتم لمس شعيرات الزناد خلال الفترة الزمنية المناسبةيتم إغلاق المصيدة . وإن كان في البداية ليس تمامًا، حيث تبقى فتحات صغيرة بين النصفين على الأرجح للسماح للحشرات الأصغر بالهروب من المصيدة. عندما تحصل على فريسة غير مناسبة، تفتح المصيدة وتنتظر الفريسة الأكبر. ولكن إذا كانت الحشرة غير قادرة على الهروب من خلال الفتحات الصغيرة وتستمر بالكفاح ، تغلق المصيدة بشكل كامل. بعد ذلك، تُفرز الإنزيمات بواسطة خلايا غدد خاصة ويتم هضم الحشرة خلال فترة تتراوح من أسبوع إلى أسبوعين حسب حجم الفريسة ، ويتم امتصاص مغذياتها بواسطة الورقة. يمكن لأوراق مصيدة الذباب فينوس إعادة إستعمالها عدة مرات في إلتقاط الحشرات. و دورة صيد فينوس صائدة الذباب الموضحة في الشكل (15). (Feldmen , 2009)



الشكل (15) : دورة صيد فينوس صائدة الذباب (*Dionaea muscipula*)
(Hedrich & Neher ,2018)

IV. اللمس :

من الإكتشافات الحديثة المتعلقة بفكرة وجود عقل أو وعي لدى النباتات. كشف بحث نُشر بعنوان " فسيولوجيا النبات"(Physiology Plant) في منتصف العام الماضي عن أن النباتات يمكنها أن تشعر حين يتم لمسها ولا يتوقف الأمر عند ذلك فحسب، إذ أوضح البحث أنها تستجيب للمس أيضًا وبطرق مختلفة وفقًا لطبيعة اللمسة!

ويوضح ذلك أوليفر فان أكن -الباحث بجامعة أستراليا الغربية-: "على الرغم من أن النباتات لا تشتكي حين يتم قطف زهرة منها أو الدهس عليها والمرور خلالها في أثناء التنزُّه، إلا أنها واعية بشكل كامل لتلك الملامسات وتستجيب بشكل لحظي". (السنباطي، 2017)

فالنباتات تتأثر باللمس وتختلف درجة الحساسية تبعا لنوع النبات فقد تكون الحاسة عالية في النبات صائد الحشرات حيث تصبح الأوراق بمثابة الفخاخ أو قد يكون التويج في الزهرة هو الفخ وفي حالة ملامسة الأمطار وهجمات الرياح المتكررة للأشجار نجد أن جانبيها غير متماثلين نتيجة تعرضهما للمس الهواء أو الماء فيؤدي التلامس إلي تمدد الساق وتضخم قطره ويصبح أكثر صلابة في الجزء المعرض للمس.

ويمثل رد الفعل عند التلامس إنبعاث موجات كهربائية عبر الغشاء الخلوي وتدفق أيونات داخلية وخارجية لتعديل سيولة نفاذية الغشاء على غرار بعض ما يحدث في الخلايا العصبية في الإنسان ،فيزيد دخول أيونات الكالسيوم لداخل الخلايا وتنشيط بعض الجينات فقد وجد خمسة جينات تتأثر وتنشط عند تعرض النبات للريح أو للبرد أو الإجهاد البيئي أو الإصابة المرضية أو الحشرية.

تسبب الظلمة أيضا إغلاقا للوريقات كما في نبات الحميض ونبات المستحية وكذلك بعض الأزهار كزهرة شب الليل التي تتفتح قبل المغيب وبعده وقد يشعر النبات بالدفء ولو لدرجة واحدة فتتفرج بتلاته كما في التيوليب أما الزعفران فيتأثر بإرتفاع درجة الحرارة أو دفء الجو وبدرجة قليلة للغاية تصل إلى0.2 درجة مئوية للغرض نفسه وقد وجد أن النباتات المتحملة للحرارة العالية تنتج بروتينات خاصة تسمى بروتينات الصدمة الحرارية لتحميها من التأثيرات السامة للحرارة العالية. (حشمت، 2008)

V . التواصل عند النبات:

1. تعريف التواصل:

الإتصال هو عملية يتم من خلالها تبادل المعلومات بين جهاز إشارة وجهاز إستقبال من خلال نظام مشترك للإشارات(Baluška & Ninkovic ,2010)

الإتصال هو سمه موجودة في كل مكان في الحياة يحدث على كل مستوى تنظيمي من إتصال عضيات الخلية داخل الخلايا إلى التواصل بين الكائنات الحية من نفس الأنواع أو من أنواع مختلفة . يوضح إنتشار الإتصال دوره الرئيسي في تنظيم الحياة على الرغم من وجوده في كل مكان في حياتنا اليومية ، فقد أثبت أن التعريف البيولوجي للتواصل صعب بشكل مدهش .في معناه العامية ينظر إلى الإتصال على أنه نقل للمعلومات من المرسل إلي المتلقي حيث يستخدم المتلقي لاحقا هذه المعلومات عند إتخاذها لقرار بشأن كيفية الرد هذا هو التعريف الذي يلتزم به معظم علماء البيئة السلوكية. (Heinrich & Ruxton,2011)

2. وسائل التواصل:

1.2. الإشارات:

تستخدم كلمتي "التحفيز" و "الإشارة" بالتبادل، لكننا نفضل أن يكون مفهوم الحافز هو ما ينبعث، والإشارة هي التي يتم إدراكها. وفقاً لذلك، تنبعث المحفزات من كلا الكيانات غير البيولوجية على سبيل المثال

(الضوء والحرارة والبرودة والماء..الخ) وكذلك الكيانات البيولوجية مثل العواشب الكبيرة والحشرات..الخ. من أجل أن يثير الحافز إستجابة وبمجرد إدراك الحافز يصبح إشارة، يمكنها بعد ذلك توليد منبه جديد(ثاني)،والذي بمجرد إدراكه يصبح إشارة ثانية (رسول ثان) فيبدأ مسار تحويل الإشارة.

كل من المحفزات والإشارات هي أشكال من نقل المعلومات، وكما هو مقترح سابقاً، فإننا نتصور الحافز كحزمة من المعلومات المنبعثة (إما عن طريق عوامل غير حيوية أو حيوية)، في حين أن الإشارة هي حزمة من المعلومات كما يراها الكائن الحي.

قد تأتي المنبهات الخارجية للخلية من البيئة، بما في ذلك من العوامل غير البيولوجية والبيولوجية أو من خلية مجاورة، ويمكن أن تنتقل الإشارات المتولدة في تلك الخلية إلى خلايا أخرى. حيث إكتشف العلماء أن النباتات ترى المنبهات داخل بيئتها وتحولها إلى إشارات كهروكيميائية داخلية. تسمح هذه الإشارات المتصورة والمرسلة بإجراء تعديلات سريعة على وظائف الأعضاء مما يساعد النباتات على التكيف مع التغيرات في بيئتها. (Stankovic & Davies,2018)

1.1.2. الإشارات الكيميائية والكهربائية:

نظراً لأن النباتات هي أشكال حية لا يمكنها التعبير عن حالتها (الإجهاد والمتطلبات) كحيوانات، فقد تمت دراستها للعثور على إشارات كيميائية أو فيزيائية يمكن أن تساعد في فهم متطلبات النبات لعدة أغراض مثل المواد وإنتاج الغذاء. (Garcia-Servin et al., 2021)

تم وصف الإشارات الكهربائية لأول مرة منذ أكثر من 200عام في كل من النباتات (Berthelon,1783) والحيوانات (Galvani ,1791) وأصبحت مجالاً مهماً للدراسة في النباتات منذ أكثر من 140 عاما (Darwin ,1875) ؛(Burdon-Sanderson ,1873) وبالتالي فهي بعيدة كل البعد عن أن تكون ظاهرة جديدة. اشتملت معظم الأعمال السابقة (Darwin ,1875)؛(Burdon-Sanderson ,1873) على نباتات الآكلة للحشرات مثل النبات الحساس (ميموزا بوديكا) فهم لديهم إستجابات سريعة جداً وملفتة للنظر للمس وكانت الكائنات الحية المفضلة للدراسة لأكثر من قرن. حتى حوالي عام1880بدا أنه كان هناك قبول عام للإشارات الكهربائية على أنها شائعة بين النباتات والحيوانات. في الواقع كانت الآلية الوحيدة المعروفة للإتصال بين الخلايا في أي نظام حي ومع ذلك بعد وقت قصير من عمله على الإشارات الكهربائية إفترض داروين (1875) وجود إشارات كيميائية في النباتات ، وبالتالي تم التعرف على النباتات على أنها تحتوي على إشارات كهربائية وكيميائية في حين أن الحيوانات لديها إشارات كهربائية فقط. بعد ذلك ومع إكتشاف الهرمونات الحيوانية وظهور مجال الغدد الصماء في مطلع القرن العشرين كان من المقبول أن يكون لكل من الحيوانات والنبات كلا النوعين من الإشارات (Davies ,2006)

1.1.1.2.الإشارات الكيميائيّة:

تنسيق النمو والتطور في النباتات كما هو الحال في جميع الممالك العضوية الأخرى بدل من إستخدامه وسائل ميكانيكية بحته فهو اليوم من منظور مختلفً يستخدم الجزئيات الكيميائية كوسيلة في عمليات الإتصال والتي تعمل كإشارات، ومواد مراسلة، وناقلات للمعلومات، ووسيط ذاكرة إما في صورة صلبة أو

سائلة أو غازية. ويكون الإتصال الكيميائي إما بهجرة الحويصلات أو إتصال خلوي عبر الوصلات البلازمية. (Witzany, 2006)

- **الهرمونات :**

تفتقر النباتات إلي جهاز عصبي مركزي لكنها تمتلك مجموعة من المواد الكيميائية تعمل كإشارات تسمى الهرمونات النباتية أو منظمات نمو النبات .

الهرمونات النباتية عبارة عن جزيئات صغيرة و متحركة سواء على مسافات قصيرة أو طويلة، يمكن تصنيع هذه الهرمونات في أكثر من مكان في النبات و قد تنتج الخلايا جميع الهرمونات، لكن بعضها ينتج بكميات كبيرة والبعض الآخر تقريبًا كميات غير قابلة للكشف . العديد من أنواع الخلايا النباتية تستجيب لكل فئة من فئات الهرمونات ويمكن لبعض الهرمونات أن تحدث وظائف في نفس الخلايا أو الأنسجة التي يتم تصنيعها فيها. و قد يكون للهرمون الواحد وظائف عديدة .(Atwell et al., 2018)

الجدول (2): أنواع الهرمونات وأهم أدوارها كإشارة.

الهرمون	الدور كإشارة	المرجع
الأوكسين	- زيادة معدل الإنقسام الخلوي - إستطالة وإتساع الخلايا - الإنتحاء الأرضي والضوئي - زيادة معدل إمتصاص الماء - زيادة معدل التنفس	(حشمت، 2008)
الجبريلين	- كسر كمون البذرة - تنشيط نمو البراعم الساكنة - تنشيط إنقسام وإستطالة الخلايا - التأثير على الإزهار والإثمار	
السيتوكين	- منع الشيخوخة - إتساع الخلايا - إنقسام الخلايا - عملية التخليق الشكلي morphogensis	
حامض الآبسيسيك	- تساقط الأوراق والأزهار - تحكم في غلق الثغور - إعاقة الأوراق أثناء النمو	

غاز الإيثيلين	- تشجيع نمو الجذور والشعيرات الجذرية -تشجيع الإزهار - نضج الثمار	
حمض جاسمونيك	- إستجابة للإجهاد - النمو و التطور	(Busch & Benfey,2010)
حمض السلسيليك	-الإستجابة الدفاعية ضد مسببات الأمراض	
براسينوليد	النمو و التطور	

- **الكالسيوم:**

الكالسيوم (Ca^{2+})هو جزي يشارك بشكل كبير في شبكة متطورة جداً من مسارات الإشارة في النبات. يلعب دوراً مهماً كعنصر هيكلي لجدران وأغشية الخلايا النباتية بالإضافة إلى رسول ثاني داخل الخلايا. (Ghosh et al.,2022)

كما يدخل كإشارة ثانوية في العديد من عمليات الإستشعار ذات الصلة بشتى أنواع الإجهاد، أو عمليات نمو وتطور النبات، والتي تشتمل على تغيير مستويات الكالسيوم في الخلايا. كما يلعب دور وسيطاً في إستجابة الخلايا للهرمونات النباتية، مثل إستطالة الخلايا ويساهم أيضا في العمليات الدفاعية ضد الكائنات الممرضة. (أبو جاد الله ، 2010)

- **البيبتيدات :**

تستخدم جميع الممالك حقيقية النواة البيبتيدات كإشارات بين الخلايا في النباتات، تم إكتشاف العديد من عائلات البيبتيدات ذات الأدوار البيولوجية المتنوعة على سبيل المثال،يتوسط systemins فيSolanacea الإستجابة للضغوط اللاإحيائية والحيوية . تقوم عائلات البيبتيد المتعددة بتنسيق سلوك الخلية أثناء التطور (Katsir et al.,2011)

- **أنواع الأوكسجين التفاعلية(ROS) وأنواع النيتروجين التفاعلية (RNS):**

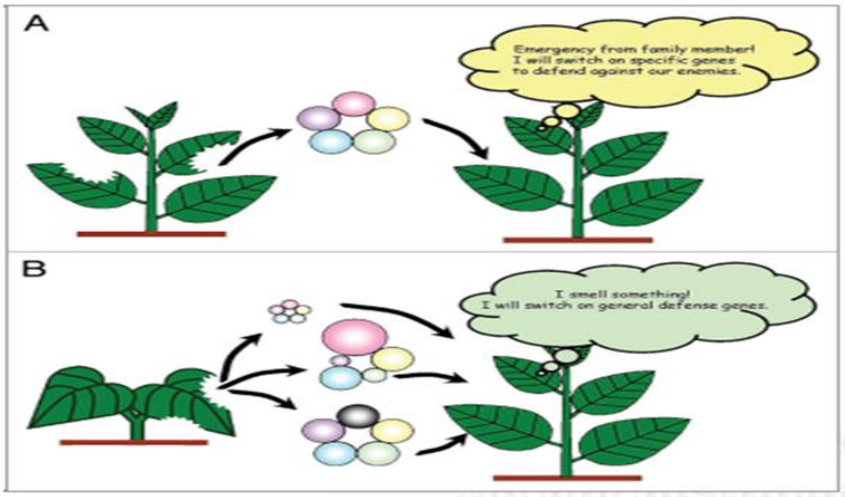
تمتلك جميع النباتات أنظمة لإنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية، ولكن لديها آليات مختلفة لموازنتها أو تفسيرها على أنها إشارات. تعمل ROSو RNS بشكل آمن كجزيئات إشارات تسهل مجموعة متنوعة من العمليات في الخلايا والتي تشمل تنظيم المسار الأيضي والتأقلم مع الإجهاد اللاإحيائي والعمليات الفسيولوجية، والاستجابات الدفاعية ضد مختلف الآفات ومسببات الأمراض، وتنسيق النبات للاستجابة للعديد من المحفزات البيئية.(Mandal et al.,2022)

- **مركبات الإستقلاب الثانوي:**

مركبات الإستقلاب الثانوي هي عبارة عن مركبات كيميائية تعمل كجزيئات إشارة، حيث يوجد أكثر من 100.000نوع مادة مختلفة . تلعب المستقبلات الثانوية دور هام في التكييف في البيئة والتغلب على ظروف الإجهاد. كما لها دور مهم في الدفاع ضد العواشب و الآفات ومسببات الأمراض. (باي و حويذق،2021)

- **المركبات الطيارة (VOC's) :**

تتعرض النباتات لعوامل إجهاد مختلفة مثل المرض ،الإصابة ، الحيوانات العاشبة ، الحرارة و البرودة الشديدة ... الخ والتي تستوجب تعديل لحالتها الفيزيولوجية إما إستجابة لهذه التهديدات أو من أجل بقائهم . ولتحقيق ذلك التكيف طورت النباتات نظام إتصال لنقل المعلومات فيما بينها متمثل في المركبات العضوية المتطايرة.حيث تنبعث المركبات المتطايرة من النباتات المصابة بنسبة وتركيز محدد للمكونات، وعند تلقي رسالة المركبات العضوية المتطايرة تستجيب النباتات المجاورة عن طريق إحداث آلية دفاع معينة. على سبيل المثال ، قد يقوم النبات بإعداد مستقلبات ثانوية محددة للدفاع ضد الحيوانات العاشبة. حيث توفر إشارات الخطر التي تنبعث من النبات من نفس العائلة تحذيرًا من وجود عدو خاص بنوع معين في مكان قريب. وبالمقابل فإن النباتات التي تتلقى رسالة المركبات العضوية المتطايرة من عائلات أخرى قد تستدعي إستجابة دفاعية عامة لمنع الضرر الذي تسببه الحيوانات العاشبة الذين يهاجمون أنواعا مختلفة . من خلال مشاركة معلومات المركبات العضوية المتطايرة المشتركة عبر المملكة النباتية، تستجيب النباتات عن طريق منع هجوم مجموعة واسعة من الحيوانات العاشبة. (Hirokazu et al., 2012)



الشكل (16) : إنبعاث المركبات الطيارة A : من نبات مصاب إلى نبات أخر من نفس العائلة B : من نبات مصاب إلى نبات من عائلة أخرى (Hirokazu et al.,2012)

2.1.1.2. الإشارات الكهربائية:

إكتشف Burdon-Sanderson النشاط الكهربائي الناتج من التحفيز في النباتات لأول مرة عام 1873، تعرف الإشارة الكهربائية على أنها إشارة فيزيائية في الكائنات الحية قادرة على نقل الإشارة بسرعة أكبر عبر مسافات طويلة عند تشبيده بالإشارات الكيميائية مثل (الهرمونات). (Xiaofei et al., 2008)

حيث تنتقل بسرعة المعلومات الناتجة عن التحفيز إلى الأعضاء الأخرى وحتى النبات بأكمله لتعزيز الإستجابة المقابلة وإطلاق سلسلة تنظيمية. (Li et al., 2021)

ومن خلال النظر في الإثارة الكهربائية للنباتات، تمكن تقسيم الإشارات الكهربائية في النباتات إلى ثلاثة أنواع: الجهد الكهربائي المحلي (LEP) وإمكانات العمل (AP) وإمكانات التباين (VP). (LEP) هو إستجابة دون عتبة ناتجة عن تغير في العوامل البيئية (مثل التربة والمياه والخصوبة والضوء ودرجة حرارة الهواء والرطوبة). يتم إنتاجه محلياً فقط ولا يتم نقله إلى أجزاء أخرى من النبات. أما(AP) فيتم تحفيزه بواسطة محفزات غير ضارة مثل (المحفزات الباردة) ويقوم بنقل المعلومات بسرعة عبر مسافات طويلة . و (VP) يتم تحفيزه عن طريق المنبهات الضارة مثل (الحرق والقطع) يتميز بإنتشاره بعيدا عن موقع المحفز .(Xiaofei et al.,2008)

- **الأوكسين كناقل عصبي:**

توجد بنى نباتية تتصرف مثل نقاط الإشتباك العصبي أو المشابك Synapses ، إلى جانب جزيئات تتصرف مثل الناقلات العصبية النشطة في المنطقة المشبيكية وذلك عن طريق الحويصلات بالقرب من المشبك. (باي و حويذق، 2021).

حيث تستخدم النباتات هذه النواقل العصبية كالأوكسين والنواقل الشبيهة به مثل (الهيستامين - غلوتامات) في التواصل بين الخلايا والخلايا العصبية المشبكية.

تم الكشف عن الاوكسين كإشارة خارج الخلية عند المشابك النباتية، من أجل التفاعل مع الضوء والجاذبية. في سياق آخر، يعمل الأوكسين كمادة مرسلة خارج الخلية لإرسال إشارات كهربائية وظيفتها العمل كإشارة لتزامن إنقسام الخلايا، على النقيض من ذلك تعمل الأوكسينات كإشارات داخل الخلايا في تكوين الأعضاء وتطور الخلايا والتمايز وأيضا في عملية التكوين العضوي للجذور. على سبيل المثال يمكن الأوكسين الخلايا من تحديد موقعها وهويتها. (Karban, 2015)

3. مستويات التواصل:

1.3. التواصل بين الخلايا:

تختلف الاتصالات قصيرة المسافة إختلافًا كبيرًا عن الإتصالات بعيدة المدى. كقاعدة عامة ، كلاهما يكمل بعضهما البعض. يختلف الإتصال بين الخلايا في منطقة الجذر (التربة) عن ذلك الموجود في منطقة الجذع فوق سطح الأرض.

ترتبط الخلايا النباتية بواسطة قنوات إتصال plasmodesmata ، حيث تتيح هذه القنوات تدفق الجزئيات الصغيرة كذلك الأيونات و المستقلبات و الهرمونات كما تسمح بالتبادل الإنتقائي للجزئيات الكبيرة مثل البروتينات وRNA. (Witzany, 2006)

2.3. التواصل داخل الخلايا :

يحدث الإتصال داخل الخلايا في النباتات ، خاصة بين مركز الخلية (النواة) ومحيط الخلية .حيث تقوم الخلية بتحويل ونقل الرسائل الخارجية إلى رسائل داخلية تمارس تأثيرًا مباشرًا (جينيًا) على DNA وتطلق العمليات الجينية (الترجمة والنسخ) ، هذا يؤدي إلى إنتاج جزيئات الإشارة التي تولد سلوك إستجابة. (Witzany, 2006)

غالبا ما تستخدم النباتات مستقبلات سطح الخلية لإستشعار المنبهات وتحفيز الإستجابات داخل الخلايا .الرسول الأول هم جزيئات الإشارة التي تصل إلى الخلية من الوسط الخارجي وترتبط بمستقبلات محددة . الرسول الثاني هم المواد التي تدخل السيتوبلازم أو موجودة بالفعل في السيتوبلازم وتعمل داخل الخلية لتحفيز الاستجابة. (Stankovic & Davies ,2018)

ومن أهم العمليات التي تظهر التواصل داخل الخلية هي: تنظيم النسخ وعملية تصنيع البروتين وظاهرة الموت الخلوي المبرمج. (باي و حويذق، 2021)

3.3. تواصل نبات مع نباتات أخرى:

أظهرت الأبحاث أن النباتات يمكنها التمييز بين الأضرار التي تسببها الحشرات والإصابات الميكانيكية. تنبعث من النباتات المصابة ميكانيكياً مواد تتجاهلها النباتات المجاورة، بينما تفاعلت جميعها على الفور مع

الإصابة بالآفات. يمكن للنباتات التمييز بين الذات وغير الذات. وهكذا، تبدأ الأنشطة الدفاعية ضد الجذور الأجنبية. تتطلب منطقة الجذر شروط أساسية معينة من أجل بقاء وإزدهار النباتات وذلك بتكاتف الشركاء المتكافلين جنبا إلي جنب وعندما تهدد جذور النباتات الأخرى هذه المتطلبات الأساسية، يتم إنتاج مواد وإطلاقها في منطقة الجذر لكي تعيق هذا التقدم.

تم أيضًا نشر مثل هذه الأنشطة الدفاعية كمواد مضادة للميكروبات ضد البكتيريا في منطقة الجذر.

4.3. تواصل نبات مع كائن غير نباتي:

تعد التفاعلات بوساطة الإشارات مع الكائنات الحية التي تنتمي إلى الأنواع الأخرى والعائلات والممالك العضوية حيوية للنباتات ، ويتم تنسيقها وتنظيمها بالتوازي. إنها دائمًا تكافلية أو طفيلية وتتراوح من المنفعة المتبادلة إلى السلوكيات الضارة. وهناك العديد من أشكال التواصل التي تجمع كلا الكائنين أهمها:

1.4.3. تنسيق الدفاع ضد الآفات والإصابات:

تستخدم النباتات مواد كيمائية كإستراتيجيات للدفاع المنسق، حيث تنبعث من الأوراق دائمًا مواد متطايرة بجرعات صغيرة، ولكنها تنبعث منها كميات أكبر عندما تصيبها الحشرات الطفيلية. هذا يسمح لهم بمهاجمة الطفيليات إما بشكل مباشر عن طريق إنتاج مواد تردعهم، أو بشكل غير مباشر عن طريق جذب الحشرات الأخرى التي تعد أعداء طبيعيين للطفيليات. تنظر النباتات المجاورة إلى هذه المواد المتطايرة، مما يسمح لها ببدء إستجابات دفاعية وقائية.

2.4.3. تنسيق التواصل والتكافل:

على النقيض من تنسيق الدفاع بواسطة الإشارة، فإن تنسيق التواصل للتكافل مختلف تماما. يتوفر عدد محدود من المواد الكيميائية المرسلة للصيانة وإجراء الإتصال في وقت واحد بين الخلايا الجذرية مع ثلاثة أنواع مختلفة، الخلايا الجذرية والكائنات الحية الدقيقة، الخلايا الجذرية والفطريات والخلايا الجذرية والحشرات.

- تتطلب عملية الإتصال في منطقة الجذر كفاءة عالية من أجل أن تكون تفاعلية بنجاح على جميع المستويات ولتمييز الجزيئا ت المرسلة الحيوية عن الجزيئات التي ليست جزًءا من الرسائل الحيوية.

