الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مـــذكرة تخرج مقدمة لنيـــل
شهـــادة مـــاستر أكـــاديمي

شعبة العلوم البيولوجية

تخصص: التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

المـوضـــوع

المركبات العضوية المتطايرة النباتية VOCs و تأثيرها الأليلوباتي دراسة مقارنة و مراجعة

من إعداد الطالبتين:

- جخراب غفران
- جخراب البتول

نوقشت أمام لجنة المناقشة:

أ.د. شويخ عاطف	أستاذ التعليم العالي	**" مؤطـــرا"**	جـــامعة الوادي
أ. جهرة علي بوتليليس	أستاذ التعليم العالي	**" رئيســا "**	جـــامعة الوادي
د. قادري منيرة	أستاذة محاضرة - أ -	**"ممتحـــننا"**	جـــامعة الوادي

الموسم الجامعي: 2022-2023

الإهداء

إلى ديننا الحنيف ... الإسلام
إلى وطننا الـغالي ... الجـزائـر
إلى عـائلتي الكريمة ... جخراب

شكر وعرفان

الحمد لله الذي رزقَنا حُسْنَ الاختيار، الحمد لله الذي أنْعَمَ علينا بالصبرِ والعزيمة والإصرَار.

الحمد لله الذي رزقنا القوةَ خلال هذا المسَار، الحمد لله شكرًا وامتنانا وإقرارًا بفضله واعترافًا بعظيم كرمهِ، الحمد لله حمدًا كثيرا طيبا مباركً فيه.

نتقدم بجزيل الشكر إلى ***البروفيسور شويخ عاطف*** لاقتراحِه هذا الموضُوع ولإرشادهِ المستمر وملاحظاتهِ القيمة خلالَ سير العمل.

كل الشكر والعرفان إلى من درسنا عِلمًا أو أرشدنا إليه.

الملخص

يهدف هذا العمل إلى التعرف على المركبات العضوية المتطايرة النباتية VOCs و تأثيرها الأليلوباتي اتجاه النباتات المجاورة من حيث التأثير على الوظائف الحيوية للنبات.

من خلال هذه الدراسة تم مقارنة ومراجعة التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة النباتية , وكان ذلك بدراسة مقالتين تجريبيتين تتضمنان تجارب علمية على مركبات مستخلصة من نباتين , هما اليوكالبتوس *Eucalyptus spp.* و الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* , و مدى تأثيرها على بعض الخصائص الفيزيولوجية للنباتات كإنبات البذور و نمو المجموع الجذري و الخضري .

من خلال التعمق في نتائج الدراستين وجدنا أن النباتان المدروسان يحتويان على العديد من المركبات العضوية المتطايرة حيث :

- أوراق نبات اليوكالبتوس غنية بالمركبات الأليلوباتية المتطايرة أهمها التربينات مثل cineole ، linalol و α-pinene التي كان لها تأثير مثبط على إنبات ونمو الرويشة و الجذير لبعض نباتات الزينة كالأقحوان .

- تحتوي إبر و جذور نبات الصنوبر الحلبي على العديد من المركبات الأليلوكيميائية المتطايرة مثل α - pinene, myrcene , copaene و أهمها β caryophyllene التي أوضحت نتائج التجارب أنه يعمل على تثبيط إنبات و نمو بذور نباتي الخس *lactuca sativa* و الكتان *linum strictum* . كما تبين أنه كلما كان تركيز المركبات العضوية المتطايرة عاليا كان تأثيرها التثبيطي قوي , وأن لبكتيريا التربة إمكانية تعديل التأثير السلبي للمركبات العضوية المتطايرة و الحد من تأثيراتها .

الكلمات المفتاحية : المركبات العضوية المتطايرة , الأليلوباتي , التربينات , التأثير التثبيطي , النمو , الإنبات .

Abstract

This work aims to identify plant Volatile Organic Compounds (VOCs) and their allelopathic effect on neighboring plants in terms of affecting plant vital functions.