3.4.3. التعايش الحيوي:

تستخدم النباتات نقاط الإشتباك العصبي الخاصة بها لإجراء أنشطة تشبه الخلايا العصبية وإقامة علاقات تكافلية مع البكتيريا. يتم إنشاء علاقات منفعة متبادلة مماثلة مع الفطريات الجذرية. هناك نوع خاص من المشابك النباتية يسمح للنباتات بالإستجابة لهجمات مسببات الأمراض والطفيليات بالإضافة إلى إقامة تفاعلات تكافلية مستقرة مع بكتيريا. (Witzany, 2006)

الفصل الثالث :

آليات الدفاع و الإستغاثة عند النباتات

I .الوسائل الدفاعية في النبات :

كما أن النبات عرضة للإصابة بالأمراض فإن الله تعالى قد منحه أيضا قدرة على الدفاع عن نفسه ضد هذا المرض أو ذاك بدرجة معينة تعتمد على تركيبه الوراثي . تعمل النباتات المقاومة على منع أو الحد من تقدم الممرض إما بوسائل تركيبية أي ترجع إلى الشكل الظاهري أو التركيب التشريحي أو بوسائل كيميائية أي بجود مواد معينة تثبط الممرض . قد تكون أي من الوسائل التركيبية أو الكيميائية موجودة بالفعل فى النبات بصرف النظر عن مهاجمه ممرض من عدمه ، أو قد تنشا أي من هذه الوسائل إستجابة لمهاجمة النبات بواسطة الممرض.

1. الوسائل الدفاعية الموجودة سلفا في النبات (غير مكتسبة) :

وهي وسائل مقاومة موجودة بالفعل في النبات سواء هوجم بواسطة ممرض أم لم يهاجم ،و هي من المقاومات غير المختصة بممرض محدد ويرتبط بعضها بمقاومة النباتات الكبيرة.

1.1. الوسائل الدفاعية التركيبية :

1.1.1. سمك طبقة الكيوتيكل Struture of epidermal cell walls :

طبقة الكيوتيكل هي الطبقة التي تعلو بشرة النبات وتعمل على حمايتها من المؤثرات الخارجية الضارة بما في ذلك مهاجمة الممرضات . تتركب تلك الطبقه من كيوتيكل وهو عبارة عن كحولات طويلة السلسلة ذات روابط جانبية وشموع وهي إسترات لكحولات طويلة السلسلة . وهي مواد معقدة يصعب تحليليها بواسطة الفطريات التي تحدث الإصابة بإختراق خلايا النبات وتتميز النباتات المقاومة بأن تلك الطبقة تكون أكثر سمكا عن مثيلتها في النباتات القابلة للإصابة.

2.1.1. وجود طبقة شمعية Surface waxes :

الشموع مواد معقده تعطي سطح الورقة مظهرا لامعا ، تتميز بعض النباتات بوجود طبقة كثيفة من تلك الشموع أعلى طبقة الكيوتيكل مما يجعلها أكثر قدرة على مقاومة الأمراض لصعوبة تحليلها بواسطة الفطريات التي تحدث الإصابة بإختراق خلايا النبات كما أن الشموع كارهة للماء وعلى ذلك فإن قطرات الماء بما يمكن أن تحمله من خلايا بكتيريا وجراثيم وفطريات لا تستقر على سطح تلك الأوراق مما يقلل من فرصة حدوث الإصابة.

3.1.1. سمك الجدار الخارجي لخلايا البشرة Fhick cell walls :

تتميز بعض النباتات بأن الجدار الخارجي لخلايا البشرة يكون أكثر تغلظا من مثيله لنباتات أخرى تتبع نفس النوع النباتي. يتكون ذلك التغلظ من مواد يصعب تحليلها بواسطة الممرضات وعلى ذلك فإن تلك النباتات تكون على درجة من المقاومة للفطريات التي تحدث الإصابة في عائلها بالإختراق. (Web/site: 3)

4.1.1. وجود طبقة كثيفة من الشعيرات Leaf haris :

لوحظ وجود طبقه كثيفة من الشعيرات مصاحبة لمقاومة نباتات البطاطس لمرض اللفحة وربما كانت طبقة الشعيرات تعوق عملية إستقرار العدوى على سطح البشرة و إعاقة عملية الإلتصاق و إرسال الممصات.

5.1.1. صغر حجم الثغور و العديسات Size of stomata and lenticels:

تحدث الإصابة بالفطريات الإجبارية التطفل كفطريات الأصداء و البياض الزغبى من خلال الثغور، كما أن الإصابة بالأمراض البكتيرية تحدث أيضا من خلال الثغور و العديسات . ترجع مقاومة بعض النباتات فى مثل تلك الممرضات إلى تركيب فتحة الثغر و صغر حجمها و كذا إلى صغر حجم العديسات بحيث لا تسمح بدخول هيفا العدوى في حالة الفطريات ، كما أنها تمنع دخول قطرات الماء العالق بها خلايا البكتيريا . كما وجد أيضا أن أصنافا من القمح تكون مقاومة للأصداء لتأخر إنفتاح الثغور فى الصباح مما تؤدى إلى جفاف الندى قبل إنفتاح الثغور و إحباط عملية العدوى.

2.1. الوسائل الدفاعية البيوكيميائية :

1.2.1. مثبطات يفرزها النبات خارجيا Inhibitors releaed by the plants:

تفرز النباتات بوجه عام سواء من خلال مجموعها الجذري أو مجموعها الخضري مواد معينة تتضمن بعض السكريات و الأحماض الأمينية و الأحماض العضوية و كذا مواد مثبطة للممرضات ، تنتشر المواد المفرزة من المجموع الجذري في التربة الملتصقة لجذور النبات وتنتشر المواد المفرزة من المجموع الخضري في قطرات الماء التي قد تتواجد عليه. قد ترجع مقاومة النبات للممرضات إلى زيادة محتوى تلك الإفرازات من المواد المثبطة للممرض . (Web/site: 3)

2.2.1. المثبطات الموجودة في الخلايا Inhibitors withen the plant :

يطلق عليها Phytoanticipins و هي مواد ذات وزن جزيئي منخفض مثبطة للممرضات.. ينتمي تركيب أغلب تلك المواد إلى الفينولات phenols و التانينات tannins و يزداد تركيزها في أماكن مهاجمة الممرض كالعديسات و الثغور و البشرة . من أمثلة ذلك إحتواء الأوراق الحرشفية للبصل المقاوم للعفن على تركيزات أعلى من مواد Catuchol و Protoctechuic acid و ينتمي بعض تلك المواد في بعض النباتات إلى السابونينات Saponine مثال ذلك مجموعة مواد Avenacins الموجودة في نباتات الشوفان و تكسبها مقاومة للفطر *Gaeumannomyces graminis var. triti* ولكنها لا تمنحها مقاومة للفطر *G. graminis var. avenae* لقدرة الأخير على إنتاج إنزيم Avenacinase الذي يحلل تلك المواد.

3.2.1. غياب مواد ضرورية lack of essential nutrients :

يفشل الممرض أحيانا عن مهاجمة عائل مقاوم و يكون ذلك راجع إلى نقص مادة ضرورية لحدوث الإصابة أو لنموه فيعجز عن التقدم في النبات . فقد وجد أن أصنافا من القطن لا تصاب بالفطر

Rhizoctonia solani لعدم تكوينة لتراكيب العدوى Infectioncushion في غياب مواد معينة تشجع على تكوينها .

2. وسائل دفاعية تنشأ عند مهاجمة ممرض :

هي وسائل مقاومة تستحث عند مهاجمة ممرض للنبات وهي ترتبط بجينات مقاومة متخصصة .

1.2. وسائل تركيبية :

1.1.2. تكوين طبقة الفلين Formation of Cork Layers :

قد ترجع مقاومة النسيج النباتي إلى Yستجابته السريعة بتكوين طبقة من خلايا فلينية تحد النسيج الذي حدث به غزو بواسطة الممرض عن الأنسجة السليمة .يتم ذلك بتحول صف من الخلايا إلى الخلايا البراشيمية إلى خلايا كامبيوم فلينى، تنقسم تلك الخلايا لتكوين عدة صفوف من الفلين . تتميز طبقة الفلين بأنها لا تمرر الغازات والسوائل كم أنها يصعب تحليلها بواسطة الكائنات الدقيقة ، بذلك فإن الممرض لا يتمكن من التقدم إلي الأنسجة السليمة. من الأمثلة على تكوين طبقة فلين ، إستجابة قلف الأشجار و الأصناف المقاومة لدرنات البطاطا على تكوينه عند مهاجمتها ممرض أو حدوث جرح . كما يمكن أن تتكون طبقات فلين على قلف الأشجار إستجابة لمهاجمة ممرض ويتكون أيضا نطاق من الفلين في الأوراق لإيقاف تقدم ممرض مسبب لتبقع الأوراق.

2.1.2. تكوين طبقة الانفصال Formation of Abscission layer :

تكون خلايا الإنفصال في الأنسجة النشطة الحديثة كوسيلة لمقاومة الإصابة بتبقع الأوراق ، إذ أنه بمجرد تكون بقع وفي مرحلة لا يتعدى عندها قطر البقعة مليمترين أو ثلاثة فإنها تحاط بنطاق يتكون من صفين من الخلايا تذوب المادة البكتينية الرابطة بين هذين الصفين من الخلايا فتنفصل البقعة المصابة بالممرض وتسقط تاركة مكانها ثقبا وبذلك لا يتقدم الممرض إلي الأنسجة السليمة . من أمثلة ذلك مرض تثقب أوراق الحلويات.

3.1.2. ترسيب الصموغ Deposition of gums :

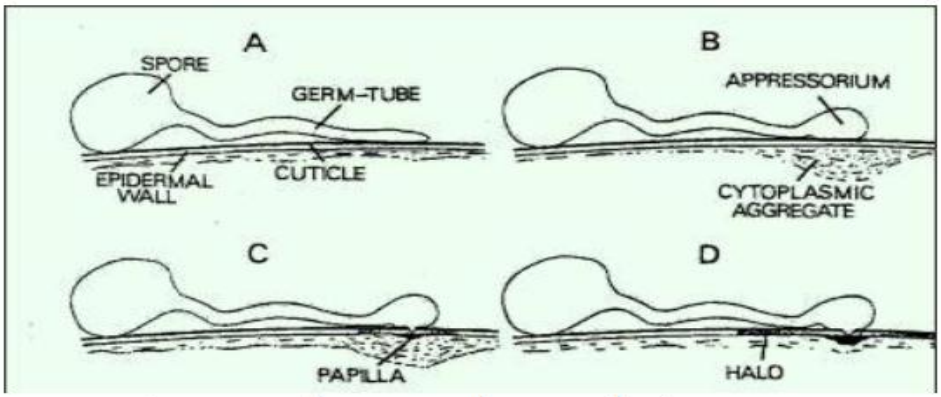
الصموغ مواد كربوهيدراتية معقدة يصعب تحليلها بواسطة الفطريات و البكتيريا ، على ذلك فإن مقاومة النبات قد ترجع إلى سرعة إستجابته بتكوين الصموغ وترسيبها في الفراغات بين الخلوية وداخل الخلايا لكي تحد أو تمنع تقدم الممرض من النسيج الذي حدثت به الإصابة إلى الأنسجة السليمة . من الأمثلة على مرض تصمغ أشجار الموالح ، و تجدر الإشارة إلى أن الصموغ يمكن أن تتكون دون أن تكون مرئية عن تكونها في الفراغات بين الخلوية للأوراق لمقاومة الإصابة بممرض مسبب لتبقع الأوراق. (Web/site:3)

4.1.2. إزدياد سمك الجدار الخارجي لخلايا البشرة Thickening of the cell wall :

تستجيب بعض النباتات المقاومة لغزو الفطريات التي تحدث إصابة الإختراق بأن يزداد سمك الجدار الخارجي للبشرة بمجرد أن تبدأ فيها العدوى في التقدم من الكيوتيكل إلى البشرة . تحدث الزيادة في السمك نتيجة لحدوث ترسيبات من مواد يصعب تحليلها بواسطة الفطريات كاللجنين ، بذلك فإن ذلك الجدار المغلظ يحد من تقدم الممرض أو يمنع تقدمه .

5.1.2. تكوين حليمات Papillae formation :

الحليمات هي إمتدادات للجدار الخلوي تقوم بتغليف و محاصرة فيها الفطر الغازي للخلايا ، و هي تتكون من الكالوس و اللجنين و يصعب تحليلها بواسطة الفطريات . قد توقف الحليمات من تقدم الفطر تماما إذا كان النبات على درجة عالية من المقاومة و قد ينجح في المرور إلا أن الهيفا التي تمر من الحليمة تكون ضعيفة و بالتالي يكون تأثير الممرض على العائل بدرجة أقل . يبدأ تكوين الحليمة بزيادة تكاثف السيتوبلازم في مكان حدوث الإختراق بهيفا الفطر ثم تتكون طبقة أكثر سمكا في الجدار تعرف بالهالة Hallo أو القرص Disc و من ثم تمتد تلك الطبقة مع إستطالة الهيفا كما هي موضحة في الشكل (17).



الشكل (17) : مراحل تكون الحليمة (Web/site: 3)

6.1.2. تكوين حويصلات تيلوزية Formation of tyloses :

الحويصلات التيلوزية هي إمتدادات لخلايا برانشيما الخشب من خلال النقر إلى داخل الأوعية . عند تكون حويصلا تيلوزية في أحد أوعية الخشب فإنها تعمل على سد هذا الوعاء ، وعلى ذلك فإن النبات المقاوم يسارع بتكوين حويصلات تيلوزية في أوعية الخشب التي أصيبت بأحد ممرضات الذبول الوعائي في محاولة لإيقاف تقدم الممرض . تكون الحويصلات التيلوزية فعالة في الحد من تقدم الممرض إلى الأجزاء العليا من وعاء الخشب ، إلا أنها في حد ذاتها تكون سببا في سد هذا الوعاء و بالتالي قد تسهم في إحداث الذبول . (Web/site: 3)

7.1.2. تجمع السيتوبلازم Cytoplasmic Aggregation :

تستجيب بعض النباتات لغزو الممرض بزيادة كثافة السيتوبلازم في الخلايا التي يغزوها الممرض و بدرجة خاصة في موقع حدوث الإختراق بواسطة الهيفا الغازية أو الممص . يترتب على ذلك عرقلة تقدم الفطر وتشوه الهيفا أو الممص .

8.1.2. إستجابة فرط الحساسية Hypersenstive Response :

هي أعلى درجات المقاومة في النبات و تعبر عن رد الفعل الراجع إلى وجود جينات متخصصة Specific genes تجاه ممرض إجباري التطفل . يكون رد الفعل هو موت الخلية وبالتالي إحباط عملية تقدم الممرض، إذ يلزمه وجود خلايا حية . وتتم خطوات موت الخلية على النحو التالي :

- تتجه النواة إلى مكان غزو الممرض.
- يحدث تجمع للسيتوبلازم في مكان الغزو مع ظهور مواد داكنة اللون .
- تزداد كثافة المواد الداكنة تدريجيا حتى تملأ الخلية .
- تموت الخلية و قد يمتد التأثير جزئيا إلى الخلايا المجاورة .

قد يحدث تفاعل فرط الحساسية أحيانا بفعل بعض الممرضات التي تقتل النسيج Necrotro .

2.2. وسائل بيوكيميائية :

1.2.2. زيادة مستوى المواد المثبطة Increased Levels of Inhibitors :

يؤدى إستفزاز الممرض للنبات عند حدوث الغزو إلى أن ينتج النبات مواد جديدة لم تكن موجودة في النبات السليم أو إلى زيادة تركيز مواد كانت موجودة قبل العدوى، تعمل هذه المواد على إيقاف تقدم الممرض أو تحد من تقدمه . قد تكون تلك المواد المنتجة مثبطة لنمو الممرضات كالفينولات و نواتج أكسدة الفينولات إلى مواد أكثر سمية ، و يعزى ظهور اللون البنى المحمر أو الداكن أو المسود ، الذي يظهر في منطقة غزو الممرض إلى انطلاق مواد فينولية و أكسدة فينولات . تنطلق المواد الفينولية من مواد فينولية غير سامة موجودة بخلايا النبات وعلى سبيل المثال ينتج عن تحلل رابطة الأمين في أحماض أمينية فينولية مثل فنيل ألانين و تيروزين ، نتيجة لزيادة في نشاط إنزيمات التحليل Tyrosine ammonia lyase , Phenylalanine ammonia lyase إنطلاق فينولات سامة.

2.2.2. إنتاج فيتو الكسينات Phytoalexins Poduction of :

مواد ذات وزن جزيئي منخفض مضادة لنمو الكائنات الحية الدقيقة ، تخلق و تتراكم في أنسجة نباتية تعرضت لمهاجمة ممرض و هي تتميز بالآتي :

- مواد متخصصة تنتج بتحفيز ممرض محدد أو ممرضات محددة للعائل .
- تتراكم بسرعة أكبر في النباتات المقاومة .
- توثر فقط على الممرض أو الممرضات إلى تحفز تكوينها.
- تتكون موضعيا في مكان حدوث التحفيز.
- بعضها يمكن تحفيز تكوينه بفعل عوامل طبيعية أو كيماوية .

3.2.2. تثبيط إنزيمات الممرض inhibition :

عند مهاجمة النبات بأحد الفطريات غير الإجبارية التطفل أو بأحد أنواع البكتيريا فإن الممرض يستعين على إحداث العدوى بإنتاج إنزيمات محللة لجدر خلايا النبات . قد تكون المقاومة في النبات راجعة إلى قدرته على تكوين مواد تكون قريبة الشبه بمادة التفاعل لأحد إنزيمات الممرض بحيث يكون لها القدرة على الإرتباط بالمركز النشط لإنزيم فتفقد وحدات الإنزيم قدرتها على الإرتباط بمادة التفاعل الفعلية و بالتالي تفقد فعاليتها. (Web/site: 3)

4.2.2. نزع سمية توكسينات الممرض Detoxification of Pathogen Toxins :

إن التوكسينات أحد أسلحة الممرض في مهاجمة عائل. ترجع مقاومة بعض النباتات أو الأصناف إلى قدرتها على نزع سمية التوكسين و ذلك بإحداث تغيير في التركيب الكيماوي لتلك التوكسينات وتحويلها إلى صورة غير سامة . و قد وجد أن تراكيب وراثية من الذرة الشامية ترجع مقاومتها لفطر

Cochliobolus Carbonum إلى قدرتها على تثبيط التوكسين المختص HC-toxin كذلك ترجع مقاومة بعض أصناف الطماطم لمرض الذبول الفيوزاريومى إلى قدرتها على نزع سمية التوكسين غير المختص Fusaric acid بتحوله إلى N-methyl fusaric acid .

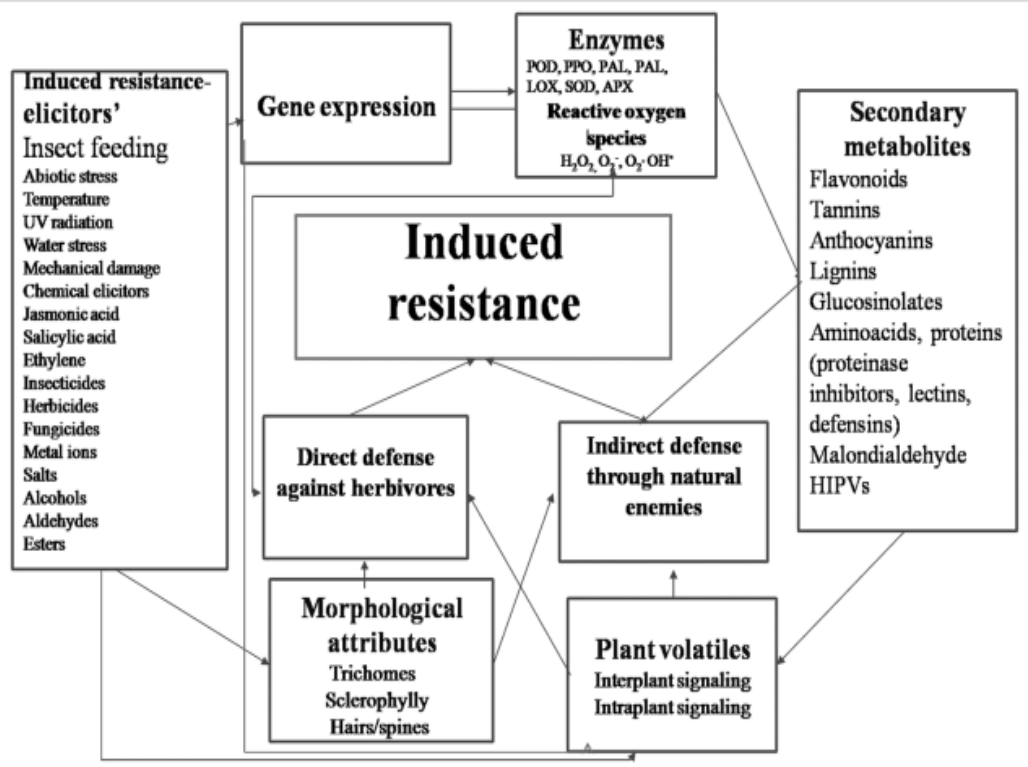
5.2.2. الحث علي زيادة نشاط الإنزيمات Induced Synthesis of Enzymes :

يصاحب المقاومة في النبات زيادة واضحة في نشاط إنزيمات Phenylalanine ammonia lyase , ، Tyrosine ammonia lyase كما ذكرنا لتنطلق فينولات . إضافة إلى ذلك يزداد نشاط إنزيمات الأكسدة وخاصة Peroxidase و Polyphenoloxidase وعادة ما يكون النشاط أكبر ما يمكن في المراحل الأولى من عملية غزو الممرض ، كما يكون النشاط أعلى ما يمكن في منطقة الغزو و يقل كلما إبتعدنا عنها . تجدر الإشارة إلى أن إنطلاق الفينولات يتتبعه ترسيب اللجنين ، إذ أنه يتكون نتيجة لتكاثف عدد كبير من وحدات اللجنين ، ويتطلب تكوينه نشاط إنزيم Peroxidase . و كذلك ينتج النبات عند غزو الفطريات إنزيمات محللة لجدار خلايا الفطريات *Glucanase* , *Chitinase* لتحليل مقدمة الهيفا الغازية و بالتالي إحباط العدوى. (Web/site: 3)

3. الوسائل الدفاعية ضد الحشرات آكلة الأعشاب :

تعيش النباتات و الحشرات معا منذ أكثر من 350 مليون سنة في التطور المشترك، طور كلاهما إستراتيجيات لتجنب أنظمة الدفاع لبعضهما البعض . أدى سباق التسلح التطوري هذا بين النباتات و الحشرات إلى تطوير نظام الدفاع في النباتات لديه القدرة على التعرف على الجزيئات غير الذاتية أو الإشارات من الخلايا التالفة مثلها مثل الحيوانات . تستجيب النباتات للحيوانات العاشبة من خلال آليات مورفولوجية و كيميائية حيوية و جزيئية مختلفة لمواجهة هجوم الحيوانات العاشبة واسعة النطاق و ديناميكية للغاية و تتوسطها دفاعات مباشرة و غير مباشرة موضحة في الشكل (18) . يتم إنتاج المركبات الدفاعية إما بشكل أساسي أو إستجابة لتلف النبات و تؤثر على تغذية و نمو و بقاء العواشب. بالإضافة إلى ذلك، تطلق النباتات أيضا مركبات عضوية متطايرة تجذب الأعداء الطبيعيين للحيوانات العاشبة. تعمل هذه الإستراتيجيات إما بشكل مستقل أو بالإشتراك مع بعضهما البعض. تؤدي التغيرات في المكونات الدفاعية للنبات بسبب هجوم الحشرات إلى عدم قدرة الحشرات العاشبة بالتنبؤ بسلوكيات الدفاعية للنبات مما يؤثر

بدوره على سلوك العواشب و إذا حدثت الإستجابة المستحثة في وقت مبكر جدا فهي ذات فائدة كبيرة للنبات، و تقلل من هجوم العواشب و مسببات الأمراض اللاحقة ، إلى جانب تحسين النبات. النباتات ذات التنوع العالي في المواد الكيميائية الدفاعية تظهر دفاعا أفضل مقارنة بالنباتات ذات التنوع المعتدل. (War et al., 2012)



الشكل(18) : مخطط للوسائل الدفاعية المباشرة والغير مباشرة ضد الحشرات العاشبة. (War et al., 2012)

1.3. الدفاع المباشر:

هو دفاع رادع لآكل العشب وتشمل كل خصائص النبات التي تحد من الهجوم وترفع من القيمة الإنتخابية أو الإنتقائية للنبتة (بولعسل ، 2021)

- حيث تشكل السمات الهيكلية للنبات مثل الشمع ، سطح الاوراق ،الأشواك وسمك جدار الخلية أول حاجز مادي للدفاع ضد العواشب . كما تنتج المواد الكيميائية السامة مثل القلويدات ، الأنثوسيانين ، الفينولات و التربينويدات التي تعتبر حاجز دفاع ثاني تؤدي إلي قتل أو تأخير نمو العواشب، علاوة على ذلك فإن التأثير التآزري بين المكونات الدفاعية المختلفة يعزز النظام الدفاعي للنباتات ضد الغزاة العواشب .

- على سبيل المثال في الطماطم تؤدي الإنزيمات بشكل منفصل لتقليل التأثير فإنها تؤثر على الحشرة أثناء البلع والهضم ولكنها عندما تعمل بطريقة تآزرية مع (الفينولات ،القلويدات ،التربينويدات) ولهذا يوجد نوعان من الوسائل الدفاعية الهياكل المورفولوجية والوسائل الكيميائية. (War et al., 2012)

1.1.3. الهياكل المورفولوجية :

الهياكل النباتية هي خط الدفاع الأول ضد الحيوانات العاشبة وتلعب دورا مهما في التصدي للحشرات ،يكون هذا الخط الدفاعي بإقامة حواجز مادية إما من خلال تكوين البشرة الشمعية أو الأشواك أو التريشومات حيث تشمل الدفاعات الهيكلية الصفات المورفولوجية والتشريحية التي تمنح ميزة اللياقة للنبات عن طريق الردع المباشر للحيوانات العاشبة لمنعها من تناول النبات وتتراوح من نتوءات بارزة على النبات إلى التغيرات المجهرية في سمك جدار الخلية نتيجة اللجنين .تلعب الصفات الهيكلية دورا رائدا في وقاية النبات ضد العواشب عن طريق الحد من إستساغة الأنسجة وهضمها وبالتالي تقليل الأضرار.(War et al., 2012)

في بعض الأحيان الدفاعات المورفولوجية يمكن أن تكون محثة بفعل الهجوم وتظهر على الأعضاء الجديدة مثل الأشواك والأكثر طولا على الأغصان الفتية أو الشعيرات الكثيفة على الأوراق حديثة التكوين هذه الآلية تسمح بإستثمار الطاقة وذلك بتوجيهها للنمو والتكاثر عند غياب الخطر. (بولعسل، 2020)

1.1.1.3. الأشواك :

الشوكة هي أي ملحق حاد مدبب يخرج من النباتات لأغراض دفاعية كما هي موضحة في الشكل (19)، من الناحية النباتية يمكن تسميتها أيضا بالعمود الفقري تأتي هذه الزوائد الحادة في أشكال متنوعة(مدببة .معقوفة) وأطوال وألوان مختلفة. (Hlusko ,2022)

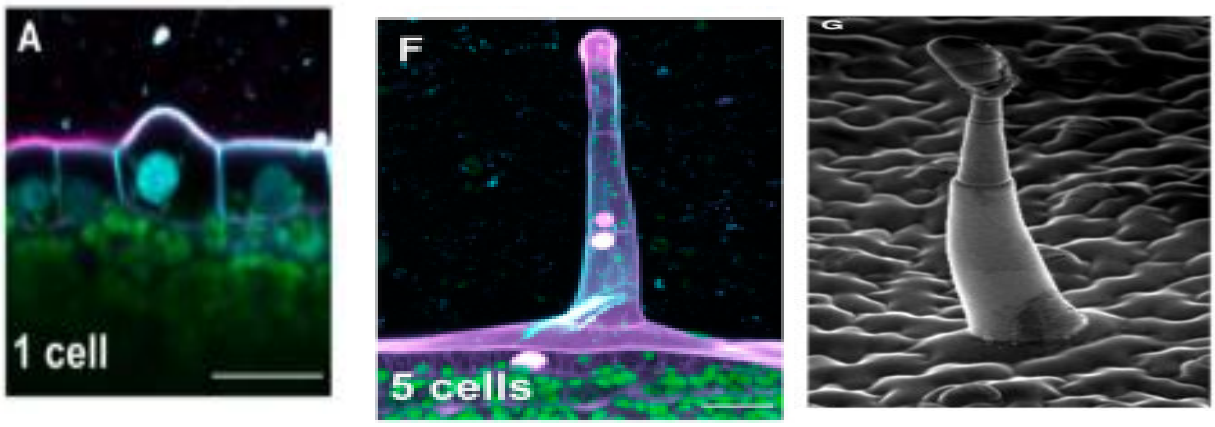
- الأشواك هي من الدفاعات المضادة للحيوانات العاشبة التي طورتها النباتات ، وهي دفاع ميكانيكي شائع ضد العواشب في آلاف الأنواع النباتية خاصة في المناطق القاحلة .تم العثور عليها مؤخرا على أنها عادة ما تكون موضعية (تلوين تحذيري) على سبيل المثال تغطي النباتات الشائكة العديد من المناطق في منطقة البحر الأبيض المتوسط التي عانت من الرعي الطويل والثقيل ، العديد من هذه النباتات الشائكة موضعية أي أن عدم إستساغة هذه النباتات يرتبط بأنواع مختلفة من التلوين الواضح .في الآونة الأخيرة تم إقتراح أن هذا التلوين يردع الحيوانات العاشبة .

- إن الحشرات العاشبة الكبيرة يمكنها تمييز الألوان قد تبدو الأشواك أو أجزاء النباتات الأخرى مختلفة عن الأنسجة الخضراء العادية بسب تلونها وتشبعها وسطوعها . إن النباتات الشائكة عادة ما تكون ملونة موضعية مثل الصبار لها أشواك ملونة بألوان حمراء أو برتقالية أو صفراء أو سوداء أو بنية قد تردع الحيوانات العاشبة ومع ذلك يبدو أن الدفاع الجسدي ضد الحيوانات العاشبة الذي تنفذه هذه الهياكل الحادة ليس سوى غيض ليتبين أن الأشواك في العديد من الأنواع النباتية المختلفة تحتوى عادة على مجموعة من البكتريا الهوائية و اللاهوائية المسببة للأمراض بما في ذلك *Costriduim Perfingens* العامل المسبب للغرغرينا الغازية التي تهدد الحياة. (Halpern et al.,2007)

الشكل (19) : الأشواك عند النباتات. (Hlusko ,2022)

: Trichomes .2.1.1.3

جميع النتوءات من البشرة تسمى Trichomes (Hallahan & Gray,2000) و هي عبارة عن زوائد خارجية تغطي جميع الأنسجة النباتات الهوائية و يوجد في عدد كبير جدا من الأنواع النباتية، و يتكون من هياكل أحادية الخلايا أو متعددة الخلايا. تنقسم هذه الهياكل إلى فئتين عامتين : يمكن أن تكون غدية أو غير غدية، إعتمادا على شكلها و قدرتها على الإفراز كما هو موضح في الشكل (20) . يمكن العثور على Trichomes الغدية في حوالي 30% من جميع أنواع النباتات الوعائية, و في نوع نباتي واحد، يمكن ملاحظة عدة أنواع من Trichomes (غدية و غير غدية). (Huchelmann ,2017)



الشكل (20) : صور مجهرية لتريشوم **A:** تريشوم أحادي الخلايا **F:** تريشوم متعدد الخلية.

G: صورة مجهرية إلكترونية ضوئية تظهر بنية الخلية النموذجية لتريشوم الغدي الطويل الناضج .

. (Huchelmann, 2017)

تلعب Trichomes الموضحة في الشكل(21) دورا ضروريا في الدفاع عن النبات ضد العديد من الآفات الحشرية و تنطوي على تأثيرات سامة ورادعة . تؤثر كثافة Trichome سلبا على سلوك التغذية اليرقية للآفات الحشرية بالإضافة إلى ذلك تؤثر التريشومات الكثيفة على النباتات العاشبة ميكانيكيا، و تتداخل مع حركة الحشرات و المفصليات الأخرى على سطح النبات مما يقلل من وصولها إلى بشرة الأوراق. تفرز Trichomes الغدية مستقلبات ثانوية بما في ذلك الفلافونويد و التربينويد و القلويدات التي يمكن أن تكون سامة أو طاردة أو مصيدة للحشرات و الكائنات الأخرى, و بالتالي تشكل مزيجا من الدفاع الهيكلي و الكيميائي. (War et al., 2012)

الشكل (21) : تريشوم عند نبات القراص *Stinging nettle* (Hlusko ,2022)

2.1.3. الوسائل الكيميائية :

طورت النباتات عدداً كبيراً من الدفاعات الكيميائية المختلفة التي تغطي تقريباً جميع فئات المستقلبات (الثانوية) التي تمثل حاجزاً رئيسياً أمام العواشب: بعضها ينتج بشكل أساسي و البعض الأخر يتم تحفيزه ا بعد الهجوم. تعمل العديد من المركبات بشكل مباشر على الحيوانات العاشبة ، بينما يعمل البعض الآخر بشكل غير مباشر من خلال جذب الكائنات الحية الأخرى. إن التنوع الهائل للمواد الكيميائية النباتية (الحيوية) التي بدورها تحمي النبات إما أن تكون سامة أو طاردة أو مضادة للتغذية للحيوانات العاشبة. (Mithofer & Boland ,2012)

1.2.1.3. مستقلبات الأيض الثانوي:

مستقلبات الأيض الثانوي هي مركبات لا تشارك بشكل كبير في نمو المباشر وتطور النبات ،لا يؤدي غيابها لموت النبات على عكس المستقلبات الأولية .(Dev et al.,2023).

تستخدم المستقلبات الثانوية المعروفة في الوقت الحاضر بإسم المركبات المتخصصة النشطة بيولوجيا لحماية النبات من الحشرات العاشبة والكائنات الممرضة، تستهدف هذه المستقلبات بشكل خاص الأنظمة البيولوجية التي تنفرد بها الحشرات العاشبة مثل الجهاز العصبي والجهاز الهضمي والغدد الصماء تنتج إما

بشكل أساسي أو عند الحث . بشكل عام قد تعمل المستقلبات كطاردة للحشرات عامة حيث تؤدي هذه المركبات السامة إلى تسمم الحشرات العاشبة (Fürstenberg-Hägg et al .,2013)

- **الفينول:**

المركبات الفينولية هي مستقلبات ثانوية ،موجودة في النباتات في البذور والأوراق واللحاء والزهور. يعرف حاليا أكثر من8000 بنية فينولية يمكن أن تتراوح من الجزئيات البسيطة ذات الوزن الجزئي المنخفض (الأحماض الفينولية) ومركبات شديدة البلمرة (العفص واللجنين).(Santosh et al., 2020)

-اللجنين(البوليمر العطري)هو مكون رئسي لجدران الخلايا وله وظائف أساسية في نمو النبات وتطوره وكذلك الدفاع ضد الغزاة يجعل الجنين الجدار صلبا ميكانيكي ويمنع إنتشار المركبات القابلة للذوبان في الماء (الإنزيمات والسموم). (Walters et al .,2014)

-يلعب اللجنين دورا مركزيا في دفاع النبات ضد الحشرات ومسببات الأمراض بزيادة صلابة الأوراق مما يقلل من تغذية العواشب ،ويقلل أيضا من المحتوى الغذائي للورقة كما أن ترسبه السريع يقلل من نمو وخصوبة العواشب. .

- أكسدة الفينولات المحفزة بواسطة POD (Peroxidas) و PPO(Polyphenol Oxydase) هي آلية دفاع محتملة في النبات ضد الحشرات العاشبة . الكينونات المتكونة من أكسدة الفينولات ترتبط تساهميا ببروتينات الأوراق وتمنع هضم البروتين في العواشب بالإضافة إلى ذلك تظهر الكينونات أيضا سمية مباشرة للحشرات و تؤثر كذلك على نموها وتطورها . تلعب الفينولات دور في التقليل من أنواع الأكسيجين التفاعلية (ROS) والذي بدوره ينشط سلسلة من التفاعلات تؤدي إلى تنشيط الإنزيمات الدفاعية. (War et al., 2012)

- **الفلافونويدات :**

تنقسم الفلافونويدات إلى فئات مختلفة flavanones ,flavonols ,flanones و يوجد أكثر من 5000 فلافونيد في النباتات. تلعب مركبات الفلافونويد دورا مركزيا في مختلف جوانب الحياة النباتية خاصة في التفاعلات بين النبات و البيئة, تدافع هذه المركبات عن النباتات ضد مختلف الضغوط الحيوية و غير الحيوية بما في ذلك الأشعة فوق البنفسجية و مسببات الأمراض و الآفات الحشرية ، مركبات الفلافونويد سامة للخلايا و تتفاعل مع الإنزيمات المختلفة. تحمي كل من مركبات flavonoids , isoflavonoids النبات من الآفات الحشرية من خلال التأثير على سلوك الحشرات و نموها و تطورها. بالإضافة إلى ذلك، تقوم مركبات الفلافونويد بكسح الجذور الحرة بما في ذلك ROS و تقلل من تكوينها. تم فحص عدد من مركبات flavones مثل : flavonols , flavanones كرادعات ضد العديد من الآفات الحشرية، كما تعمل (3-methylbutadienyl) -8- 7-methoxy , 5-hydroxyisoderricin , 5- methoxyisoronchocapin -كعوامل رادعة للتغذية ، أما العوامل الرادعة في المراحل المتأخرة من العمل نجد، flavone glycoside, isovitexin-6 –D-B-glucopyranoside.
(War et al., 2012).

- **التانينات :**

العفص هي المستقلبات الثانوية الأكثر وفرة التي تنتجها النباتات ، وتتراوح عادة من 5٪ إلى 10٪ من الوزن الجاف لأوراق الشجر. يمكن أن تدافع العفص عن الأوراق ضد آكلات الحشرات عن طريق الردع و / أو السمية.(Barbehenn & Constabel, 2011)

العفص لها تأثير ضار قوي على الحشرات التي تتغذى على النبات و تؤثر على نمو الحشرات و تطورها من خلال الإرتباط بالبروتينات، و تقليل كفاءة إمتصاص المغذيات للأجزاء النباتية المستهلكة من طرف الحيوانات العاشبة، كما يعمل العفص كرادعات لتغذية العديد من الآفات الحشرية فهي تعمل على ترسيب البروتينات غير المحددة (بما في ذلك الإنزيمات الهاضمة للحيوانات العاشبة) عن طريق الرابطة الهيدروجينية أو الرابطة التساهمية (NH) للمجموعات البروتينية .(War et al., 2012)

2.2.1.3. البروتينات الدفاعية:

يعتمد النمو الأمثل للحشرات الآكلة للأوراق على قدرتها على إكتساب الأحماض الأمينية الأساسية من البروتين الغذائي، و مع ذلك فإن المحتوى البروتيني المنخفض للأنسجة النباتية يشكل تحديا غذائيا كبيرا للحشرات النباتية (Hui et al., 2007) .يؤدي تغير التعبير الجيني تحت الضغط بما في ذلك هجوم الحشرات إلى تغييرات نوعية و كمية في البروتينات، و التي بدورها تلعب دورا مهما في نقل الإشارة و الدفاع التأكسدي .(War et al., 2012).

تنتج النباتات أيضا بروتينات دفاعية تعطل إكتساب المغذيات و جوانب أخرى من فسيولوجيا الجهاز الهضمي للحشرات، ربما تكون مثبطات البروتين (PIs) التي تضعف نشاط البروتياز الهضمي هي أفضل مثال على هذا النوع من الدفاع الوقائي. نظرا لأن PIs ليست محفزة، فإن قدرتها على إبطاء نمو الحيوانات العاشبة تعتمد على التراكم لتركيزات عالية نسبيا داخل تجويف الأمعاء. كما تستهدف البروتينات الدفاعية الأخرى بشكل مباشر المكونات الهيكلية للجهاز الهضمي للحشرات. على سبيل المثال: إنزيمات البروتياز, اللكتين. حيث يتم تصنيع العديد من البروتينات النباتية المضادة للحشرات إستجابة للجروح و هجوم الحيوانات العاشبة. (Chen et al., 2007)

الجدول (3) :أمثلة عن بروتينات دفاعية نباتية ضد الآفات الحشرية. (War et al., 2012)

بروتينات الدفاع	أنواع النباتية	أنواع الحشرات
PIs	طماطم	*Manduca sexta*
LOXs	قمح	*Sitobion avenae*
Peroxidases	أرز	*Spodoptera frugiperda*
PPOs	طماطم	*Helicoverpa armigera*
Chitinases	الذرة الرفيعة	*Schizaphis graminum*
Catalse	Bufallograssses	*Blissus oxiduus*

- **اللكتين :**

الليكتينات هي بروتينات مهمة جدًا تنتجها مجموعة متنوعة من النباتات ولها مضادات للحشرات ، هناك مجموعة متنوعة من الليكتين التي تنتجها النباتات والتي تتضمن مجالات ربط كربوهيدرات فردية ومتعددة. تم العثور على معظم الليكتينات النباتية في البذور ، ولكن تم إكتشافها أيضًا من أجزاء أخرى من النباتات مثل الأوراق والساق والجذور. أهم خصائص اللكتين هي بقائها في الجهاز الهضمي للحيوانات العاشبة مما يمنحها قدرة قوية على إبادة الحشرة و هي تعمل كمواد مضادة للتغذية و/ أو مواد سامة عن طريق الإرتباط بمجموعات الغليكوزيل الغشائية التي تبطن الجهاز الهضمي، مما يؤدي إلى مجموعة من التفاعلات الجهازية الضارة. تكون الليكتينات مستقرة على مدى واسع من PH حيث تحدث ضررا بالأغشية الطلائية اللمعية، و بالتالي تتداخل مع هضم المغذيات و إمتصاصها. يؤدي إضطراب التمثيل الغذائي للدهون و الكربوهيدرات و البروتين إلى تضخم و/ أو ضمور الأنسجة الرئيسية فينتج عنها تغيير الحالة الهرمونية و المناعة و هذا يهدد نمو الحشرات و تطورها. (War et al., 2012)

- **مثبطات البروتين :**

من بين العديد من بروتينات الدفاع يبدو أن مثبطات البروتين مهمة .توجد مثبطات البروتين على نطاق واسع في النباتات و غالبا ما توجد في أجهزة التخزين، من المعروف أنها تحفز في النباتات عن طريق الإصابات مثل ضرر الحشرات العاشبة .(Casaretto & Corcuera,1995)

تقوم بتثبيط أنواعا مختلفة من الإنزيمات و تلعب دورا مهما في الدفاع عن النبات ضد الحشرات العاشبة. ترتبط بالإنزيمات الهاضمة في أمعاء الحشرات و تمنع نشاطها، و بالتالي تقلل من هضم البروتين مما يؤدي إلى نقص الأحماض الامينية و بطء نمو و/ أو تجويع الحشرات. (War et al., 2012)

3.2.1.3. الإنزيمات :

يتم التوسط جزئيًا في دفاع النبات ضد آكلات الحشرات عن طريق الإنزيمات التي تضعف العمليات الهضمية في أمعاء الحشرات (Hui et al.,2007) . و تشمل هذه الإنزيمات التي تضعف إمتصاص الحشرات للمغذيات PODs (proxidases) و Polyphenol oxidases (PPOs) وأيضا نجد الإنزيمات المضادة للأكسدة كإنزيمات الأكسدة الشحمية Lipoxygen ases (LOXS) .
(War et al., 2012)

الجدول (4) : انواع الإنزيمات و أدوارها (War et al., 2012).

الإنزيم	تعريفه و دوره	المرجع
Peroxidas (POD)	- البروكسيدات هي الإنزيم الرئيسي للمسارات الدفاعية ذات الصلة في النباتات تلعب دور أساسيا في الإستجابة لمجموعة من الحشرات ومسببات الأمراض ويشارك أيضا في عمليات التمثيل الغذائي الأولية مثل إستقلاب الأوكسين واللجنين والسوبرين. - كما تنظم عدد من العمليات بواسطة POD التي لها دور مباشر أوغير مباشر في الدفاع عن النبات بما في ذلك اللجنين و السوبرين. - يؤدي إنتاج Phenoxy والجذور المؤكسدة الأخرى بواسطة PODs بالإشتراك مع الفينولات مباشرة إلى منع تغذية الحشرات و/ أو إنتاج السموم التي تقلل من قابلية هضم النبات، مما يؤدي بدوره إلى نقص المغذيات في الحشرات مع تأثيرات شديدة على نموها وتطورها بالإضافة إلى ذلك تظهر سمية PODs مباشرة في أحشاء العواشب.	• (Singh et al.,2013) • (War et al., 2012)
Polyphenoloxydase (PPO)	- تتوزع أوكسيديز البوليفينول (PPO) على نطاق واسع وهي إنزيمات مؤكسدة وقد عرفت آثارها على تغير اللون في الأنسجة النباتية التالفة والمريضة. - هي عبارة عن إنزيمات معدنية تحفز أكسدة Monophenols/ Diphenols إلى كينونات وهي مركبات بسيطة شديدة التفاعل تتبلمر بسهولة وتتفاعل مع السلسلة الجانبية المحبة لنيوكليوفيلي nucleophilic من الأحماض الأمنية والبروتينات المتشابكة مما يقلل من توافر هذه البروتينات ويؤثر على الجودة الغذائية للطعام .في ظل الظروف الحمضية تشكل الكينونات جذور semiquinone التي تؤدي بدورها إلى ROS . يمكن أن يعمل بالطرق التالية أ) يمكن أن تعمل الكينونات الناتجة عن PPO على ألكلة الأحماض الأمينية الأساسية مما يقلل من وجود التغذية النباتية (ب) قد تنتج ضغطا تأكسدي في تجويف الأمعاء من خلال دورة الأكسدة	• (Steffens et al.,1994) • (War et al., 2012)

	والإختزال (ج) الكينونات وال ROS التي تتنتج من أكسدة الفينول يمكن إمتصاصها ولها تأثيرات سامة على الحشرات ويمكن أن تساهم في مقاومة جدار الخلية للحشرات ومسببات الأمراض.	
Lipoxygenases (LOXS)	يعمل إنزيم (LOXS) على تحفيز. عملية hydro-peroxidation للأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة مما يؤدي إلى تكوين هيدروبيروكسيدات الأحماض الدهنية هذه الأخيرة تتحلل إنزيميا و / أو كيميائيا إلى ألدهيدات غير مستقرة وعالية التفاعل: y- ketols وepoxides وROS مثل جذور الهيدروكسيل ، والأكسجين الأحادي، هذه النواتج التفاعلية الغير مستقرة ترتبط مع البروتينات وتسبب تلف الأحماض الآمنية وهذا بدوره يؤثر على إمتصاصها . كما تعمل المنتجات النهائية لبيروكسيد الدهون أيضا كمواد طاردة للحشرات .	• (باي و حويذق ،2021)

2.3. الدفاع غير المباشر :

يشمل الدفاع غير المباشر جميع السمات التي ليس لها تأثير مباشر على العواشب المهاجمة، ولكن يمكنها جذب الأعداء الطبعيين للحشرات العاشبة وبالتالي تقليلها خسارة النبات .عندما تتعرف النباتات على المحرضين المرتبطين بالحشرات العاشبة فإنها تنتج وتطلق مزيج من المواد المتطايرة التي يمكنها جذب الحشرات المفترسة والطفيليات والأعداء الطبيعية الأخرى. بالإضافة إلى ذلك السمات الثابتة بما في ذلك زيادة الرحيق خارج الأزهار و الأجسام اللؤلؤية و دوماتيا domatia تؤدي إلى جذب الأعداء الطبيعين بالإضافة إلى توفير المأوى والطعام للحيوانات آكلة اللحوم. (Aljbory &Chen ,2016)

- يمكن أن تكون الدفاعات غير المباشرة تأسيسية أو مستحثة كنتيجة للضرر الميكانيكي من الحشرات العاشبة المهاجمة ، يؤدي إنتاج المواد المتطايرة وإفراز الرحيق الزهري إلى تفاعل النباتات مع الأعداء الطبيعيين للآفات الحشرية (الطفيليات أو المفترسات). (War et al., 2012)

1.2.3. الصفات التكوينية المحرضة في الدفاع غير المباشر للنبات:

يتم التعبير عن العديد من السمات النباتية بشكل أساسي ، ولكن يمكن أيضاً تحفيزها في ظل ظروف معينة (Aljbory & Chen ,2016) و من أمثلة هذه الصفات نجد :

1.1.2.3. الرحيق خارج الأزهار (EFN):

تنتج الأنواع النباتية في 66 عائلة على الأقل رحيقا خارج الأزهار عل أوراقها وبرعمها (Heil et al.,2001) الرحيق خارج الأزهار عبارة عن محلول مائي يحتوي على السكريات والأحماض الامينية. (Aljbory & Chen ,2016)

يحتوي أيضا على البروتينات المرتبطة بالأمراض وغيرها من الإنزيمات الواقية ، تفرز النباتات الرحيق خارج الأزهار كدفاع محرض ضد الحيوانات العاشبة (Martin ,2015) فتجذب بذلك الحيوانات المفترسة والطفيليات مثل النمل والدبابير والتي بدورها تحميها ضد آكلات الأعشاب. (Heil ,2015) غالبا ما يتم إستخدام الرحيق خارج الأزهار مع آليات دفاع أخرى ،مثلا في الفاصوليا كل من إنبعاث المواد المتطايرة وإفراز الرحيق خارج الأزهار يزداد عندما تتعرض النباتات لهجوم الخارجي .وليس واضح إذا كان الإفراز المتزايد للرحيق خارج الأزهار يكون بتنشيطه عن طريق هجوم الحيوانات العاشبة مباشرة أو كتأثير ثانوي يتم تنشيطه من خلال إنبعاث المواد المتطايرة .يمكن أن تزيد أوراق النبات التي تستقبل المواد المتطايرة المحمولة جوا من إفراز الرحيق خارج الأزهار في نفس النبات وفي النباتات المجاورة من نفس النوع. (Aljbory & Chen ,2016)