Through this study, the allelopathic effect of plant volatile organic compounds was compared and reviewed, and that was by studying two experimental articles that included scientific experiments on compounds extracted from two plants, *Eucalyptus* spp. and *Pinus halepensis*, and its effect on some physiological characteristics of plants, such as seed germination, root growth and vegetative growth.

By going deeper into the results of the two studies, we found that the two studied plants contain many volatile organic compounds, as:

- Eucalyptus leaves are rich in volatile allelopathic compounds, the most important of which are terpenes such as cineole, linalol and α-pinene, which had an inhibitory effect on the germination and growth of the stem and root of some ornamental plants such as *chrysanthemum*.
- The needles and roots of the *Pinus halepensis* contain many volatile allelochemical compounds such as myrcene, α-pinene and copaene, the most important of which is β-caryophyllene, which the results of the experiments showed that it works to inhibit the germination and growth of the seeds of lettuce (*Lactuca sativa*) and flax (*Linum strictum*). It was also shown that the higher the concentration of volatile organic compounds, the stronger their inhibitory effect, and that soil bacteria have the ability to modify the negative effect of volatile organic compounds and limit their effects.

Keywords: Volatile Organic Compounds (VOCs), Allelopathy, Terpenes, the inhibitory effect, growth, germination .

قائمة الأشكال

الشكل 1 تدخلات GLVs في الدفاع عن النبات (Scala et al.,2013) _____ ***2***

الشكل 2 الهياكل والمصادر النباتية التمثيلية لـ monoterpenes و sesquiterpenes المتطايرة (Rosenkranz, 2016) ___ **2**

الشكل 3 التركيب الكيميائي لل methyl jasmonate -(Santino, 2013) _____ ***3***

الشكل4 التركيب الكيميائي لحمض اللينوليك (Whelan , 2013) _____ ***3***

الشكل 5 التركيب الكيميائي لحمض اللينولينيك (Whelan , 2013) _____ ***4***

الشكل 6 مسارات التخليق الحيوي للمركبات العضوية المتطايرة الرئيسية: تربينويد (بنفسجي) ، فينيل بروبانويد / بنزينويد (أزرق) ومشتقات الأحماض الدهنية (أصفر) (Degenhardt , 2009 ***)*** _____ ***7***

الشكل 7 التطبيقات الممكنة للمركبات العضوية المتطايرة النباتية في الزراعة (Federico , 2019)_____ ***8***

الشكل 8 مسارات التأثير الأليلوباتي عند النباتات(ELroy , 1984) _____ ***14***

الشكل 9 هياكل بعض المواد الكيميائية الأليلوكيميائية التي تنتجها النباتات. (Rice ,1974)_____ ***15***

الشكل 10رسم تخطيطي (أ) وصورة (ب) للتصميم التجريبي المستخدم لاختبار تأثيرات المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من إبر وجذور الصنوبر على معدل إنبات البذور ونمو جذر *Lactuca sativa* و *Linum srictum* **.** _____ ***30***

الشكل 11 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على إنبات بذور *Lactuca sativa* (أ) و *Linum srictum* (ب) وفقًا لمصدر VOC من *Pinus halepensis* . _____ ***31***

الشكل 12 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على إنبات بذور *Lactuca sativa* (أ ، ج) و *Linum srictum* (ب , د) وفقًا لجرعة الـVOCs و نوع الركيزة **.** _____ ***32***

الشكل 13 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على إنبات بذور *Lactuca sativa* وفقًا لمصدر VOC من *Pinus halepensis* × تفاعل الركيزة _____ ***32***

الشكل 14 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* (أ ، ب ، ج) و *Linum srictum* (د , هـ , و) وفقًا لمصدر VOC من *Pinus halepensis* (أ ، د) ، الجرعة (ب ، هـ) و نوع الركيزة (ج ، و). _____ ***33***

الشكل 15 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* (أ) ، ونمو جذر *Linum strictum* وفقًا لتداخل مصدر VOCs من *Pinus halepensis* × الركيزة _____ ***34***

الشكل 16 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* وفقًا لتداخل الجرعة × الركيزة _____ ***34***