2.1.2.3. الدوماتيا Domatia :

هي هياكل صغيرة توجد على سطح السفلي للورقة في عديد من النباتات الخشبية وعادة ما تأخذ شكل تجاويف أو جيوب أو قباب ذات فتحة أو شعر وتقع في المحاور بين الأوردة الرئيسية كما يوضحه الشكل (22) .تم العثور عليها في العديد من ثنائيات الفلقة dicotyledons بما في ذلك أعضاء معينة من العائلة *Rubiaceae*. (Tilney et al.,2012)

الشكل (22) : سطح الورقة السفلي من نبات *Plectroniella armata* (Tilney et al.,2012)

تظهر الدوماتيا (السهم) العلاقة التكافلية بين الدوماتيا والعث يعترف بها عموما على أنها علاقة متبادلة ، تؤوي الدوماتيا العث ومفصليات الأرجل الصغيرة كالنمل فهي تعمل في المقام الأول كملاجئ للعث النافع

ضد الحيوانات المفترسة وبالتالي فإن وجود الدوماتيا ينتج عنه سوس أكثر فائدة على الأوراق وقد تعمل الدوماتيا على إستقرار التفاعلات بين المفترس والفرائس وبالتالي تقليل فرص تفشي العواشب.
(Romero & Benson ,2005)

تتكافل النمل مع النباتات بواسطة الدوماتيا حيث تؤوي الدوماتيا النمل و توفر له الحماية والمغذيات الزائدة كما توفر لهم الدوماتيا مساحة تعشيش ، يمكن للنمل أن يوسع من مساحة التعشيش على سبيل المثال عن طريق حفر أنسجة اللب في السيقان أو الفروع .ظهر هذا النوع من التكافل منذ ملايين السنين ومن أشهر النباتات نباتات الفصيلة البقولية *Fabaceae* التي تأوي العديد من أنواع النمل. (Mayer et al .,2014) (Chomicki et al.,2015)

2.2.3. المستخلصات المساهمة في الدفاع غير المباشر عن النبات :

1.2.2.3. دور الهرمونات النباتية في الدفاع غير المباشر :

تعمل الهرمونات النباتية كجزيئات إشارة لتنظيم نمو النبات و تطوره كما تشارك في تنظيم إستجابات النبات لمختلف الضغوط اللاحيوية و الحيوية. حيت تلعب الهرمونات النباتية دورا في تحريض دفاعات النبات عندما تتعرض النباتات للهجوم من قبل المفصليات و مسببات الأمراض في كل من الدفاعات المباشرة و الغير مباشرة . تزيد النباتات من إنتاج الهرمونات إلى المستوى اللازم لبدء سلسلة من تحويل الإشارة،الهرمونات النباتية التي تم العثور عليها والتي تلعب دورا غير مباشر في الدفاع عن النبات هي JA, SA وethylene . (Aljbory & Chen,2016)

يتم تنشيط مجموعات محددة من الجينات ذات الصلة بالدفاع عن طريق هذه المسارات عند الجرح أو عن طريق تغذية الحشرات. قد تعمل هده الهرمونات بشكل فردي أو تآزري أو معا إعتمادا على المهاجم.
(War et al., 2012)

- **الإثيلين Ethylene:**

الإثيلين هو هرمون نباتي مهم يلعب دورا نشطا في دفاع النبات ضد العديد من العواشب .يلعب مسار إشارات الإثيلين دورا مهما في دفاع النبات المستحث ضد الحشرات العاشبة ومسببات الأمراض بشكل مباشر وغير مباشر. (War et al., 2012)

بعد هجوم الحشرات العاشبة لوحظ زيادة سريعة في التخليق الحيوي ل الإثيلين .يتم إنتاج الإثيلين من Methionine من خلال النشاط الإنزيمي المتسلسل ل S-adenosylmethionine ، يتم إنتاج المستويات المرتفعة من الإثيلين إستجابة ليس فقط للحيوانات العاشبة ولكن أيضا للجرح الميكانيكي ، لكن تحريض إنتاج الإثيلين بإفرازات الحشرات عن طريق الفم تكون أكبر بكثير من ذلك الناجم عن جرح ميكانيكي فقط حيث لوحظ أن الحث السريع للإثيلين يؤدي إلى موت الحشرات في أنواع مختلفة من النباتات بما في ذلك أشجار الصنوبر والبصل ونبات الطماطم ،مما يشير إلى أن الإثيلين يلعب دورا في دفاع النبات غير مباشر .(Aljbory & Chen,2016). ومع ذلك ، هناك تقارير محدودة عن دورها في الدفاع غير المباشر من خلال إنبعاث المركبات المتطايرة ،يعمل مسار إشارات ET إما بشكل تآزري أو

متضاد مع JA في التعبير عن إستجابات دفاع النبات ضد مسببات الأمراض والحشرات العاشبة. حيث وجد أن الإصابة ب *A. alni* تسبب في إنبعاث الإيثيلين في أوراق نبات نغت دبق *Alnus glutinosa* . بالإضافة إلى إطلاق مواد مختلفة mono، sesqui و homoterpenes. (War et al., 2012)

- **حمض الجاسمونيك Jasmonic Acid :**

على الرغم من أن العديد من الهرمونات النباتية تشارك في دفاع النبات ضد العواشب فإن الجاسمونيك هو أهم هرمون نباتي مرتبط بالدفاع النباتي ضد العواشب وينشط التعبير عن كل من الدفاعات المباشرة وغيرالمباشرة ،يشتق من حمض اللينولينيك ويتراكم في أنسجة النبات عند الجرح وعند مهاجمة حشرات عاشبة. يؤدي مضغ أجزاء النبات بواسطة الحشرات إلى تكسير ثنائي أكسيد جمض اللينوليك وحمض اللينولينيك بواسطة LOXs مكونا بذلك جاسمونيك. يتم تحفيز مجموعة واسعة من الإستجابات الدفاعية بواسطة jasmonates التي تشمل إنزيمات مضادة للأكسدة وPis وVOCs وإنتاج قلويدات وتشكيل Trichomeوإفراز EFN . كما يتم تنظيم عدد كبير من الجينات المشاركة في الدفاع ضد العواشب بواسطة JA .يلعب أيضا دور مهما في الدفاع عن النبات ضد مجموعة متنوعة من الضغوط الحيوية واللاحيوية من خلال نقل الإشارات.بالإضافة إلى الدور الذي يلعبه JA في المقاومة المباشرة ضد الآفات الحشرية من خلال تحريض المركبات الدفاعية المختلفة .فقد تم أيضا تحديد دوره في المقاومة غير المباشرة.على سبيل المثال، يتم إستخدام EFNالتي تنتجها JA كغذاء بديل من قبل الأعداء الطبيعيون للآفات الحشرية، يحفز JAأيضا إنزيمات الدفاع مثل POD وPPO.

- **حمض الصفصاف Salicylic Acid :**

حمض الساليسيليك (SA) أحد مشتقات حمض البنزويك، وهو هرمون نباتي مهم يشارك في تنظيم دفاع النبات . إنه منظم نمو نباتي داخلي مهم يولد مجموعة واسعة من الإستجابات الأيضية والفسيولوجية في النباتات المشاركة في الدفاع بالإضافة إلى تأثيرها على نمو النبات وتطوره . تم إقتراح إنتاج مسار ROS بواسطة SA للحث على المقاومة في النباتات ضد الآفات الحشرية ،على سبيل المثال في نباتات الطماطم ضد *Helicoverpa armigera* يضر بنشاط الجهاز الهضمي للحشرات مما يؤدي إلى إنخفاض النمو والتطور.علاوة على ذلك ، يشير SAإلى إطلاق المواد المتطايرة للنباتات التي تجذب الأعداء الطبيعيين للآفات الحشرية ،على سبيل المثال تجذب نباتات الفاصوليا والطماطم المصابة بسوس العنكبوت الأعداء الطبيعيين لسوس العنكبوت، ومع ذلك فقد تم الإبلاغ عن أن SAوJA يعملان بشكل معاكس حيث يثبط SA نشاط JA والعكس صحيح.

2.2.2.3. المواد المتطايرة التي تسببها النباتات العاشبة (HIPV):

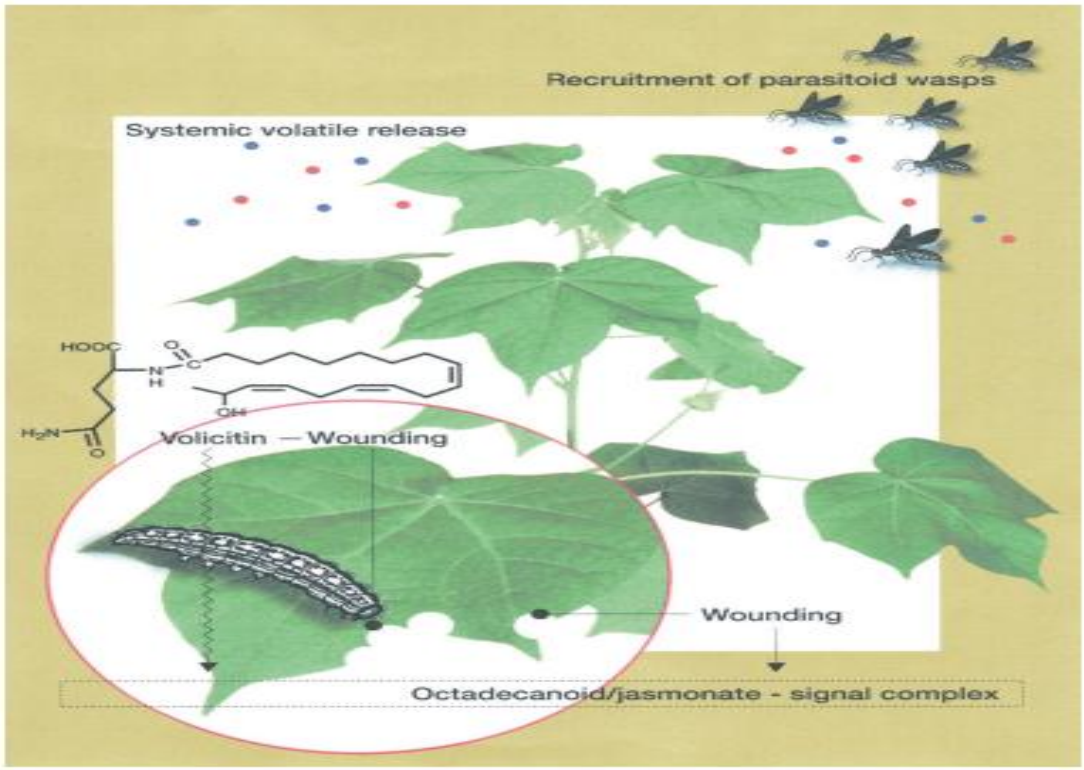
عادة ما تطلق الأوراق كميات صغيرة من المواد الكيميائية المتطايرة ولكن عندما تتلف الحشرات العاشبة النباتات ، يتم إطلاق المزيد من المواد المتطايرة والتي تختلف تركيبتها الكيميائية بإختلاف الأنواع النباتية وأنواع الحشرات العاشبة والشكل (23) يوضح ذلك . (Paré & Tumlinson ,1999) ، تتمثل الوظيفة

الرئيسية للمواد المتطايرة في جذب الأعداء الطبيعيين للحيوانات العاشبة ،وهي ظاهرة تسمى الدفاع غير المباشر. (Qi et al.,2018)

المكونان الأكثر شيوعا لهذه الخلطات المتطايرة هما التربين (sesquiterpenes, monoterpenes) والمواد المتطايرة الورقية الخضراء GLV. (Unsicker et al .,2009)

بالإضافة إلي المواد المتطايرة للنبات المنبعثة من الأجزاء الهوائية للنبات .تم العثور على أن الجذور أيضا تطلق مواد متطايرة متنوعة تحمي النباتات من الآفات الحشرية الموجودة تحت الأرض.
(War et al., 2012)

على سبيل المثال فإن جذور الذرة *Z.mays* التي تهاجمها *D.virgifera* تنتج مركبات متطايرة sesquiterpene التي تجذب الديدان الخيطية *Heterorhabditis megidis* المفترسة لهاته اليرقات.
(Fürstenberg-Hägg et al.,2013)



الشكل (23): تمثيل تخطيطي لزيادة إنتاج المركبات المتطايرة التي تطلقها النباتات إستجابة لتغذية العواشب.
(Paré & Tumlinson ,1999)

3.2.2.3. أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) :

تعتبر الحالة المؤكسدة للنباتات تكتيكا مهما يمكن النباتات من الدفاع ضد الضغوط المختلفة . يعد التوليد السريع والعابر ل ROS ظاهرة شائعة في النباتات بسبب الإجهاد التأكسدي نتيجة العوامل الحيوية وغير

الحيوية .من أمثلة أنواع الأوكسجين التفاعلية نجد جذور الهيدروكسيل (HO-) و بيروكسيد الهيدروجين(H_2O_2)، حيث بعد هجوم الحشرات تتراكم أنواع الأكسحين التفاعلية في المناطق المنعطفة إلى جانب تركيزها الرئيسي في الميتوكوندريا وغشاء البلازما .

-تراكم (ROS) في Apoplastic تعمل كحاجز أولي ضد هجوم مسببات الأمراض والحيوانات العاشبة نظر لكونها شديدة النشاط ويمكنها التفاعل و/ أو تسبب تلفا للبروتينات والدهون والأحماض النووية.

- يمكن أيضا أن تؤثر الجذور الحرة بشكل مباشر كسموم كما تعمل ROS على تحفيز سلسلة من التفاعلات التي تؤدي إلى التعبير عن الجينات الفاعلة في الدفاع .

- تتوسط في تنشيط الجين الدفاعي وإنشاء دفاعات إضافية من خلال تنظيم النسخ أو من خلال التفاعل مع مكونات الإشارة الأخرى مثل الفسفرة في أنظمة النبات إستجابة لمجموعة متنوعة من الضغوط .

- تسبب التغيرات التأكسدية في النباتات بسبب ROS بعد هجوم الحشرات ضررا تأكسديا للأمعاء الحشرية، ويرجع ذلك أساسا إلى تراكم H_2O_2 . (War et al, 2012)

4.2.2.3. إفراز الحشرات عن طريق الفم :

تخضع النباتات لتغيير ديناميكي في النسخ ، البروتينات و الأيض إستجابة للإشارات الفيزيائية و الكيميائية التي تسببها العواشب مثل إفرازات الحشرات عن طريق الفم. إن استجابات النباتات التي تسببها الحشرات تتم بواسطة الإفرازات الفموية و قئ العواشب.و تختلف الدفاعات التي يتم إنشاؤها بواسطة مختلف الإفرازات بناءا على نوع العضو و العمليات البيولوجية المعنية. (War et al., 2012)

-إتحادات الأحماض الدهنية والأحماض الأمينية (FACs) هي مكونات رئيسية في إفرازات الحشرات عن طريق الفم. تم التعرف على أول مستخرج من FAC هو (volicitin)

N-(17- hydroxylinolenoyl)-L-glutamine ، الذي تم تحديده لأول مرة في إفرازات يرقات دودة البنجر *Spodoptera exigua* ، عند تطبيقها على *Zea mays* تسببت في إنبعاث مادة elicitor التي تجذب الأعداء الطبيعيين لليرقات.

- إلى جانب FACs تشتمل الإفرازات الفموية للحشرات على inceptins وcaliferins .

inceptins عبارة عن بيبتيدات مرتبطة بثائي الكبريتيد ، والتي يتم إنتاجها من خلال هضم البروتينات النباتية في أمعاء *Spodoptera frugiperda* (دودة الجيش الخريفية). أما califerins عبارة عن أحماض دهنية كبريتية في الإفرازات الفموية ل *Shistocerca americana* و أنواع الجراد الأخرى. (Fürstenberg-Hägg et al.,2013)

5.2.2.3. دور أيونات الكالسيوم في الدفاع عن النبات :

يعمل كرسل ثانوية ضمن مسارات الإشارة التي تتحكم في المحفزات الدفاعية المستحثة بالعواشب. تنتشر الإشارات المستحثة بالحيوانات العاشبة بسرعة فوق الورقة و تؤدي إلى إزالة إستقطاب جهد الغشاء في

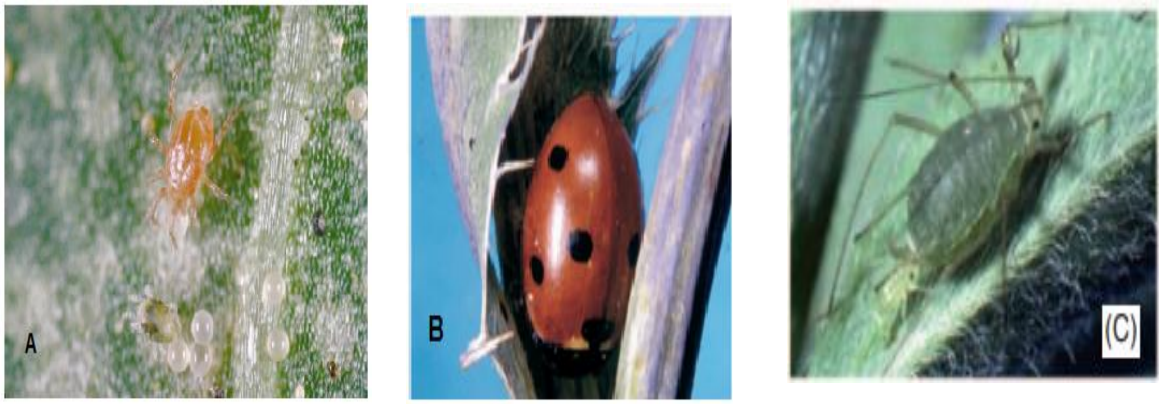
منطقة الضرر، و يتبعه فرط إستقطاب عابر في المنطقة المحيطية، و إستقطاب ثابت على مسافات أكبر من 6-7 مم. و مع ذلك عند هجوم الحشرات فإن العصارة الخلوية يلاحظ بها زيادات في الكالسيوم و التي بدورها تنشط البروتينات المستشعرة للكالسيوم مثل الكالمودولين و البروتينات المرتبطة بالكالمودولين و كينازات البروتين المعتمدة على الكالسيوم. (War et al., 2012)

- **الأعداء الطبيعيون للحيوانات العاشبة المشاركة في الدفاع غير المباشر :**

الأعداء الطبيعيون للحشرات العاشبة ينجذبون بإستخدام المواد المتطايرة النباتية كإشارات للعثور على فرائسها يمكن تقسيمها على نطاق واسع إلى فئتين : المفترسات والطفيليات (Aljbory&Chen,2016) كما هو موضح في الجدول (5):

جدول (5) : أهم عائلات المفترسات والطفيليات ضد الحشرات العاشبة. (Aljbory&Chen,2016)

	الحيوانات المفترسة	الطفيليات
عدد الأنواع	24	34
عدد العائلات	12	10
العائلات	Chrysopidae Miridae Geocoridae Anthocoridae Syrphidae Emididae Coccinellidae	Mymaridae Ptermoalidae Scelionidae Eulophidae Aphelinidae Ichneumonidae Figitidae Encyrtidae Aphidiidae
الأنواع الأكثر شيوعا	الخنافس وتشمل : *Stethorus punctum* *S,gilvifrons* *Coccinella septempunctata* *Chilocorus Kuwanae* *Aiolocaria hexaspilota* العث المفترسة وتشمل : *Phytoseiulus persimilis* *Amblyseius andersoni* *A, Filandicus* *A, californicus* *A, womerleyi*	*Lepidopterans* *Coleopterans* *Aphids* *Dipterans*



الشكل (24) : أمثلة عن بعض المفترسات و الطفيليات.

A : *Phytoseiulus persimilis* (Tjosvold & karlik ,2003) **B:** *Coccinella* (Ricci et al.,2005)

C: *Aphids*(Sorensen ,2009)

II - الإستغاثة:

لا تملك النباتات القدرة على التحرك كما تشاء وبنفس الطريقة التي تتحرك بها الحيوانات وبالتأكيد لا يمكنهم الهروب من الحيوانات العاشبة كما تفعل الفريسة للهروب من الحيوان المفترس ، ومع ذلك تمتلك النباتات ميزات تحميها إستراتيجيا من المفترس على الرغم من جذورها الراسخة في حقل .عندما يقضم أحد الحيوانات العاشبة مثل الحشرة الورقة يقوم النبات بإصدار إشارة إستغاثة كواحدة من إستراتجيات الدفاع المختلفة للنبات كان هذا بناء على ما لاحظه فريق من الباحثين برئاسة Masatsugu Toyota وفقا لذلك تجعل الورقة المصابة الأوراق البعيدة الغير التالفة تدرك أنها تؤكل. (Web/site: 4)

1. أنواع الإستغاثة :

إن سلوك الإستغاثة عند النبات لا يعني أنه هو خياره الوحيد أو أنه في حالة من الضعف بل يفعل النبات ذلك لأنه الأجدر والأكثر فعالية، فسلوك الإستغاثة في دفاع النبات ضد مهاجميه من الكائنات الأخرى بما في ذلك الحشرات العاشبة ليس بالضرورة أن يكون هو الحل الجوهري لمشكلاته بل قد يكون أسلوبا دفاعيا لأساليب أخرى أساسية لديه ، فهو بذلك يحاول التعامل مع الكائنات المهاجمة وصدها بالكيفية الأنسب وقد يتخذ النبات سلوك الإستغاثة كحل أساسي وعلى ذلك الأساس فإن للإستغاثة نوعين :

- الإستغاثة نتيجة إستقبال رسائل تحذيرية .
- الإستغاثة نتيجة إرسال رسائل إستنجادية. (باي و حويذق ،2021)

1.1. الإستغاثة نتيجة إستقبال رسائل تحذيرية :

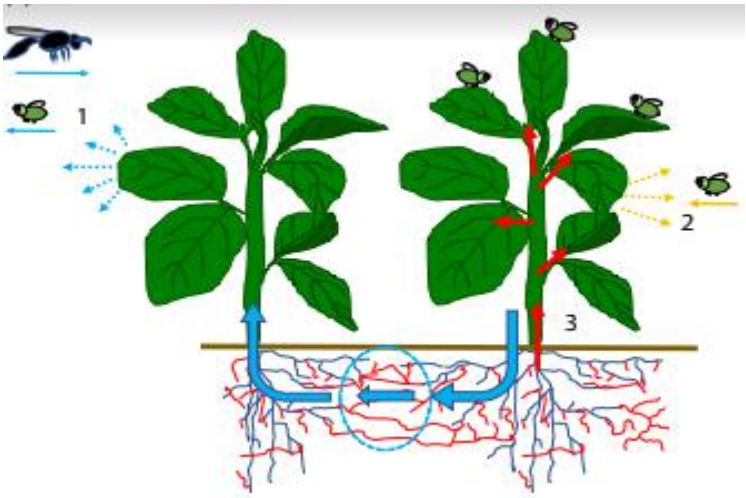
لطالما إنشغل العلماء والباحثون في فهم الآليات التنافسية للنباتات إلا أنه ومن المفاجئ وجد أن تلك الوسائل يستعملها النبات لأغراض أخرى متنافية تماما مع الأغراض السابقة حيث أنه من الممكن أن يستعمل النبات تلك الوسائل لإغاثة نبات آخر من نفس نوعه أو قد يختلف عنه وقد يكون فعل الإغاثة هذا متبادل وقد لا يكون كذلك وتبعا للوسيلة المستخدمة في إرسال الرسائل الإستغاثية فإن هناك نوعين من الإستغاثة نتيجة إستقبال الرسائل التحذيرية هما :

- الإستغاثة بإستخدام شبكة الخيوط الفطرية.
- الإستغاثة بإستخدام المركبات العضوية المتطايرة VOCs. (باي و حويذق ،2021)

1.1.1. الإستغاثة بإستخدام شبكة الخيوط الفطرية :

قد يظن بعض الناس أن التواصل يحدث بين الأشجار عند قممها العالية ولكن التواصل الحقيقي يحدث تحت الأرض عند الجذور,(يسميها بعض العلماء الشبكة الخشبية العنكبوتية) فكل الأشجار وفي كل غابة لم تتضرر كثيرا مرتبطة بشبكة فطرية تحت الأرض وهي تتشارك الماء والغذاء عبر هذه الشبكات وتستخدمها للتواصل أيضا فهي ترسل إشارات خطر فعند تعرضها للحشرات مثلا تبدل الأشجار سلوكها عند تلقيها هذه الإشارات. يسمى العلماء هذه الشبكة شبكة الفطور الجذرية فأطراف الجذور الدقيقة للأشجار مرتبطة بواسطة خيوط فطرية دقيقة تشكل أساس شبكة التواصل كما يوضحه الشكل (25) . (Web/site: 5)

وجدت دراسة أجريت جنوب الصين أن هذا النوع من التواصل ما بين الشبكة الفطرية والنباتات ، يسمح للنباتات بتنبيه بعضها البعض تجاه أي أذية محتملة (Web/site: 6) . تقوم الفطريات بتعزيز مناعة النباتات وإمدادها بالمغذيات ومساعدتها على تبادل المواد والمعلومات حيث تقوم الأشجار بترميز رسائلها في صورة إشارات كهربائية تمر عبر جذورها وتنتشر عبر الشبكة الفطرية وبهذه الطريقة تستغيث الأشجار عند تعرضها للهجوم. (Web/site: 7)



الشكل (25) : الإستغاثة بإستخدام شبكة الخيوط الفطرية. (Thirkell et al.,2017)

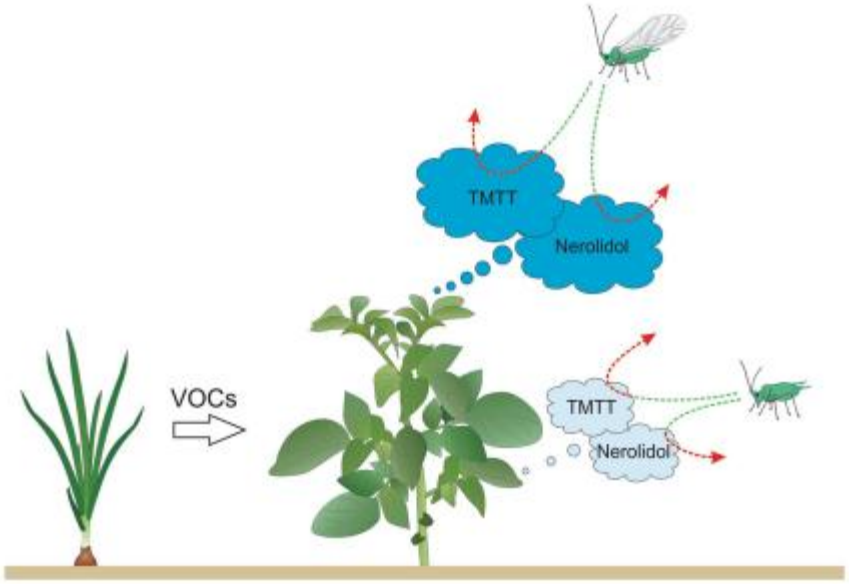
- **أمثلة عن الإستغاثة بإستخدام شبكة الخيوط الفطرية :**

في بحث متصل تبين أن نباتات الفول تستخدم الشبكة الفطرية أيضا لإلتقاط التهديدات الوشيكة لحشرات المن حيث نشطت النباتات التي لم تتعرض بعد لهجوم المن وتتصل مع أخرى معرضة و أنتجت مواد كيميائية مضادة للمن عكس تلك التي لم تكن على إتصال بهذه الشبكة. (Web/site: 6)

* تنقل شبكة الخيوط الفطرية في نبات الفول *Vicia faba* المصابة ب *Acyrthosiphon pisum* من البازلاء رسائل إستغاثة للنباتات غير المصابة مما يتسبب في إنبعاث المواد المتطايرة الوقائية في النباتات المجاورة الغير المصابة و بالتالي تجذب طفيليات مما يؤدي إلى موت حشرة المن أي أن شبكة الخيوط الفطرية تعمل كنظام إنذار مبكر ضد هجوم المن. (Zdenka et al.,2013)

2.1.1. الإستغاثة بإستخدام المركبات العضوية المتطايرة VOCs :

النباتات قادرة على إطلاق الإستغاثات وتحذير جيرانها من الأخطار القريبة من خلال إطلاق مواد كيميائية يحملها الهواء تعرف بالمركبات العضوية المتطايرة ،حيث تنبعث من النباتات مركبات عضوية متطايرة كوسيلة لتحذير النباتات الأخرى من خطر وشيك وعندما تستقبل النباتات القريبة تحذيرات المركبات العضوية المتطايرة، تعزز من قواها الدفاعية ضد الآفات القريبة الجائعة إحترازيا .هذا وقد أظهرت دراسات عديدة أن المركبات العضوية المتطايرة تعزز صحة النباتات المستقبلة لها، حيث تفقد أوراقا أقل للمفترسات بل و تطرح أخرى جديدة أكثر. (Web/site: 7)



الشكل (26) : الإستغاثة بإستخدام المركبات العضوية المتطايرة (Dahlin et al.,2014)

- **أمثلة الإستغاثة بإستخدام المركبات العضوية المتطايرة :**

جدول(6) : الإستغاثة نتيجة إستقبال رسائل تحذيرية من النبات المجاور من نفس أو مختلف النوع.

	النبات	المرجع
إستغاثة بين نباتات من نفس النوع	**القيقب السكري – القيقب السكري** ***Acer saccharum*** لوحظ تراكم الفينولات و عفص في أشجار القيقب السكري عندما تقع بالقرب من الأشجار المتضررة.	• **(Hirokazu et al.,2012)**
	الفاصوليا – الفاصوليا *Phaselus lunatus* (E)-4 ,8-dimethul-1,3,7-nonatrie(DMNT) (E)- β-ocimene. تنبعث هذه المركبات من الفاصوليا إستجابة لإصابتها بسوس العنكبوت . تعزز هذه تعبير جيني للجينات الدفاعية بما في ذلك إنزيم الأكسدة الشحمية LOX.	• **(Hirokazu et al.,2012)**
	الميرامية – التبغ البري لوحظ التعزيز القدرات الدفاعية لدى نبات التبغ البري *Nicotiana attenuata* المزروع بجوار نبات الميرامية	• **(kessler et al.,2006)**

إستغاثة بين النباتات مختلفة الأنواع	*Artemisia tridentata*المتضررة، تطلق الميرامية المتضررة العديد من المركبات النشطة بيولوجيا بما في ذلك مثيل جاسمونيك والمركبات العضوية المتطايرة من الأوراق الخضراء (GLVs) و تربنويد تجعل هذه المركبات نباتات التبغ البري السليمة مقاومة للحشرات العاشبة عن طريق زيادة المثبطات البروتينية.	
	القطن – البرسيم دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis* وهو عاشب يتغذى على مجموعة واسعة من النباتات البرية والمزروعة بما في ذلك القطن*Gossypium hirsutum* يستجيب نبات القطن لهذا العاشب من خلال إنتاج مركبات متطايرة في موقع التلف تمنح هذه المركبات مقاومة لنبات البرسيم *Medicago sativa*. و البرسيم *Trifolium alexandrinum* المجاورة لنبات القطن حيث لوحظ إنخفاض كبير في وضع البيض من قبل *S. littoralis* على النباتات غير التالفة المجاورة لنبات القطن التي تضررت من الحشرات العاشبة.	• **(Zakir et al ,2013)**

1.2. الإستغاثة نتيجة إرسال رسائل إستنجادية :

يعد الدفاع غير المباشر عن النبات مكونا مهما ، تشمل هذه الدفاعات بشكل أساسي على إنبعاث المركبات العضوية المتطايرة التي تحدث بعد الضرر الناجم عن الحشرات العاشبة . يمكن أن تلعب المركبات العضوية المتطايرة العديد من الأدوار البيئية مثل جذب الأعداء الطبيعيين للحشرات العاشبة كما تسمح للأعداء بالتمييز بين النباتات المصابة وغير المصابة وبالتالي المساعدة في تحديد مكان العائل أو الفريسة. تنتج بعض النباتات رحيقا خارج الأزهار والذي يمكن أن يعزز دفاع النبات من خلال جذب الأعداء الطبيعية للحشرات. (Bezerra et al.,2021)

- **أمثلة عن الإستغاثة الإستنجادية بإستخدام المركبات المتطايرة VOC's :**

*الفاصوليا *Phaseolus Lunatus* التي تنتج مواد متطايرة Linalol ,β- ocimene ,methyl salicylate ,(3E)- DMNT، تجذب العث المفترس *Phytoseiulus persimilis* عندما تتلفها سوس العنكبوت *Tetraanychus urticae*.

* نبات التبغ *Nicotiana attenuata* التي تنتج مواد متطايرةmethyl ,Cis- α - Bergamotene jasmonate تجذب *Geocoris pallens* عندما تتلفها Epitrix hirtipennis ،

Manduca quinquemacu-lata , Dicyphus minimus,

* نبات الخيار *Cucumis sativus* التي تنتج مواد متطايرةTMTT -(E,E)-,(E)-ocimene - β التي تجذب *P .persimilis* عندما تتلفها *T.urticae* . (Bezerra et al.,2021).

* إن أشجار الدردار والصنوبر عندما تتعرض لهجوم اليرقات الآكلة للأوراق تميز لعابها وتنبعث فيرمونات تجذب الدبابير الطفيلية التي تضع بيوضها داخل اليرقات وتلتهم يرقات الدبابير اليرقات المهاجمة من الداخل. (Web/site: 5)

- **أمثلة الإستغاثة بإستخدام الرحيق خارج الأزهار :**

أدت مهاجمة جذور نبات الخردل الهندي *Brassica juncea* بواسطة يرقات *Delia radicum* إلى زيادة إنتاج رحيق خارج الأزهار (EFN) مقارنة بالنباتات الغير تالفة والتي بدورها تجذب الطفيلي *Tryblrogranpha rapae* الذي يفضل بشكل كبير EFN.

- إن وجود خارج الأزهار في نبات السرخس *Pleopeltis cras inervata* يؤدي إلى زيادة في معدل زيارة النمل وبالتالي إزالة أكبر لليرقات من على السرخس مقارنة بالنباتات التي لم يتم تغطيتها بالرحيق.

- كما وجد أن حدوث تلف لنبات كرز الغار*Prunus lauroceasus* نتيجة إصابة بالسوسة *Otiorthychus sulcatus* زاد بشكل كبير من إنتاجEFN مما أدى إلى زيادة تجنيد النمل مما قل من وجود سوس والشكل(27) يوضح انجذاب النمل للرحيق. (Bezerra et al.,2021)

الشكل (27) : النمل منجذب للرحيق خارج الأزهار في نبات *Prunus pensylvanica* (Holopainen et al.,2020)

الجزء التحليلي

1.موضوع الدراسة:

بعد البحث المستفيض تم إيجاد مقالتين تجريبيتين تتضمن تجارب علمية واضحة توضح آليات الدفاع و الإستغاثة عند النباتات ضد الحشرات العاشبة حيث :

1.1. المقال الأول :

موضوع الدراسة :

إستجابة طفيليات المن للمركبات العضوية المتطايرة من نباتات *Braccica oleracea* غير التالفة والمصابة ب *Myzus persica*.

المؤلفون :

Qasim Ahmed- Manjree Agarwal-Ruaa Alobaidi-Haochuan Zhang -Yonglin Ren

نشر هذا مقال سنة 2022في مجلة molecules (DOI:10.3390).

الهدف :

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من نباتات الكرنب المصابة ب *M.persicae* وغير المصابة لتوضيح ردود أفعال *M.persicae* وطفيلياتهم

(*A.abdominalis / A.colemani*) لنباتات الكرنب الموبوءة وغير المصابة في مقياس الشم

Y-Tube ، قد يوفر فهم العلاجات التي تؤثر على جذب الطفيليات بيانات أساسية للسيطرة على حشرات الخوخ الخضراء وتوليد طرق جديدة للتحكم البيولوجي في المن.

المواد والطرق :

- **النباتات التجريبية:**

الكرنب *Brassica oleraces* ، زرعت البذور في وعاء مربع 90مم مملوء بخليط التربة المزروعة ونمت في ظروف دفيئة 23-25 م° ورطوبة نسبية 60-70 % وفترة ضوئية (L :D)8: 16 تمت زراعة النباتات في بيت زجاجي حتى مرحلة 7-9 أوراق و إستخدمت في جميع التجارب.

- **الآفات الحشرية :**

تمت تربية حشرات من الخوخ الأخضر *M.persicae* على الملفوف في أقفاص مصنوعة من البلاستيك (40×40×40 سم) مغطاة بشبكة بيضاء مضادة للحشرات بأبعاد خارجية 40 سم.تم محافظة عليها على شتلات الملفوف المحفوظة في أصيص (90×210سم)مغطاة بشبكة مضادة للحشرات في بيت

زجاجي مزود بنظام إضاءة تحكم مضبوط في درجة حرارة 23-25 م˚ وعلى فترة ضوئية 16 :8(L :D)

تم الحصول على *Aphidus colemani (Hymenoptera , Braconidae)* و *Aphelinus abdominalis (Hymenoptera , Aphelinidae)* (كمومياوات) وثم الحفاظ عليها في نباتات الملفوف المصابة ب*M.persicae* كمضيفين .تمت إزالة مومياوات الدبابير من أوراق النبات في اليوم الثاني عشر بالنسبة لحشرة *A.colemani* واليوم الخامس عشر بالنسبة لحشرة *A.abdominalis* من التطفل. وتوضع في أطباق بتري مفتوحة 9سم داخل قفص صغير (40×40×40سم) تحت ظروف الصوبة الزجاجية23-25 م˚ ورطوبة نسبية 60-70 % وفترة ضوئية (L :D)8: 16.
تم السماح للطفيليات بالتزاوج في القفص لمدة يوم واحد مع توفير محلول العسل للتغذية بعد ذلك تم إحتجاز الطفيلي بشكل فردي في قوارير زجاجية (دبور لكل قنينة) . تم ربط قطعة صغيرة من القطن بغطاء القنينة لإسقاط 50 % من محلول العسل لتغذية الطفيلي حتى الإختبار. تم إستخدام إناث الدبابير في إختبار إختيار مقياس الشم على شكل Y-Tube.

- **جمع المواد المتطايرة وتحليلGCMS باستخدام HS-SPME:**
- **إستخراج المركبات العضوية المتطايرة مع HS-SPME:**

ركز تحليل المواد المتطايرة على ملفوف النباتات المصابة وغير المصابة بمن الخوخ الأخضر. تم وضع الكرنب بشكل فردي في عبوات زجاجية سعة4 لتر وتم تحليل نبات واحد في كل برطمان لكل وعاء زجاجي ثم تم حفر منفذ 5مم في الجانب حيث يوجد حاجز.

تم إستخدام ورق الألمنيوم لتغطية السطح العلوي للغطاء ولفه بعناية وتم وضع البرطمان الزجاجي رأسا على عقب على النبات . تم إستخراج المواد العضوية المتطايرة من عينات من نباتات الكرنب المصابة وغير المصابة لإستخراج المركبات العضوية المتطايرة من العينات . تم إستخدام تحليلات تقنية Headspace مع ثلاث مكررات في جميع التجارب . تم إجراء تحديد المركبات العضوية المتطايرة باستخدام ألياف SPMEعن طريق إستخلاص المركب من فراغ رأس المعالجات .

تم إستخدام SPMEفي الجرة من خلال الحاجز لمدة ساعتين لإستخراج المركبات العضوية المتطايرة والتي تتميز بوقت الإستخراج الأمثل. تم إستخدام SPME لأنه أداة سريعة وبسيطة وحديثة لتحليل GC-MS.

- **تحليل العينات بإستخدام GC-MS :**

تم إجراء تحليل المركبات العضوية التي تم الحصول عليها بواسطة HS-SPMEعلى مطياف الكتلة اللونية المجهز بكاشف MS 5977Eوعمود(DB-35cm(30 m×250 µm×0,5µm . تم امتصاص الألياف في الحاقن 270 مع ظروف التشغيل الأخرى كانت درجة الحرارة الأولية للعمود GCMS 50 م˚ ثم زادت 250 م˚.تم إستخدام غاز الهليوم كناقل وكان إجمالي زمن تشغيل 45دقيقة . تم إجراء

معايرة ألياف SPME عن طريق GC-MS.تم تحديد مركبات العضوية المتطايرة باستخدام برنامج AMDIS .

- **تقييم الإستجابات الشمية لفطر *M.persica* وطفيلياته**

تم إستخدام مقياس شمي Y-Tube لتحديد إستجابات *M.Persica* ونوعاها من الطفيليات *A.abdominalis* و*A.colemani* لكل من أزواج المعالجات النباتية التالية بالنسبة لإستجابات المن :

1-نباتات الملفوف مصابة ب *M.persica* مقابل هواء نقي (مرشح).

2-غير مصاب مقابل هواء نقي.

3-نباتات مصابة مقابل نباتات غير مصابة . (**الشكل 28**)

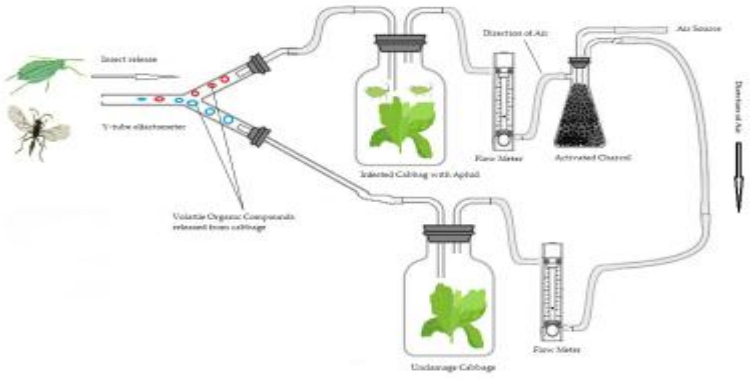
لإختبار الدبابير الطفيلية *A.abdominalis A.colemani* :

1-نباتات موبوء مقابل الهواء النقي .

2-نبات غير مصاب مقابل الهواء النقي .

3-النباتات المصابة مقابل غير المصابة .

تم إستخدام المقايسات الحيوية لمقارنة إستجاباتها الشمية للمركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من النباتات غير المصابة مقابل الهواء النقي أو نباتات مصابة ب*M.persica* مقابل نباتات غير مصابة ،إحتوت نباتات الملفوف المصابة المستخدمة في هذه الدراسة على حشرات المن .



الشكل (28): رسم تخطيطي لمقياس الشم Y-Tube حيث يوجد حشرة المن Myzus persicae والطفيلي Aphidus colemani وAphelinus abdominalisتم إطلاقها بشكل فردي وتعرضت لمركبات عضوية متطايرة للنبات في نباتات مصابة ب*M.persica* وأخرى غير مصابة كما يتضح من الدوائر الزرقاء والحمراء .

تم إجراء تجارب التفضيل المتطاير بإستخدام مقياس شمي Y-Tube كما هو موصوف سابقا بطول ذراع يبلغ7 سم وقطر داخلي 2سم وتركيب زجاج أرضي للهواء الذي يمرر200 مل/ دقيقة عبر كل ذراع ،يتم التحكم فيه بواسطة مقياس تدفق الهواء .تم توصيل كل أنبوب ذراع بحجرة زجاجية (سعة 2لتر) وتم تقديم أزواج من المركبات العضوية المتطايرة (المنبعثة من معالجات نباتية مختلفة) في حجرة زجاجية محكمة الغلق (2لتر لكل منهما) .في نهاية أي من الذراعين تمت تصفية الهواء المضغوط بإستخدام الفحم المنشط الذي يمر عبر غرفتين زجاجيتين قبل أن يتم إدخال محطة المعالجة ثم يتم تمرير الهواء عبر مقياس الشم . بعد التجميع يترك مقياس الشم للإستقرار لمدة 15دقيقة قبل الإستخدام .

تم تنفيذ عمل المقياس الشمي Y-Tube في نفس الظروف مثل ظروف البيت الزجاجي . تمت تغطية المنطقة المحيطة بمقياس الشم (أدناه وحولها) بورق أبيض وتم وضع الضوء الأبيض مباشرة فوق مقياس الشم .

بالنسبة للمقايسة الحيوية تم إدخال حشرة من واحدة أو طفيلي واحد في الذراع الرئيسي لمقياس الشم والدفع 1-2سم داخل الذراع الرئيسية تم إعطاء كل من أو دبور لمدة تصل إلى3 دقائق في مقياس الشم للإستجابة، و بمجرد أن يتحرك الفرد أكثر من2 سم داخل أحد أذرع الأنبوب Y يتم إعتباره قد إتخذ خياراً.لمعالجة النبات المطابقة في ذلك الذراع تم إستبعاد غير المستجيبين الذين لم يتخذوا خياراً خلال 5 دقائق.

ثلاث مكررات و 30 بالغا من حشرة المن عديمة الأجنحة *M.persica*تم فحصها لكل مكرر وتم إختبار كل حشرة مرة واحدة فقط. تم فحص كل 10حشرات المن وإزالة موارد المعالجة المتطايرة وتنظيف جميع الأوعية الزجاجية بالإيثانول ثم غسلها بالماء وتجفيفها بالفرن لمدة لا تقل عن30 دقيقة .تم إجراء ثلاث مكررات في أيام مختلفة بإستخدام حشرات المن الجديدة والنباتات الطازجة المصابة وغير المصابة. كانت جميع الموارد النباتية من نفس العمر والحجم .

تم تنفيذ نفس الإجراء أعلاه للطفيلي *A.colemani*و*A.bdominalis* بالإضافة إلى ذلك تم إستخدام ثلاث مكررات للطفيليات مع 15 دبابير لكل مكرر. و أستخدمت الدبابير مرة واحدة فقط طوال التجارب .بعد فحص جميع الدبابير15 لكل مكرر تم تنظيف الجهاز بالماء و الإيثانول ثم تجفيفه وتسخينه في الفرن في 100 م˚ لأكثر من 30دقيقة.

نتيجة عامة :

تشير النتائج أنه عندما تم إستخدام Headspace solid microextraction (SPME-HS)و

GC-MS لفحص المركبات العضوية المتطايرة VOCsمن نباتات الكرنب المصابة وغير المصابة بمن الخوخ الأخضر Myzus persicae .بشكل عام تم إكتشاف28 مركباً في الملفوف المصاب وغير المصاب. كانت بعض المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب أكبر من النباتات غير المصابة وزادت من كمية التركيب في النباتات المصابة ، تتكون المركبات العضوية المتطايرة في الملفوف المصاب من :

propane, 2-methoxy, alphaand beta pinene, myrcene, 1-hexanone, 5-methyl-1-phenyl-, limonene, decane, gamma-terpinen and heptane, 2,4,4-trimethyl.

كما أظهرت نتائج الدراسة بإستخدام مقياس شمي على شكل Y أن المركبات العضوية المتطايرة التي ينتجها الملفوف المصاب تجذب Myzus persicae أكثر بكثير من النباتات غير المصابة أو الهواء النظيف. كانت النسبة المئوية لإختيار حشرة المن80 ٪ لصالح الملفوف المصاب.

7٪ إنجذبوا إلى إختيار الهواء النقي والنباتات غير المصابة. تم جذب ما مجموعه 7 ٪ من حشرات المن لتنظيف الهواء . وبالمقارنة بين نباتات الملفوف المصابة وغير المصابة ، فإن المن ينجذب إلى 63٪من الملفوف المصاب ، مقابل57 ٪ من الملفوف غير المصاب. تفضيلات *Aphidus colemani* و *Aphelinus abdominalis*للنباتات المصابة أو غير المصابة ب *M. persicae*. *ومقارنتها* بالهواء النقي أشارت إلى أن الطفيليات يمكن أن تميز الملفوف المصاب. كلا الطفيلين إستجابا معنويا لرائحة النبات وإنجذبا إلى 86.6٪ من نباتات الكرنب المصابة.

2. المقال الثاني:

موضوع الدراسة:

إستخلاص دفاعات النبات من خلال التعرض للمواد المتطايرة النباتية المستحثة بالعواشب في الفلفل الحلو *Capsicum annum*.

المؤلفون :

Chaymaa Riahi, jhonn Gonzàlez-Rodriguz, Miquel Alonso-Valiente, Alberto Urbaneja, Meritxell Pèze-Hedo

-تم نشر هذا المقال سنة 2022 في مجلة Frontiers Oncology and Evolution
(DOI:10.3389)

الهدف :

الهدف من هذه الدراسة إذا كان تعرض نبات الفلفل الحلو للمواد المتطايرة HIPVs
(Z)-3-hexenol, (Z)-3-hexenyl acetate, (Z)-3-hexenyl propanoate, (Z)-3-hexenyl butanoate, hexyl butanoate, methyl salicylate and methyl jasmonate
ينشط نظام الدفاع المناعي للفلفل حلو.

المواد والطرق :

***النباتات :**

يزرع نبات الفلفل الحلو *Capsicum annum* بدون أي مبيدات .بعد أسبوعين من الإنبات يتم زرع النباتات بشكل فردي في أواني بلاستيكية (8×8×8 سم)والمحافظة عليها في غرفة مناخية (IVIA) بدرجة حرارة 25±2م ° ورطوبة 65±10% وفترة ضوئية (L :D) 10h: 14 تم إستخدام 6 نباتات كاملة النمو (إرتفاع 20 سم تقريبا لإجراء التجارب).

***الحشرات :**

- *Orius laevigatus* تم توفير البالغين و الإحتفاظ بهم على قرون الفاصوليا الخضراء في قفص بلاستيكي (30 × 30×30 سم) ،تم إختيار إناث *O .laevigatus* ونقلهن إلى قفص بلاستيكي (30 × 30×30 سم) مع توفير المياه على سدادات قطنية منقوعة وتجويع ن لمدة 24 ساعة .
- *Frankliniella occidentalis* تم الحصول على البالغين من مستعمرة وتربيتها على قرون الفاصوليا الخضراء في غرفة النمو (IVIA) عند درجة حرارة 25±2م°ورطوبة 65±10% وفترة ضوئية (L :D)10h: 14 تم وضع الإناث في طبق بتري قطره 9 سم وتجويعهن لمدة 24 ساعة قبل الإستخدام وتم إختيار إناث كلا نوعين دائما ما يكون عمرها أقل من 5 أيام من أجل تجارب Y-tube olfactometer.

- **تعرض نباتات فلفل الحلو للمواد المتطايرة التي تسببها الحشرات العاشبة وتحليل التعبير الجيني للنبات:**

المواد المتطايرة , [(Z)-3-HA](Z)-3-hexenyl acetar ,[(Z)-3-H] (Z)-3-hexenol
[(Z)-3-HB](Z)-3-hexenyl butanoate ,[(Z)-3-HP] (Z)-3-hexenyl propanoate
hexeyl butanoate(H),methyl salicylate(MeSA) and methyl jasmonate(MeJA)
تعرضت النباتات لمواد متطايرة نقية بإستخدام موزع بوليمر منخفض الكثافة التي يضمن معدل إطلاق ثابت قدره 9,6ملغ / يوم ، تمت تعبئة هذه الموزعات بالقطن منقوع ب1مل من كل مادة متطايرة ثم وضعها في قفص بلاستيكي ثم وضع8 نباتات من فلفل الحلو في قفص بلاستيكي وتم تعريضها لأحد المواد متطايرة المختبرة لمدة تزيد عن 48 ساعة.تم عزل 8 نباتات غير معرضة في غرفة مناخية أخرى في نفس الظروف وعلى مدار 48 ساعة.
بإتباع هذا الإجراء الموصوف أعلاه لكشف HIPVs تم إستخدام ورقتين قميتين صغيرتين ل8نباتات معرضة لكل المواد متطايرة و8 نباتات غير معرضة لتحديد التعبير عن الجينات الدفاعية PIN2[مثبط بروتيناز II] هو الجين المعبر عن JA, AMP1[ببتيد المضاد للميكروبات 1 هو الجين المعبر عن SA وجين [ASR1بروتين نضج الإجهاد] الجين المعبر ل ABA .
تم جمع عينات من الجزء القمي من نباتات الفلفل الحلو المعرضة للتطاير والنباتات غير معرضة وطحنها في النيتروجين السائل لإستخراج الحمض النووي الريبي RNA باستخدام NZYol،ثم يجرى النسخ العكسي و نتحصل على DNA ،بعدها يتم إجراء تضخيم لل DNA ثم البحث عن القطع الإبتدائية للجينات الدفاعية PIN2، AMP1، ASR1وجين EF1(عامل الاستطالة 1)المستخدم كجينات تحكم قياسية كما هو موضح في الجدول 07.

الجدول (07): تسلسل النكليوتيدات الأمامي والعكسي المستخدم في تقدير التعبير الجيني .

Primers	Forward	Reverse
PIN2	*5'-CTTGCCCCAAGAATTGTGAT-3'*	*5'-GCCCTAGCGTATTACGGAGA-3'*
AMP1	*5'-TCCCTGCAACAACGAGTACC-3'*	*5'-CCTAAGTCTGTGATCCCCGC-3'*
ASR1	*5'-TGTGCAATTTGTCTTGTGGAA-3'*	*5'-CGGACATGACGAGTTCGATA-3'*
EF1	*5'-CCTGGACAGATTGGAAATGG-3'*	*5'-GACCACCTGTCGATCTTGGT-3'*

- **المقياسات الحيوية على شكل Y-Tube:**

تم إجراء إختبار أحيائي لمقياس الشم على شكل Y-Tube لإختبار *O .laevihatus* و *F.Occidentalis* استجابة الأنثى من مصادر الرائحة (النباتات المعرضة للمواد المتطايرة والنباتات غير المعرضة) بإستخدام نباتات الفلفل الحلو بإرتفاع 20سم، إختبرنا الإناث لأنهن مسؤولات عن إختيار العائل لوضع البيض .تم تعريض ثمانية نباتات من الفلفل الحلو لأحد المواد المتطايرة المختبرة على مدى 48 ساعة في قفص بلاستيكي (BugDorm) (60×60×60 سم) في غرفة مناخية عند درجة حرارة 25±2م ° ورطوبة 65±10% وفترة ضوئية (L :D)10: 14 وبالمثل تم عزل ثمانية نباتات غير معرضة في غرفة مناخية أخرى في نفس الظروف على مدار 48ساعة .

يتألف مقياسY-Tube من أنبوب زجاجي على شكل Y (قطره 4, 2سم وقاعدة بطول 5, 13سم وذراعان بطول 75, 5سم لكل منهما) والذي تم توصيله عبر أنابيب polyethylene عالية الكثافة (HDPE)إلى برطمان زجاجي سعة5 لتر. إحتوت كل جرة على مصدر رائحة (النباتات المعرضة للمواد المتطايرة والنباتات غير المعرضة)وتم توصيله بمضخة هواء أحادية الاتجاه بمعدل تدفق الهواء150 مل/ دقيقة. كانت الظروف البيئية للتجربة 23±2م °ورطوبة نسبية 65±10% وشدة الضوء 2516 لوكس .

كل أنثى على حدة *F.Occidentalis* و *O.laevigatus* تم إدخالها في ذراع قاعدة الدخول وتمت ملاحظتها 15دقيقة بمجرد أن تحركت الحشرة على الأقل 3سم فوق أحد الذراعين تم تسجيل الوقت وأعتبر الفرد مستجيبا ،إذا لم يقم الفرد بعد 15دقيقة بالإختيار بين أي من الطرفين فسيتم إستبعاده من تحليل البيانات. تم إستخدام كل فرد مرة واحدة فقط وكان إجمالي عدد التكرارات لكل نوع 40-50 فردا مستجيبا. بعد إختبار خمس إناث تم تبديل الذراعين الأيمن والأيسر لتجنب أي تأثير مكاني وبعد إختبار 10إناث تم شطف المادة الزجاجية على Y (الجرار والذراعY) بالماء والصابون والأسيتون وتجفيفها لمدة5 دقائق وتم وضع نباتات جديدة (معرضة وغير معرضة) في مكانها.

نتيجة عامة :

أهم ما أظهرت النتائج أن جميع المواد المتطايرة المختبرة تسببت في دفاعات النبات عن طريق تنظيم مسارات حمض جاسمونيك وحمض السالسيليك بالإضافة إلى ذلك كانت إستجابة *F .occidentalis* أحد آفات الفلفل الحلو الرئيسية و*Orius laevigatus* العدو الطبيعي الرئيسي *F .occidentalis* لنبات فلفل الحلو المعرض للHIPs في Y-Tube Olfactometer ،فقط النباتات المعرضة ل (Z)-3- hexenyl

propanoate وmethyl salicylate تكون طاردة لل *F.Occidentalis* بينما *O.laeviyatus* أظهر تفضيلا قويا للنباتات المعرضة لـ(Z)-3-hexenol, (Z)-3-hexenyl propanoate،

methyl salicylate و methyl jasmonate , (Z)-3-hexenyl butanoate.

حيث يعمل الجاسمونيك على تحفيز مجموعة واسعة من الإستجابات الدفاعية بواسطة jasmonates التي تشمل إنزيمات مضادة للأكسدة وPis وVOCs وإنتاج قلويدات وتشكيل Trichomeوإفراز EFN . كما يتم تنظيم عدد كبير من الجينات المشاركة في الدفاع ضد العواشب بواسطة JA .

كما يعمل حمض الساليسيليك على تنظيم النمو النباتي الداخلي بتوليد مجموعة واسعة من الإستجابات الأيضية والفسيولوجية في النباتات المشاركة في الدفاع بالإضافة إلى تأثيرها على نمو النبات وتطوره . تم إقتراح إنتاج مسار ROS بواسطة SA للحث على المقاومة في النباتات ضد الآفات الحشرية .ومنه

تظهر النتائج أن HIPVs تعمل كمحفزات لدفاعات نبات الفلفل الحلو من خلال تعزيز مسارات الإشارات الدفاعية.

2. النتائج و المناقشة :

بعد الإطلاع بتمعن على المقالتين وفرز النتائج التي تخدم الهدف الرئيسي للمذكرة توصلنا إلى ما يلي:

1.2. المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من نباتات غير مصابة ومصابة بـ*M.persica* :

تحليل المواد المتطايرة التي يسببها الملفوف المصاب ب *M.persica* وغير المصاب أظهرت ان هناك العديد من المركبات في جميع العينات التي حوصرت بواسطةSPME وتم تحديدها بواسطة

GC-MS.النباتات التي تضررت ب *M.persica* يمكن أن تغير في إنبعاث رائحتها وكانت المواد المتطايرة للعينات كبيرة أعلى من النباتات الغير مصابة . كان حجم وتنوع المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب أكبر من النبات غير المصاب في بعض المركبات وتألفت الإختلافات النوعية في تكوين الرائحة من هذه النباتات المعالجة من propane, 2-methoxy الذي تم إطلاقه من الملفوف غير المصاب والذي كان أكبر من المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب بمتوسط مساحة ذروة في النبات غير المصاب تبلغ 23,10 مقارنة بمنطقة الذروة في النبات المصاب والتي تبلغ 7,84 وفي الوقت نفسه كانت alphaوbeta pinene أعلى في النباتات المصابة مقارنة بالنباتات غير المصابة (جدول 08)كانت هناك كمية أكبر بكثير من ,(E)-3-hexen-1-olو

beta- pineneو decan المنبعثة من النبات المصاب ولكن لم يتم الكشف عنها في نباتات الكرنب غير المصابة علاوة على ذلك كانت منطقة الذروة للمركبات المتطايرة التالية والتي تم إكتشافها من الملفوف المصاب أعلى في الملفوف المصاب مقارنة بمنطقة الذروة في الملفوف غير المصابmyrcene ,

1-hexanone,5-methyl-1-phenyl-,limonene, decane, gamma-terpinen and heptane, 2,4,4-trimethyl.ومع ذلك تم إطلاق بعض المركبات المتطايرة من الملفوف غير المصاب بكمية أعلى بناء على منطقة الذروة التي تم إكتشافها بواسطة GC-MS مقارنة بالنباتات المصابة كانت هذه المركبات

عبارة عن eucalyptol, cyclohexasiloxane, 3,4-dihydroxyphenylglycol, octamethyl , decamethyl. 1,5-pentanediamine ، و تؤدي المركبات العضوية المتطايرة إلى إختلافات في الرائحة بين النباتات المصابة بالمن والغير مصابة (شكل29)تظهر خريطة الحرارة التي تعرض النتائج بيانيا عن طريق التجميع الهرمي للمركبات المتطايرة من الملفوف المصاب وغير المصاب .أشارت الخريطة الحرارية إلى أن المركبات المكتشفة والفرق بين نبات الكرنب غير المصاب والمصاب بمقياس اللون وكل لون يتوافق مع واحد من المركبات العضوية المتطايرة المكتشفة يتم تمثيل قيمة المركب باللون الأحمر والبرتقالي والأزرق الداكن للحد الأقصى(2) والمتوسط (0)والحد الأدنى(-2) (الشكل29) .

الجدول (08) :الكشف عن المركبات المتطايرة في الملفوف المصاب والغير المصاب ب *M.persica* بإستخدام SPME . يشير RT إلى زمن الإحتفاظ بالمركبات. يشيرSD إلى الإنحراف المعياري لمنطقة الذروة المحسوبة من ثلاث المكررات .يشير ND إلى عدم إكتشافه أما LSD إلى أقل فرق ذات دلالة .

No	Compound Name	RT [1]	Uninfested Plant Area ± SD [2]	Infested Plant Area ± SD	LSD [4]	*p*-Value
1	Propane, 2-methoxy	3.12	23.10 ± 3.13	7.84 ± 2.70	11.45	0.020 *
2	*n*-Hexane	3.28	15.38 ± 4.21	8.40 ± 3.83	15.8	0.199
3	Benzene	3.61	72.20 ± 1.55	601.75 ± 28.09	78	0.305
4	3-Hexen-1-ol, (E)	6.38	ND [3]	28.83 ± 1.51	4.197	0.223
5	4,6-Heptadiyn-3-one	9.33	90.28 ± 2.26	601.75 ± 28.09	78.2	1.211
6	Toluene	11.02	12.50 ± 3.48	1.65 ± 0.31	9.7	0.653
7	Oxime-, methoxy-phenyl	12.43	757.69 ± 322.83	680.68 ± 300.96	1223.9	0.200
8	2-Pentenal, (E)-	12.49	16.86 ± 0.82	23.36 ± 0.76	3.105	0.136
9	Alpha-Pinene	13.32	24.44 ± 4.96	131.41 ± 16.53	47.87	0.003 *
10	Sabinene	13.47	72.54 ± 34.72	137.59 ± 37.07	140.8	0.377
11	Myrcene	15.22	20.15 ± 7.96	68.45 ± 30.99	88.7	0.046 *
12	beta-Pinene	16.25	ND	55.75 ± 17.03	47.24	0.930
13	1-Hexanone, 5-methyl-1-phenyl	16.81	21.05 ± 3.78	35.38 ± 7.44	23.14	0.004 *
14	*p*-Cymene	17.28	422.85 ± 144.03	564.67 ± 82.08	459.7	0.339
15	3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)	17.48	394.93 ± 152.39	245.99 ± 62.11	456.3	0.277
16	Eucalyptol	19.97	129.50 ± 5.22	96.14 ± 34.98	98.1	0.036 *
17	Limonene	20.38	14.66 ± 1.92	247.26 ± 84.09	233.2	0.003 *
18	Decane	23.57	ND	39.31 ± 5.50	15.25	0.020 *
19	gamma-Terpinen	24.81	9.03 ± 1.70	56.55 ± 3.68	11.23	0.007 *
20	Heptane, 2,4,4-trimethyl	26.24	3.75 ± 1.44	91.50 ± 45.46	126.1	0.001 *
21	Cyclopentasiloxane, decamethyl	27.84	1.95 ± 0.23	314.91 ± 12.00	33.29	0.212
22	1-Undecyne	30.22	2.68 ± 0.52	110.55 ± 13.59	37.72	0.036 *
23	Heptane, 2,5,5-trimethyl	30.82	2.17 ± 0.43	33.82 ± 4.85	13.5	0.630
24	Cyclohexasiloxane	34.24	123.62 ± 53.60	1.16 ± 0.17	148.6	0.301
25	3,4-Dihydroxyphenylglycol	37.29	20.15 ± 7.96	1.72 ± 0.41	22.09	0.286
26	1,5-Pentanediamine	40.10	249.45 ± 12.70	10.33 ± 0.64	35.27	0.127
27	octamethyl	42.66	565.00 ± 22.07	7.89 ± 2.42	61.6	0.129
28	decamethyl	41.43	113.05 ± 55.42	ND	153.7	0.401

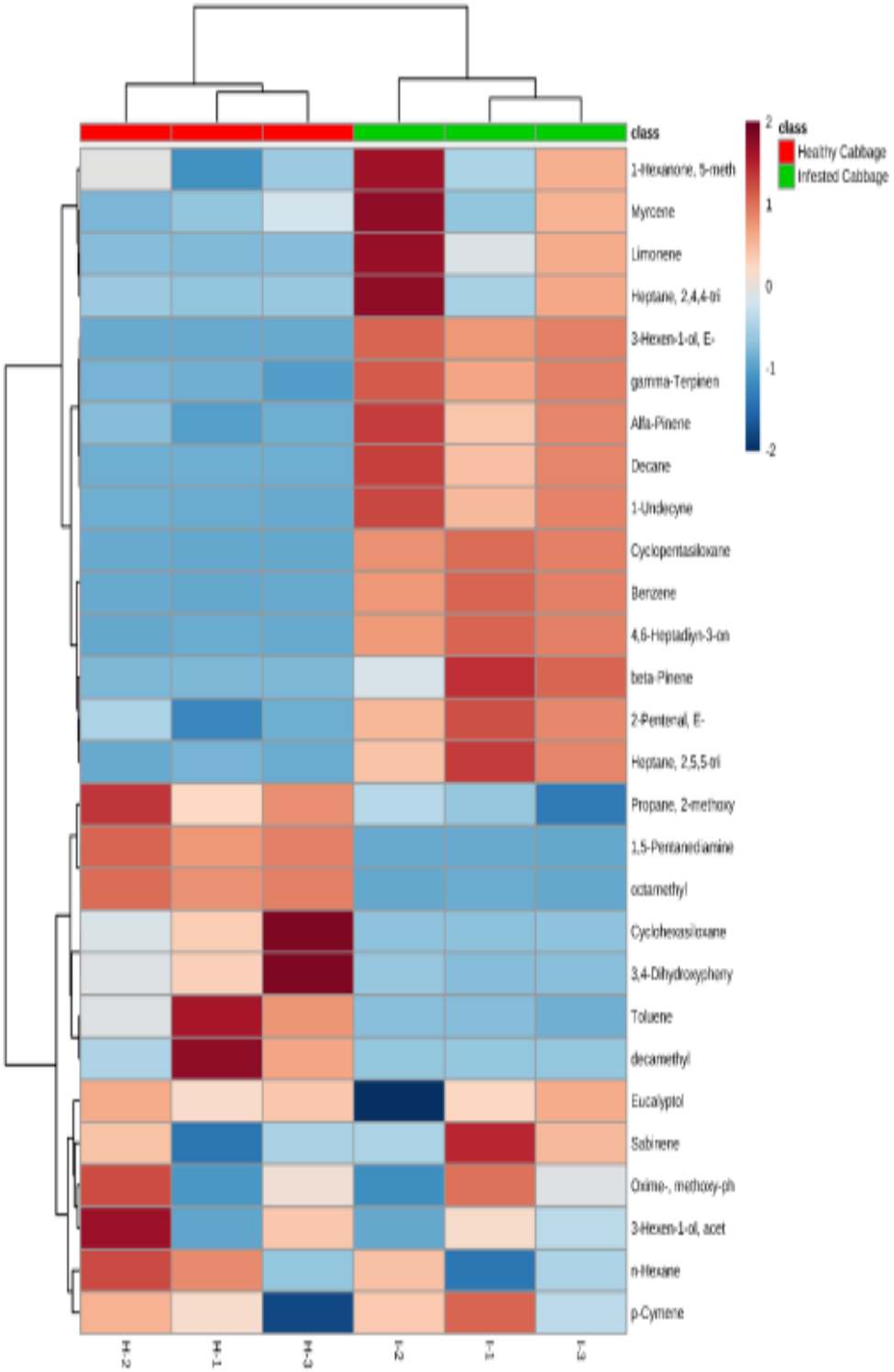
2.2. تأثير المركبات العضوية المتطايرة على جاذبية الطفيليات:

أظهرت نتائج التجارب المعلمية بإستخدام المقايسات الحيوية لمقياس الشم Y-Tube إستجابة حشرات المن *M.persica* (n =30لكل مكرر)وطفيلياتهم *A.colemani* و*A.abdominalis* (n =15لكل مكرر ولكل طفيلي) لنباتات الكرنب غير المصابة والمصابة بواسطة 30حشرة من المن و15فردا لكل تكرار من الطفيليات.

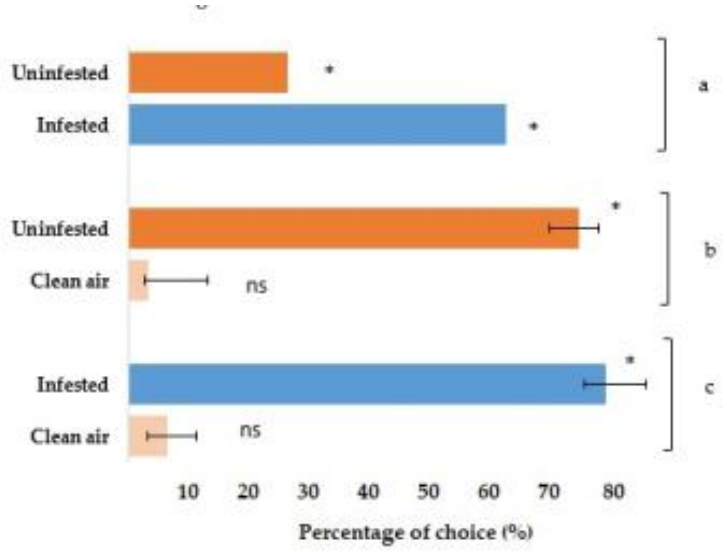
أشارت هذه النتائج أن حشرات من الخوخ الأخضر في الملفوف تنجذب أكثر إلي المركبات المتطايرة المنبعثة من النباتات المصابة (80%) بدلا من الهواء النقي (7%).أظهرت النتائج أن *M.persica* كانت مختلفة بشكل كبير في تفضيل نباتات الملفوف مع جذب النباتات غير المصابة أكثر من الهواء النقي. كانت النسبة المئوية لحشرات المن المنجذبة75.56 %مقابل3 % وكانت النسبة المئوية لأعداد المن المنجذبة نحو نباتات الملفوف المصابة63 % مقابل 26.6 %إنجذبت إلى نباتات الملفوف غير المصابة.

في تجارب الطفيليات، جاذبية الطفيليات *A.colemani* و*A.abdominalis* إلى المواد المتطايرة التي تطلقها النباتات حيث تم إختيارهم بين النباتات غير المصابة والمصابة. كلاهما *A.colemani* و *A.abdominalis* تم إنجذابهم بشكل ملحوظ إلى المواد المتطايرة من النباتات المصابة بحشرات من الخوخ الأخضر مقارنة بالهواء النقي (شكل29) ،كان معدل إنجذاب الطفيليات 93.33 %و100 %تجاه نبات الكرنب المصاب مقابل7 %و20 %على التوالي تجاه الهواء النقي لكلا الطفيليات *A.colemani* *A.abdominalis*. أظهر التحليل أن كلا الطفيليين ينجذبان معنويا إلى النبات المصاب ومع ذلك لم يكن هناك فرق بين الدبابير المنجذبة للروائح المنبعثة من النبات غير المصاب والهواء النظيف ولم تكن هناك إستجابات لكلا الطفيليات *A.colemani* و *A.abdominalis* لرائحة النبات الغير مصاب مقابل الهواء النقي (لم يظهر كلا الطفيلين إستجابة كبيرة للعلاج)بالنسبة المئوية 44, 4 %من *A.colemani* و7 %من *A.abdominalis* .تم الإنجذاب للمواد المتطايرة المنبعثة من النباتات غير المصابة مقابل7 % لكلا الطفيليين متجهين إلى معالجة الهواء النظيف بينما كانت النسبة المئوية لعدم إستجابات الطفيليات 88.86 %و86.66 % للطفيليات *A.colemani, A.abdominalis* على التوالي .

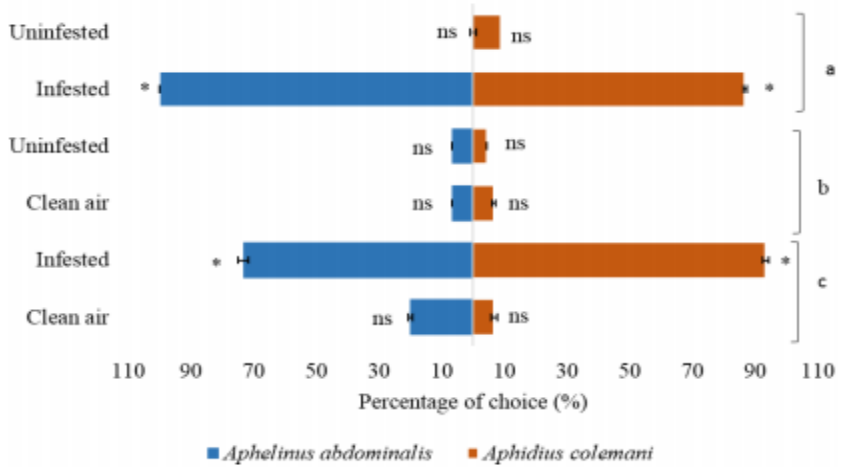
عند الإختيار بين نباتات الملفوف غير المصابة و المصابة كانت الطفيليات*A.colemani* و *A.abdominalis* أكثر إنجذابا بشكل ملحوظ الى المواد المتطايرة المنبعثة من النباتات المصابة بدلا من أن تتجه نحو نباتات الملفوف غير المصابة بالنسبة المئوية 86.67 %من *A.colemani* و100% من *A.abdominalis* إستجابة للملفوف المصاب مقارنة ب9 % من *A.colemani* و0 % من *A.abdominalis* للإنجذاب نحو النباتات الغير مصابة .



الشكل(29): تظهر نتيجة التجميع كخريطة حرارية للمركبات المتطايرة المنبعثة من الملفوف غير المصابة والمصابة بـ*M.persica* يتم عرض منطقة الذروة لكل مركب متطاير تم إكتشافه بواسطة GC-MS حسب اللون.



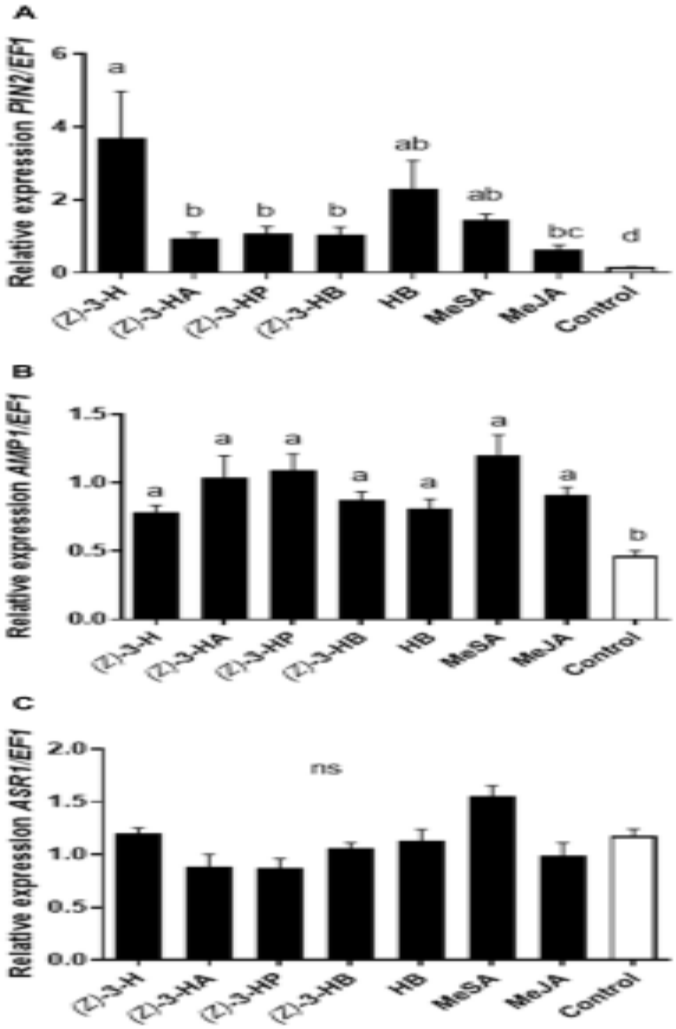
الشكل (30) : إستجابة شمية ل *M.persica* في تجارب مقياس الشم Y-Tube على المواد المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب والغير مصاب أ)النباتات غير مصابة مقابل المصابة ب) غير مصاب مقابل الهواء النظيف ج)مصابة مقابل الهواء النظيف.



الشكل (31): إستجابة شمية لإثنين من الطفيليات *Aphidius colemani* و *Aphelinus abdominalis* في تجارب مقياس الشم Y-Tube على المواد المتطايرة المنبعثة من الملفوف المصاب والغير مصاب أ)النباتات غير مصابة مقابل المصابة ب) غير مصاب مقابل الهواء النظيف ج)مصابة مقابل الهواء النظيف.

3.2. التعبير الجيني للنبات :

القياس الكمي للجينات PIN2 وAMP1 المشفرة لكل من JA وSA على التوالي في جميع النباتات المعرضة بشكل فردي لكل من مواد المتطايرة السبعة التي تم إختبارها مقارنة بالنباتات غير المعرضة (شكل32). نلاحظ جميع المواد المتطايرة أدت إلى إفراط التعبير الجيني عن الجين الدفاعي AMP1مشفر لSA(شكل B:32) أما المواد المتطايرة ,(Z)- 3-hexenol, hexyl butanoate، methyl salicylate أدت إلى زيادة التعبير عن PIN2 من جميع المواد المتطايرة الأخرى (شكل A:32) ومن ناحية الأخرى الجينASR1 مشفر لمسارABA يتم تعبير عنه بشكل مفرط في نباتات الفلفل الحلو المعرضة للمواد المتطايرة أو في النباتات السليمة (شكل C:32).



الشكل (32): إستجابة لنسخ الجينات الدفاعية َ**A** : جين **PIN2** و **B** : جين **AMP1** و C : **ASR1** في نبات الفلفل الحلو المعرضة للمركبات المتطايرة النباتية التالية : ,(Z)-3-hexenol[(Z)-3-H]

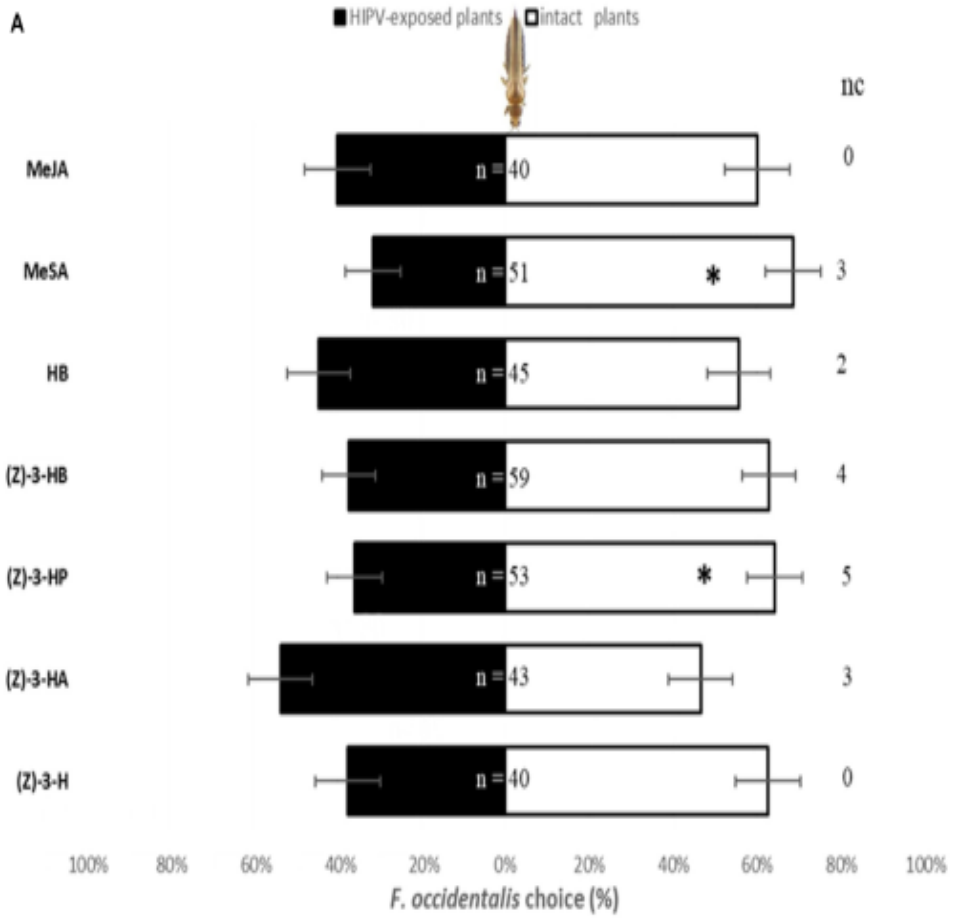
(Z)-3-hexenyl acetate [(Z)-3-HA], ، (Z)-3-hexenyl propanoate)[(Z)-3-HP], (Z)-3-hexenyl butanoate [(Z)-3-HB] ،hexyl butanoate (HB), methyl salicylate (MeSA) and methyl jasmonate (MeJA).

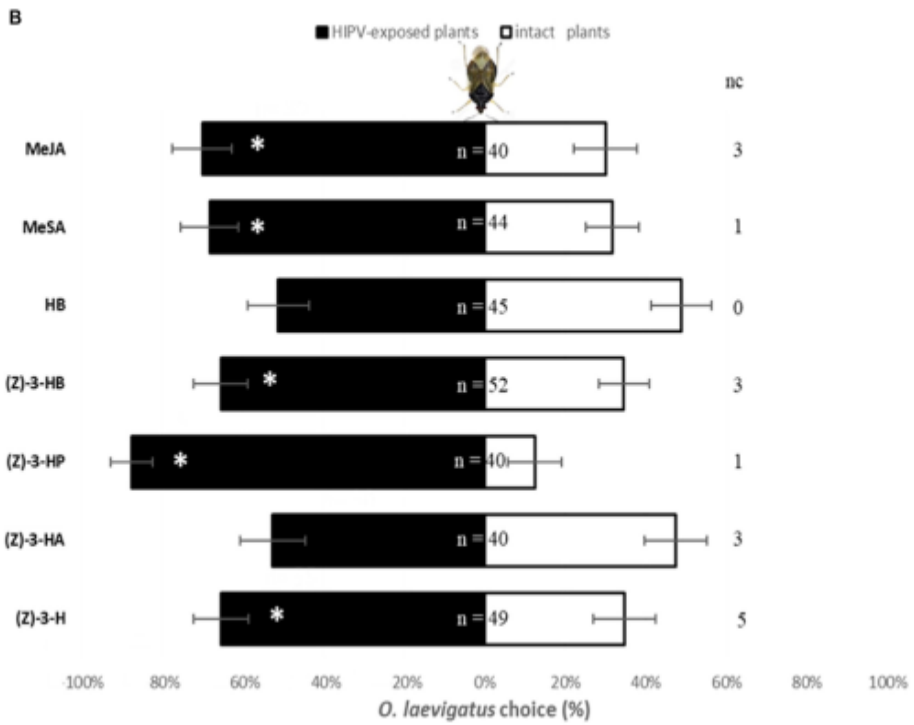
4.2. المقايسات الحيوية على شكل Y-Tube:

إناث *F.Occidentalis* لم يظهر تفضيلا للروائح المنبعثة من نباتات الفلفل الحلو والنباتات المعرضة ل , HB, MeJA, (Z)-3-H، (Z)-3-HA (شكل33: A) ومع ذلك فإن تتعرض نباتات الفلفل الحلو ل

(Z)-3-HP و MeSA تكون طاردة أكثر لـ*F .Occidentalis* من النباتات السليمة.

تعرض النباتات ل (Z)-3-HB أظهر إتجاها ليكون طاردا ل *F.Occidentalis* لكن لم يتم العثور على فروق ذات دلالة إحصائية . *Orius laevigatus* كانت الإناث أكثر إنجذابا إلى روائح النباتات المعرضة ل MeJA, MeSA, (Z)-3-HB, (Z)-3-HP, (Z)-3-H من نباتات الفلفل الحلو (شكل33: B) ومع ذلك عندما عرضت على إناث*O .Laevigatus* الإختيار بين الروائح مابين نباتات سليمة والنباتات معرضة لـ(Z)-3-HA و HB لم يظهروا أي تفضيل .





الشكل (33): إستجابة في مقياس الشم Y-Tubeلإناث كل من A :*F .occidentalis* و

B : *O. laevigatus* لمصدرين من رائحة الفلفل الحلو : نباتات سليمة ونباتات معرضة 48 ساعة ل *(Z)*-3-hexenol [*(Z)*-3-H], *(Z)*-3-hexenyl acetate [*(Z)*-3-HA], *(Z)*-3-hexenyl propanoate [*(Z)*-3-HP], *(Z)*-3-hexenyl butanoate [*(Z)*-3-HB], hexyl butanoate (HB), methyl salicylate (MeSA) and methyl jasmonate (MeJA)

حيث n هو العدد الإجمالي للإناث المستجيبات و nc عدد الأفراد الذين لم يتخذوا خيارا.

5.2. مناقشة الدراسة الأولى:

المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من نباتات الملفوف المصابة بواسطة *M.persica* أظهرت العديد من المركبات مقارنة بالنباتات غير المصابة والتي ذكرت في الدراسات السابقة

(**Bruinsma et al.,2009; Mathur et al., 2013**) في هذه الدراسة تم إستخدام المركبات المتطايرة لنباتات الكرنب غير المصابة ب*M.persica* تمت مقارنتها لإظهار الفروق بين النباتات المعالجة وإستخدامها كأدوات لتحديد الإصابة (**Mathur et al., 2013**). ذكرت أن مقارنة المركبات المتطايرة التي تم تحديدها من النباتات غير المصابة والمصابة بالمن من عدة*نباتات الكرنب*. يمكن أن يؤدي تلف النباتات الصليبية الناجم عن حشرات المن إلى إطلاق العديد من المركبات العضوية المتطايرة مثل مستقبلات الجلوكوزينولات والفينولات و التربينويدات .

(**Vos & Jander ,2010 ; Hien et al ., 2014**) ومع ذلك أظهرت نتائج أن *M.persica* يفضل النباتات *persica* التالفة لأن النبات المصاب أطلق العديد من المركبات العضوية المتطايرة مثل -alpha و beta pinene و (E) -3-hexen-1-ol, myrcene,1-hexanone, 5-methyl-1-phenyl, limonene, decane, gamma-terpinen and heptane, 2,4,4-trimethyl. هذه النتيجة متوافقة مع **(Najar-Rodriguez et al., 2015)** الذي ذكر أنه يمكن زيادة limonene ,alpha, peta pinene في النباتات الكرنب المصابة التي ينتشر فيها حشرات المن . إختفت بعض المركبات العضوية المتطايرة من النباتات المصابة مثل beta-pinene و(E) -3-hexen-1-ol **(Najar-Rodriguez et al ., 2015; Winde & Wittstock , 2011)** يمكن توقع الزيادة في decane ,beta pinene , (E)-3-hexen-1-ol في النباتات المصابة لأن هذه المركبات معروفة جيدا بإسم الأوراق الخضراء المتطايرة وتشارك في جذب الأعداء الطبيعيين مثل الطفيليات والحيوانات المفترسة (**Leroy et al., 2011; Li et al., 2017**) .يمكن إطلاق المركبات العضوية المتطايرة من قبل نبات*Brassicaceous* السليم وغير مصاب بكميات كبيرة (**Mumm et al.,2008**) تم العثور على هذه المركبات في مساحة الرأس لنباتات الملفوف المصابة ويمكن أن تشارك في جذب الحشرات النافعة كإستجابة لإنتشار المن (**Leroy et al., 2011; Li et al., 2017; Pinto-Zevallos et al ., 2018**) وبالتالي فإن إختيار SPME في إستخراج المركبات المتطايرة من نباتات الملفوف غير المصابة والمصابة بالعدوى *M.persica* كان يعتمد على مناطق الذروة لجميع المركبات المحددة في المعالجات. يمكن لحشرات المن أن تجد مضيفها بصريا وكيميائيا من خلال المواد الكيميائية واللون وحجم وشكل المضيف وقد يكون هذا دليلا مفيدا لجذب حشرات المن . تؤكد هذه النتيجة الدراسات السابقة (**Hatano et al.,2008; Hori, 1999; Döring, 2014**) التي تظهر أن حشرات المن تجد النباتات المضيفة لها عن طريق رائحة النبات وكذلك الإشارات البصرية علاوة على ذلك تم الإبلاغ عن إنجذاب حشرات المن إلى المواد المتطايرة للنبات بإستخدام مقياس الشم في تجارب إختبار روائح النبات ضد حشرات المن وقدرتها على العثور على المضيف (**Hori, 1999; Verheggen et al., 2013**) أشارت النتائج إلى أن حشرات المن تميل إلى الإنجذاب إلى كل من النباتات التالفة وغير التالفة .الملاحظة هي أن المركبات النباتية يمكن أن تفسر التباين في جاذبية حشرات المن وأيضا أن المركبات المتطايرة في النبات يمكن أن تزداد إستجابة للتغذية (**Züst et al., 2016 ; Hopkins et al., 2017**) يمكن زيادة عدد الأعداء الطبيعيين عند إضافة السماد العضوي**(Khidr, 2018)** بناء على المركبات العضوية المتطايرة من الملفوف . تم جذب *M .persica* إلى سبعة أنواع مختلفة من الملفوف بطرق مختلفة بالإضافة إلى ذلك *M . persica*.عديمة الأجنحة ينجذب بشكل كبير إلى صنف الملفوفQingan80 في المقايسات الحيوية لمقياس الشم على شكلY مقارنة بصنف الملفوف Yuanbao10 (**Ahmed et al., 2021; Ahmed et al., 2019**

أظهرت نتائج دراسات مقياس الشم أن الطفيليات تستجيب للمواد متطايرة من النبات وأن *A.colemani* و*A.abdominalis* تستجيب للرائحة المنبعثة من النباتات المصابة .كلا الطفيلين المختبرين يستجيبان بشكل كبير للمواد المتطايرة النباتية عند مقارنتها بمعالجة الهواء النقي هذه النتيجة متوافقة مع **(Kalule & Wright, 2004)**. تفضيل *A.colemani* و *A.abdominalis* أظهر عدم إستجابة الطفيليات للهواء النقي والملفوف غير المصاب (**van Emden et al .,2008**) شرح أن جذب الطفيليات يمكن أن

يكون أعلى بكثير للنبات المصاب ويهاجم حشرات المن التي تتغذى على نفس النبات مثل الطفيليات *A.colemani* و*A.abdominalis* أظهروا إستجاباتهم للمصابين ب*B. oleracea* مفضلين المواد المتطايرة التي يسببها المن . كلا الطفيلين لهما إستجابات كبيرة للنباتات الموبوءة بالمن .النتائج متوافقة مع **(da Silva et al., 2016)** الذي أظهر الطفيلي *A.colemani* يمكن أن ينجذب إلى المواد المتطايرة المنبعثة من*Brassicajuncea* ويفضل النباتات المتضررة من حشرات الخوخ الخضراء بدلا من النباتات التي تضررت بسببها*M. persicae* و *Plutella xylostella caterpillars*.

6.2. مناقشة الدراسة الثانية :

تبين أن التعرض الفردي لنباتات الفلفل الحلو للمواد المتطايرة من النباتات العشبية .مثل methyl jasmonate, methyl salicylate وخمسة أنواع منGLVs يحفز الدفاعات في النباتات المعرضة لHIPVs. نظمت جميع المواد المتطايرة الإصطناعية المختبرة بشكل كبير عن جينات المتعلقة بالدفاع PIN2 وAMP1 على الرغم من التشابه في التنظيم العام فإن بعض المواد المتطايرة قد أفرطت في التعبير عن تخليق النسخ وإشارات التحويل أكثر من غيرها ومن ثم فإن[(Z)-3-H]](Z)-3-hexenol كان المركب المتطاير الرئيسي المنظم لPIN2. في الواقع فان GLVs هي مركبات المبكرة والسريعة التي تم تصنيعها تحت هجوم العواشب وقد تم الإبلاغ عنها جيدا لقدرتها على تحفيز دفاعات النبات على الضغوط الحيوية وغير الحيوية **(Scala et al .,2013 ;Yamauchi et al.,2015 ;Cofer et al.,2018)** .لقد تم العثور عليها لتوجيه التعبير الجيني المرتبط بJA و إطلاق المركبات العضوية المتطايرة **(Engelberth et al .,2004 ; Frost et al.,2008 ; Timilsena et al.,2020)**. عندما تم تعريض نباتات الذرة السليمة بشكل منفصل ل (Z)-3-hexenolومركبات C6 الأخرى تم تنشيط مسار إشارات JA مما أدى الى زيادة مستوى جزيئات الجاسمونات.**(Engelberth et al.,2004 ;Ruther & Kleier, 2005)**

أثبتت العديد من الدراسات أن الإستخدام المشترك لمركبين متطايرين أو أكثر يتوسط إستجابة دفاعية محددة وقابلة للتكيف والتي تعزز الدفاعات المباشرة وغير المباشرة (Ruther and Kleier ,2005)، و التي يمكن أن تكون ذات فائدة كبيرة عند دمجها في برامج إدارة الآفات حيث في الذرة التآزر بين هرمون الإيثيلين وGLVs يؤدي إلى زيادة تحريض النبات و إنبعاثات المركبات العضوية المتطايرة **(Ruther & Kleier ,2005 ; Hu et al., 2019).**

أظهرت النتائج أن التعرض المتزامن لنباتات الذرة ل (Z)-3-hexenyl acetate و الأندول العطري المتطاير إستعدوا بشكل إضافي لإستجابة دفاعية محددة وإكتشاف ميزة مسار إشارات JA بالمقارنة مع التعرض الفردي لكلا المواد المتطايرة ومع ذلك فقد أدى هذا التعرض المزدوج إلى تأثير معاكس على تكوين المواد المتطايرة التي يسببها التعرض والتي تم تقليلها نوعيا من التعرض الفردي . مزيد من الدراسات التي تهدف إلي فهم إمكانات و موثوقية المواد المتطايرة مجتمعة وكيف تدمج النباتات إشارات متطايرة متعددة في الإستجابات الهرمونية مهمة لتحسين إستراتيجيات دفاعات النبات .

من معروف أن HIPVs تحفز الدفاعات وتحفز التخليق الحيوي الأيضي في النباتات الصحية **(Pérez-Hedo et al,2021b)**.هنا كلا الجينات الدفاعية PIN2وAMP1 تم الإفراط في التعبير عنها بشكل كبير في النباتات المعرضة للمركبات المتطايرة (الشكل32). AMP1هو جين الببتيدات المضادة للميكروبات المشارك في مقاومة واسعة النطاق لمسببات الأمراض البكتيرية والفطرية

(Lee et al.,2008) الإفراط في التعبير عن AMP1 يحفز مسار SA

(Bolouri-Moghaddam et al .,2016 ; Niu et al .,2020) . تم الكشف عن مسار الإشارات الدفاعية SA كآلية أساسية للدفاع عن النبات ضد مسببات الأمراض ذات التغذية الحيوية والحيوانات العاشبة التي تتغذى على اللحاء **(Erb et al .,2012)** وقد ثبت جيدا دوره الحاسم والوظيفي في تنظيم مسارات تحويل الإشارة وتفعيل المقاومة المحلية والمكتسبة **(Gaffney et al.,1993)** حيث من المعروف إشارات JA تعدل الدفاعات ضد مسببات الأمراض النخرية والحشرات القارضة**(Erb et al.,2012)**

تم التكهن بأن SA تتفاعل مع إشارات JA وقد تتطور معها**(Robert-Seilaniantz et al.,2020)** . يؤدي إرتفاع مقاومة مضغ الحشرات العاشبة إلى زيادة التعرض للحشرات التي تتغذى على اللحاء ومع ذلك فإن إرتباط JAوSA إما بشكل متضاد أو متآزر يعتمد على العوامل الممرضة العاشبة **(Spoel et al .,2003; Beckers & Spol,2006)**

. هنا تم تنظيم مسارات إشارات حمض الجاسمونيك JA وحمض الساليسيليك SA بشكل تآزري في نباتات الفلفل الحلو المعرضة لHIPVs (الشكل32) و بالمثل تعرض نباتات الطماطم لنفس المركبات المتطايرة**(Pérez -Hedo et al .,2021a)** تنشط الاستجابة الدفاعية بواسطة JAو SA. تم توثيق دور الهرمونات النباتية SAو JA في التنظيم الداخلي للسمات المتعلقة بالدفاع عن النبات بشكل جيد. لقد ثبت أن التطبيق الخارجي ل MeSA و MeJA يستنبط دفاعات النبات ويحتمل أن يدير الآفات العاشبة **(Vallad & Goodman ,2004 ; Erb et al.,2012 ; Santino et al .,2013 ; Cao et al., 2014 ; Freitas et al., 2018)**

لا يبدو أن المسار التمثيل الغذائي ABA قد نتج عن المركبات المتطايرة السبعة في هذه التجربة وبالمثل في نباتات الذرة المعرضة للأندول العطري المتطاير **(Ye et al.,2019)**. لم يتأثر تراكم ABA بالتعرض، على النقيض من ذلك فإن تعرض نباتات الذرة لنفس المواد المتطايرة أي الأندول عزز إنتاج الهرمون النباتيABA **(Erb et al.,2015)** قد تكون هذه الإختلافات في الإستجابة الهرمونية بواسطة HIPVs بسبب تنوع الأنواع النباتية أو إلى خصوصية المواد المتطايرة في إطلاق إشارات متتالية **(Engelberth .et al., 2013)**

يؤدي تحريض دفاعات النبات عن طريق التعرض للمواد المتطايرة إلى تأثير مباشر (على سبيل مثال صد تغذية الحشرات أو وضع البيض) وتأثيرات غير مباشرة (على سبيل مثال جذب حيوانات المفترسة أو طفيليات) على الآفات الحشرية . في هذا العمل أظهر تحليل السلوك الشمي أن النباتات تتعرض للمواد المتطايرة (Z)-3-HP وMeSA طاردان للحشرات العاشبة *F.Occidentalis*(الشكل A33) ومع ذلك المفترس *O.laevigatus* كان ينجذب بشدة للنباتات المعرضة لMeSA, MeJA

(Z)-3-HB , (Z)-3-HP, (Z)-3-Hو (الشكل B33).في العديد من المحاصيل تم الإبلاغ عن أن تعرض النباتات للمواد المتطايرة يقلل من أداء الآفات ووضع البويضات مع جذب الأعداء الطبيعيين ،على سبيل المثال نباتات الطماطم تتعرض لـ(Z)-3-HPوMeSA أثرت في جاذبيتها لآفات الطماطم *T.aboluta, B.tabaci, F.occidentalis*(**pérez-Hedo et al.,2021**) أيضا نباتات الطماطم عندما

تتعرض ل (Z)-3-hexenol يقلل من معدل وضع البيض ويقلل من نشاط التغذية ل *B.tabaci* في حين أنها زادت من جاذبية الطفيلي**(Yang et al .,2020)** *E .Formasa*. في الذرة أيضا أظهرت الدراسات السابقة أن الأندول العطري المتطاير يمكن أن يثير دفاعات مباشرة في الذرة وصد *Spodoptera*

littoralis Boisduval (Lepidoptera :Noctuide) وزيادة معدل وفيات **(Veyrat et al.,2016 ; Y et al., 2019)**

يجعل تعرض النبات ل HIPV آليات الدفاع أقوى وأكثر قوة على سبيل المثال كان تكوين وكمية المواد المتطايرة المنبعثة من نباتات الطماطم بعد التعرض لمركبات HIPVs أعلى
(Pérez-Hedo et al., 2021a) من تلك التي يسببها هجوم الحيوانات العاشبة
(Pérez-Hedo et al .,2018) قد تؤدي زيادة كمية المواد المتطايرة المنبعثة في النباتات التي يسببها HIPVs إلى إستعداد الإستجابة التكوينية للنبات (Zhang et al.,2020).في الواقع عندما تتعرض النباتات للمواد المتطايرة التي تسببها الحيوانات العاشبة *Spodoptera exigua* (*Lepidoptera :Noctuidae*) تخصص المزيد من الموارد في الدفاعات المستحثة عن طريق تحضير تراكم JA و مثبط البروتين (PI-II) وتعزيز إنبعاث المركبات الكيميائية بينما كان تعديل الدفاع التأسيسي عن طريق إنتاج (PI-II) وزيادة الوزن في *S.exigua* محدودا على الرغم من أن العديد من الدراسات قد ذكرت أن الدفاعات المستحثة تأتي على حساب بعض الآليات الفسيولوجية وتؤثر سلبا على أداء النبات وصلاحيته **(Baldwin,1998 ; Heil & Baldwin,2002)**

(Bouagga et al.,2017,2018)حددت مجموعة المواد المتطايرة المنبعثة عند تغذية *O.laevigatus, M .pygmaeus* و *N.tenuis* التي تنتمي إلى GLVs esters، terpenes,و methyl salicylateومع ذلك في هذا العمل لم يتم توصيف مركبات HIPV المنبعثة بعد تحريض دفاع النبات من خلال التعرض للمواد المتطايرة لذلك سيكون من المهم تحديد هذه المواد المتطايرة وقياس مستوى الإنبعاث وأيضا دراسة تكاليف وفوائد تحريض دفاعات النبات من خلال HIPVs expore وبشكل عام توضح أن التعرض HIPVs يمكن أن يثير إستجابة مقاومة في الفلفل الحلو من خلال تحريض مسارات إشاراتJAو SA كما يمكن أن تعزز HIPVs مقاومة النبات للحيوانات العاشبة (أي خلال عملية الطرد) وقد تتوسط قابلية الحيوانات العاشبة للتأثر بعوامل المكافحة البيولوجية الطبيعية ومع ذلك لا تزال العديد من الأسئلة مفتوحة ماهي HIPVs المنبعثة من HIPVs النباتات المكشوفة ؟ يمكن أن تؤثر HIPVs على سلوك آفات الفلفل الحلو الأخرى؟ بالإضافة إلى دفاعات الكيميائية (إطلاق المركبات العضوية المتطايرة) قد يؤدي التعرض لHIPVs الى تحفيز الدفاعات الهيكلية التي تعزز كثافة الترايخومات الغدية المعروفة بدورها في إفراز المستقلبات الثانوية حماية النبات؟ كيف يمكن أن تتفاعل المواد المتطايرة المتعددة مع إستجابة النبات الأولية؟ كيف تدمج النباتات الإشارات الكيميائية لإستهداف آليات التمثيل الغذائي؟ هل توجد تكلفة /فائدة متوازنة لتفعيل مجموعات الدفاع المستحث ضد الحيوانات العاشبة؟ ستساعد الإجابة على هذه الأسئلة على فهم فعالية HIPVs في الحث الدفاعي وبالتالي توفير نهج موثوق ومستدام لإدارة الآفات.

الخاتمة

النباتات من آيات الله في الأرض ومن بدائع صنعه في الخلق والتقدير والنبات كائن حي يتنفس ينمو ويكبر ويحيا ويموت حسب سنة الله تعالى في الكون فهو يسجد لعظمته ويسبح بحمده، وقد سخر الله النباتات للإنسان، فالنبات واهب الحياة للإنسان و الحيوان ، فهو الحلقة الأولى من سلسلة الحياة التي تنظم الكائنات الحيّة.

مشاغل العلماء لاكتشاف الحقائق وجعل ما كان بالماضي ضربا من الخيال والأوهام هو اليوم حقائق ملموسة ،ولعل ما تطرقنا إليه في هذا البحث سيكون له نفس مآل تلك المواضيع المثيرة للجدل ذات الأطراف المؤيدة والأخرى المعارضة .

من خلال ما وجدنا من بحوث و دراسات سابقة فإن النبات كائن ذكي يتّسم بسلوك ذو مرونة ظاهريّة، برغم من ثباته في التربة لكنّه يقوم بحركات مختلفة و النباتات تستطيع الاستشعار للظروف المحيطة بها والتفاعل معها. على سبيل المثال، عندما تشعر النباتات بضوء الشمس، تقوم بتوجيه أوراقها نحوه .

بعض الدراسات أظهرت أن النباتات علي رغم من غياب أجهزة الحواس لديها إلا أنها تحس وتستشعر ما حولها من لمس وترددات وغيرها. كما يمكن تذكر الأحداث والظروف و إستخدام هذه المعلومات لمواجهة التحديات المستقبلية .

كما وجدنا أنّ النباتات تتواصل بطرق مختلفة وعلى مستويات مختلفة، فهي تصدر مواد كيميائية ، والتي تساعد في التواصل مع أجزاء أخرى من النبات نفسه أو مع نباتات أخرى في البيئة المحيطة كما تتواصل النباتات مع الكائنات الأخرى فينتج عنه علاقات مختلفة تعايشيّة أو،تكافليّة أو دفاعية وغيرها .

الدفاع وهو مجموع الآليات والعمليات التي يستخدمها النبات لحماية نفسه من العوامل الضارة مثل الآفات الحشرية والأمراض. تعتمد إستراتيجيات دفاع النبات على مجموعة متنوعة من التفاعلات البيولوجية والكيميائية التي تمكن النبات من البقاء على قيد الحياة والنمو بشكل صحيح ومنها آليات الدفاعية المباشرة بما تحمله من وسائل تركيبية أو بيوكيميائية أو آليات غير مباشرة نتيجة تفاعله مع غيره من الكائنات الحية.

في بعض الحالات، عندما تتعرض النباتات للهجوم الحشري، تنتج مركبات كيميائية خاصة تعمل كرسالة إستغاثة وتكون هذه الرسائل تحذيرية إلى النباتات المجاورة أرسائل إستغاثية ترسل للحيوانات المفترسة للعواشب المهاجمة ، كونها تمثل العدو الطبيعي لها ، فالنبات يعامل غيره من العواشب على أساس نقاط ضعفهم ويختار الأسلوب الأنسب لصدهم.

من التّجارب و الأبحاث و أيضا الدراسات التي أجريت على نباتي الفلفل الحلو ونبات الكرنب توصلنا إلى أن النباتين يدافعان ،حيث أظهرت التجارب في نبات الفلفل الحلو أن جميع المواد المتطايرة تسببت في دفاعات النبات عن طريق تنظيم مسارات حمض جاسمونيك وحمض السالسيليك، كما تؤدي إلى إستجابة

*Frankliniella occidentalis*أحد آفات الفلفل الحلو الرئيسية و*Oriuslaevigatus* العدو الطبيعي الرئيسي ل *F .occidentalis*،أما نباتات الكرنب المصاب ب *M.persicae*وغير مصابة تنتج حوالي 28 مركب من المركبات العضوية المتطايرة لكن في البنات المصاب ينتج أكبر عدد مركب من المركبات العضوية المتطايرة، كما تعمل على جذب الطفيليات *A.colemani* و*A.*abdominalis العدو الطبيعي ل*M.persicae*.

كما ونختم بحثنا هذا بمجموعة من التوصيات:

- ✓ تتطور بعض النباتات لتكون أكثر مقاومة لأنواع معينة من الحشرات عن طريق التحسن الوراثي الطبيعي.
- ✓ تقليل الحاجة إلى المبيدات الحشرية الاصطناعية ، من خلال تطوير نباتات محاصيل مقاومة للحشرات العاشبة ،سيكون ذا فائدة كبيرة لصناعة الأغذية والإنتاج ، على المستويين الاقتصادي والبيئي .
- ✓ تحسين الدفاعات النباتية بإستخدام تقنيات التحرير الجيني لتحسين قدرة النباتات على إنتاج منتجات كيميائية .
- ✓ فهم آليات تواصل النبات هو الأسلوب الأنجع في تطويره وإستغلاله الأمثل و معاملته على مبدأ أنه كائن ذكي يستقبل ويستجيب للمؤثرات الخارجية.

قائمة المراجع

المراجع :

كتب باللغة العربية :

1. **أبو جاد الله ج.م (2010)** " فسيولوجيا و بيولوجيا النبات الجزيئية أثناء الإجهاد المائي" قسم النبات – كلية العلوم ، جامعة دمياط – مصر، صفحة 116.
2. **النعيمي س.ن ، (2021)** دماغ النبات ، دار الكتاب العلمية ، بيروت ، لبنان ، ص : 3.
3. **بارسونس ،ب (2008)** 1001 فكرة عن العلوم (الفيزياء ، الكيمياء ، الأحياء) . محمد، محمد.ه ، المجموعة العربية للتدريب و النشر ،القاهرة ، ص : 187.
4. **سليمان ح.ا، د (2008)** "عماد فسيولوجيا النبات" مكتبة جزيرة الورد ، القاهرة ، مصر، ص: 247-248، 258-266،259، 274-275 ، 283-284، 297-298، 300 ، 306.
5. **وصفي ع.د (1995)** "منظمات النمو و الإزهار" ، المكتبة الأكاديمية ، القاهرة ، مصر ، ص : 59 ، 60 ، 62 ، 72 ، 105، 107 ، 110.

المقالات :

1. **السنباطي .م (2017)** " لا تستهين بعقول النباتات "Scientific American للعلم.
2. **عبد الرحيم. ا (2004)** "ذكاء النبات في الميزان " مجلة العربي.العدد 546 .
3. **الجواري .هايس(2021)** " تصنيف المملكة النباتية "جامعة الموصل ،العراق .

المذكرات :

1. **باي. ر، حويذق .و (2022)** "آليات التواصل، الدفاع و الاستغاثة عند النباتات ، دراسة نبات الطماطم *Solanum Lycopersicum* دراسة مقارنة و مراجعة". مذكرة لنيل شهادة ماستر 2 ، جامعة حمه لخضر- الوادي ، ص : 8-54-56-108-113-114.

المحاضرات :

1. **الطاليب ل .ح. ع (2021)** "مملكة النبات " ، جامعة الموصل، العراق، ص 64-65 .
2. **بوجنيبة .م ، خناق .م (2008)** "بيولوجيا النبات " المدرسة العليا للاساتدة القبة الجزائر ، ص : 1.
3. **بولعسل.م (2020/2021)** " تأقلم النباتات الزهرية " جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1، ص :56-57.
4. **شويخ .ع (2020/2019)** "التنوع الحيوي النباتي ، مقارنة تصنيفية " جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي،ص7 .

المواقع :

1-
https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/12/12_2018_10_22!06_03_17_PM.pdf

2- https://faculty.uobasrah.edu.iq/uploads/teaching/1628494339.pdf

3- https://www.uoanbar.edu.iq/eStoreImages/Bank/1105.pdf

4- https://www-biologyonline-com.translate.goog/articles/plant-sets-off-sos-for-plant-defense-when-it-gets-hurt?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ar&_x_tr_hl=ar&_x_tr_pto=sc

5- https://www.ibelieveinsci.com/%D9%87%D9%84-%D8%AA%D8%AA%D8%AD%D8%AF%D8%AB-%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%A8%D8%A7%D8%AA%D8%A7%D8%AA-%D8%A5%D9%84%D9%89-%D8%A8%D8%B9%D8%B6%D9%87%D8%A7%D8%9F/

6- https://www.syr-res.com/article/11307.html?fbclid=IwAR3qxIxyMyZY9sTPZOFLf-cTpwD2ybM5B1l9Dpo7cTAEHr_H19_QBq1x32c

7- https://www.mosw3a.com/ar/%D9%83%D9%84%D8%A7%D9%85-%D9%86%D8%A8%D8%A7%D8%AA-%D9%84%D8%A7%D8%AA%D8%B3%D8%AA%D9%87%D9%8A%D9%86%D8%A8%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%A8%D8%A7%D8%AA%D8%A7%D8%AA-%D9%84%D8%A7%D9%86%D9%87%D8%A7-%D8%AA%D8%AD/

مراجع باللغة الانجليزية :

كتب :

1. **Baluška F , Ninkovic V (2010)** "Plant Communication from an Ecological Perspective", springer, P : 2.

2. **Hallahan D.L, Gray J.C (2000)** "Botanical Research incorporating Advances in Plant Pathology Plant Trichomes", Academic Press.
3. **Heinrich M.S, Ruxton G.D. (2011)** " Plant-Animal Communication , Publisher : Oxford University Press, doi.org/10.1093.
4. **Mohler C.L, Teasdale J.R, DiTommaso A (2021)** "MANAGE WEEDS ON YOUR FARM A GUIDE TO ECOLOGICAL STRATEGIES" , P: 158.
5. **Nakano M (2020)** "Red Seal Landscape Horticulturist Identify Plants and Plant Requirements" ,P: 38,40-41.
6. **Walters D.R, Newton A.C, Lyon G.D (2014)** "Induced Resistance for Plant Defense: A Sustainable Approach to Crop Protection", Wiley-Blackwell.
7. **Zimdahl R.L (2018)** " Fundamentals of Weed Science" P: 54-56.

المقالات :

1. **Ahmed Q , Agarwal M , Alobaidi R, Zhang H, Ren Y (2022)** "Response of Aphid Parasitoids to Volatile Organic Compounds from Undamaged and Infested Brassica oleracea with *Myzus persicae*" , Journal of Molecules, P:1-13, doi.org/10.3390.
2. **Aljbory Z, Chen M.S (2016)** "Indirect plant defense against insect herbivores: A review", P:1-51, doi: 10.1111.
3. **Antos J.A , Filipescu C.N , Negrave R.W (2016)** "Ecology of western redcedar (*Thuja plicata*): Implications", for management of a high-value multiple-use resource Forest Ecology and Management 375 (2016) 211–222, doi.org/10.1016.
4. **Atwell BA , Kriedemann PE, Turnbull CJN** (2018) "Plant hormones : chemical signalling in plant development".
5. **Baldwin I.T (2015)** "Rediscovering the bush telegraph" P: 282-283, doi.org/10.1038.
6. **Barbehenn R.V, Constabel C.P (2011)** "Tannins in plant–herbivore interactions", Journal of Phytochemistry: 72, P: 1551–1565, doi:10.1016.
7. **Bezerra R.H, Souto L, Goulart Sant'Ana A.E, Amborgi B.G (2021)**, "Indirect plant defenses: volatile organic compounds and extraforal nectar", Arthropod-Plant Interactions doi: 10.1007.
8. **Busch W, Benfey P.N (2010)** "Information processing without brains – the power of intercellular regulators in plants", Journal of Development 137, 1215-1226 (2010) doi:10.1242.

9. **Casaretto J.A, Corcuera L.J (1995)** "Plant proteinase inhibitors: A defensive reponse against insects", Journal Biological Research 28, P: 239-249.
10. **Chen H, Gonzales-Vigil E, Wilkerson G.G, Howe G.A (2007)** "Stability of Plant Defense Proteins in the Gut of Insect Herbivores", Journal of Plant Physiology, vol.98, pp. 1954–1967.
11. **Chirstmann A, Grill E (2013)** " Electric defence " Research News and Views , are in the Department of Plant Sciences.
12. **Chomicki G, Ward PS, Renner SS (2015)** "Macroevolutionary assembly of ant/plant symbioses: *Pseudomyrmex* ants and their ant-housing plants in the Neotropics", Proc Bio Sci 282, P: 1-9, doi.org/10.1098.
13. **Dahlin I, Ninkovic V, Radonjic A.V (2014)** "Changed host plant volatile emissions induced by chemical interaction between unattacked plants reduce aphid plant acceptance with intermorph variation" Journal of Pest Science. doi: 10.1007.
14. **Davies E (2006)** "Electrical Signals in Plants: Facts and Hypotheses" P: 408-422, doi: 10.1007.
15. **Dev M, Rawat S, Kumar S (2023)** "Role of Secondary Metabolite in Plant Defense", P: 1-8.
16. **Feldmen L.J (2009)** "Insectivorous Plants", Encyclopedia of insects book, second Edition, P:511.514, doi.org/10.1016.
17. **Fürstenberg-Hägg J, Zagrobelny M, Bak S (2013)** "Plant Defense against Insect Herbivores", Journal of Molecular Sciences, 14, P: 10242-10297, doi:10.3390.
18. **Garcia-Servin M.A, Mendoza-Sanchez M, Contreras-Medina L.M (2021)** Theor. Exp. Plant Physiol. (2021) 33:125–139 doi.org/10.1007.
19. **Ghosh S, Bheri M, Bisht D, Pandey G.K (2021)** "Calcium signaling and transport machinery: Potential for development of stress tolerance in plants" Current Plant Biology 29 (2022) 100235,doi.org/10.1016.
20. **Halpern M, Raats D, Lev-Yadun S(2007**) "The Potential Anti- Herbivory Role of Microorganisms on Plant Thorns", Journal of Plant Signaling & Behavior, P:503-504, doi: 10.4161.
21. **Hedrich R, Neher E (2018)** "Venus Flytrap: How an Excitable, Carnivorous Plant Works", Journal of Trends in Plant Science, March 2018, Vol. 23, No. 3, doi.org/10.1016.

22. **Heil M (2015)** "Extrafloral Nectar at the Plant-Insect Interface: A Spotlight on Chemical Ecology, Phenotypic Plasticity, and Food Webs", Journal Annual Review, Entomol. 60, P: 213–32.
23. **Heil M, Koch T, Hilpert A, Fiala B, Boland W, Linsenmair K.E (2001)** "Extrafloral nectar production of the ant-associated plant, Macaranga tanarius, is an induced, indirect, defensive response elicited by jasmonic acid", Journal of Pnas, P: 1083–1088, doi10.1073.
24. **Hepenstrick D, Hoffer-Massard F (2014)** "Un xénophyte asiatique du groupe Cardamine flexuosa: identification, nomenclature et génétique', Journal of Bulletin du Cercle vaudois de botanique 43: 69-76.
25. **Hirokazu U, Yukio K, Kazuhiko M (2012)**, "Plant communication Mediated by individual or blended VOCs?", Journal of Plant Signaling & Behavior 7:2, 222–226.
26. **Hlusko L (2022)** "Plant Defense: Thorns, Smells and Flowers"
27. **Holopainen K. J, Blande D.J, Sorvari J (2020)**"Functional Role of Extrafloral Nectar in Boreal Forest Ecosystems under Climate Change" Journal of Forests 2020, 11, 67; doi:10.3390/f11010067.
28. **Huchelmann A, Boutry M, Hachez C (2017)** "Plant Glandular Trichomes: Natural Cell Factories of High Biotechnological Interest", Journal of Plant Physiology, Vol. 175, pp. 6–22, doi/10.1104.
29. **Katsir L, Davies K.A, Bergmann D.C, Laux T (2011)** "Peptide Signaling in Plant Development" Current Biology 21, R356–R364, doi 10.1016/j.cub.2011.03.012.
30. **Kessler, A.; Halitschke, R.; Diezel, C.; Baldwin, I.T.,(2006)** "Priming of plant defense responses in nature by airborne signaling between Artemisia tridentata and Nicotiana attenuata", Oecologia , 148, 280–292.
31. **Kumar S, Abedin Med.M , Singh A.K ,Das S (2020)** "Role of Phenolic Compounds in Plant-Defensive Mechanisms", Springer Nature Singapore, doi.org/10.1007.
32. **Li J-H, Fan L-F, Zhao D-J, Zhou Q, Yao J-P, Wang Z-Y, Huang L (2021)** "Plant electrical signals: A multidisciplinary challenge" Journal of Plant Physiology 261 (2021) 153418.
33. **Mahr S (2015)** "Blanket Flower, Gaillardia spp", Wisconsin horticultur.
34. **Mandal M, Sarkar M, Khan A, Biswas M, Masi A, Rakwal R, Agrawal G.K, Srivastava A, Sarkar A (2022)** "Reactive Oxygen Species (ROS) and

Reactive Nitrogen Species (RNS) in plants– maintenance of structural individuality and functional blend" Advances in Redox Research 5 (2022) 100039, doi.org/10.1016.

35. **Mayer V.E, Frederickson M.E , McKey D, Blatrix R (2014)** "Current issues in the evolutionary ecology of ant–plant symbioses", Journal of New Phytologist, P: 749–764, doi: 10.1111.
36. **Mithofer A, Boland W (2012)"**Plant Defense Against Herbivores: Chemical Aspects", Journal of Annual Review, Plant Biol: 63, P: 431–50.
37. **Paré P.W, Tumlinson J.H (1999)** "Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores" ,Journal of Plant physiologie, vol 121, pp. 325–331.
38. **Qi J, ul Malook S, Shen G, Gao L, Zhang C, Li J, Zhang J, Wang L, Wu J (2018)** "Current understanding of maize and rice defense against insect herbivores", Journal of Plant Diversity, P: 1-7,doi.org/10.1016.
39. **Reddy J (2016)** "OBSERVATIONS AND STUDIES ON THE INTELLIGENCE OF PLANTS", World Journal of Pharmaceutical Research Vol 5, P:1052-1067, doi: 10.20959.
40. **Riahi C, González-Rodríguez J, Alonso-Valiente M, Urbaneja A, Pérez-Hedo M (2022)** "Eliciting Plant Defenses Through Herbivore-Induced Plant Volatiles", francial P: 1-8, doi: 10.3389.
41. **Romero G.Q , Benson W.W (2005)** "Biotic interactions of mites, plants and leaf domatia", Journal of Current Opinion in Plant Biology :8 , P: 436–440 ,doi 10.1016.
42. **Ricci C, Ponti L, Pires A (2005)** "Migratory flight and pre-diapause feeding of *Coccinella septempuncata* (Coleoptera) adults in agricultural and mountain ecosystems of Central Italy", European Journal of Entomology 102, P: 531-538, doi: 10.14411.
43. **Sales E, Nebauer S, Muller-Uri F, Segura J (2011)** "Digitalis" Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Plantation and Ornamental Crops , P: 73-112, doi 10.1007.
44. **Singh H, Dixit S, Verma P.C, Singh P.K (2013)** "Differential peroxidase activities in three different crops upon insect feeding", Journal of Plant Signaling & Behavior , e25615, doi.org/10.4161.
45. **Sorensen J.T (2009)** "Aphids", Encyclopedia of insects book, second Edition , P: 27-30, doi.org/10.1016 .

46. **Stankovic B, Davies E (2018)** "Communication Within Plant Cells", Springer International Publishing AG 2018, P : 205-219 23, doi.org/10.1007.
47. **Steffens J.C, Harel E, Hunt M.D (1994)** "Poly Phenol Oxidase", Book in Genetic Engineering of Plant Secondary Metabolism, P: 275, 312, doi.org/10.1007.
48. **Thirkell J.T, Charters M.D, Elliott J.A, Sait S.M, Field K.J (2017)** – "MINI-REVIEW: ECOLOGICAL SOLUTIONS TO GLOBAL FOOD SECURITY Are mycorrhizal fungi our sustainable saviours? Considerations for achieving food security", Journal of Ecology 2017, 105, 921–929.
49. **Tilney P.M, van Wyk A.E, van der Merwe C.F (2012)** "Structural Evidence in Plectroniella armata (Rubiaceae) for Possible Material Exchange between Domatia and Mites", Jounal of PLoS ONE 7(7): e39984. doi:10.1371.
50. **Tjosvold S.A, Karlik J.F (2003)** "Insects and other Animals/Thrips", Elsevier Ltd, P: 437.
51. **Tobyn G, Whitelegg M, Denham A (2011)** "Paeonia officinalis, paeony" In book: Medical Herbs P: 231-239 doi: 10.1016.
52. **Trewavas A (2003)** "Aspects of plant intelligence", Journal of Annals of Botany 92,1-20.
53. **Trewavas A (2005)** "Green plants as intelligent organisms" , Journal of Trends in Plant Science 10, 414-419.
54. **Unsicker S.B, Kunert G, Gershenzon J (2009)** "Protective perfumes: the role of vegetative volatiles in plant defense against herbivores", Journal of Current Opinion in Plant Biology :12 , P: 479–485.
55. **Van Loon1 L.C (2016)** "The Intelligent Behavior of Plants", Trends in Plant Science, Vol. 21, P: 286-292 ,doi.org/10.1016.
56. **War A.R, Paulraj M.G, Ahmad T, Buhroo A.A, Barkat H, Ignacimuthu S, Hari Chand Sharma H.C (2012)** "Mechanisms of Plant Defense against Insect Herbivores", Journal of Plant Signaling & Behavior 7:10, P: 1306-1320, doi.org/10.4161.
57. **Witzany G (2006)** "Plant Communication from Biosemiotic Perspective, Journal of Plant Signaling & Behavior", 1:4, 169-178.
58. **Xiaofei Y, Zhongyi W, Lan H, Cheng W, Ruifeng H, Zhilong X, Xiaojun Q (2008)** "Research progress on electrical signals in higher plants" Journal of Progress in Natural Science 19 (2009) 531–541.

59. **Zakir A, Medhat S, Marie B, Bill H, Peter W (2013)** "Herbivoreinduced Plant Volatiles Provide Associational Resistance against an Ovipositing Herbivore " journal of Ecology 101 no.2 410- 417.
60. **Zdenka B, David J, Toby B, John P, Lucy G (2013)** "Underground allies: How and why do mycelial networks help plants defend themselves ?" Journal of Bioessays 36: 21–26.