الشكل 17 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* (أ) ، ونمو جذر *Linum strictum* وفقًا لتداخل مصدر VOCs من *Pinus halepensis* × الجرعة _____ ***35***

قائمة الجداول

الجدول1 بعض الأمثلة للمركبات العضوية المتطايرة و تاثيرها على حالة السبات. _____***17***

الجدول2 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في النسبة المئوية لإنبات ثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)_____***25***

الجدول3 تأثير تراكيز مختلفة من التربينات المستخلصة من أوراق اليوكالبتوس في النسبة المئوية لإنبات ثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)_____***26***

الجدول4 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في طول الرويشة و الجذير(سم) لثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات***)*** _____***27***

الجدول5 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في طول الرويشة (سم) لثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات***)*** _____***28***

الجدول6 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في طول الجذير(سم) لثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات***)*** _____***29***

قـائمة المختصرات

VOCs : Volatile Organic Compounds

GLVs : Green leaf volatiles

MVA : mevalonic acid

MEP :methylerythritol phosphate

LOX : lipoxygenase

TPS : terpene synthase

PAL : L-phenylalanine amonia-lyase

AOS : allene oxide synthase

JA : jasmonate acide

MJ : methyl jasmonate

MDGC : Multidimensional Gas Chromatography

ROS : Reactive oxygen species

DADS : Diallyl Disulfide

RAE : relative allelopathic effect

GCMS : Gas chromatography–mass spectrometry

الفهرس

الإهداء II

شكر وعرفان III

الملخص IV

قائمة الأشكال VI

قائمة الجداول VII

قائمة المختصرات VIII

الفهرس IX

المقدمة XI

الجزء النظري *1*

الفصل الأول: عموميات حول المركبات العضوية المتطايرة VOCs *1*

1. تعريف المركبات العضوية المتطايرة النباتي 2

2.تصنيف المركبات العضوية المتطايرة (أنواعها) 2

1.2التربينات (isoprenoids ؛ terpenoids) : 2

2.2مركبات فينيل بروبانويد والبنزينويد/ Benzenoid Phenylpropanoid 3

3.2مشتقات الأحماض الدهنية Fatty Acid Derivatives 3

3.التخليق الحيوي للمركبات العضوية المتطايرة 4

1.3 التخليق الحيوي للتربينويدات Terpenoids 4

2.3 التخليق الحيوي لمركبات Phenylpropanoid/Benzenoid 5

3.3. التخليق الحيوي لمشتقات الأحماض الدهنية Fatty Acid Derivatives 6

4.تحليل المركبات العضوية المتطايرة للنبات 7

5.أهمية المركبات العضوية المتطايرة 7

6.الخصائص البيولوجية للمركبات العضوية المتطايرة VOCs 9

1.6 أنشطة مضادات الميكروبات Antimicrobial 9

2.6 نشاط مضاد للجراثيم Antibacterial 9

3.6 نشاط مضاد للفطريات Antifungal 10

4.6 نشاط مضاد للفيروسات Antiviral 10

5.6 نشاط مضاد للسرطان Anticancer 11

الفصل الثاني : النشاطية الأليلوباتية *12*

1. تعريف مصطلح أليلوباتي 13

2. المركبات الاليلوباتية Allelochemicals 13

3. تصنيف المركبات الاليلوباتية و تأثيرها 14

4. التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة 16

1.4 التأثير على نمو النباتات 16

2.4 التأثير على حالة السبات عند النباتات 17

3.4 دورها في الاتصالات الكيميائية 18

4.4. تأثير المركبات العضوية المتطايرة على تنفس النباتات والتمثيل الضوئي 18
5.4 تأثير المركبات العضوية المتطايرة محتوى ROS والنشاط الأنزيمي 20

الجزء العملي ***21***

1.موضوع الدراسة **22**
1.1 المقال الأول 22
2.1المقال الثاني 23

2. النتائج و المناقشة **25**
1.2 تأثير نبات اليوكالبتوس على إنبات و نمو بعض نباتات الزينة 25
2.2. تأثير المركبات العضوية المتطايرة VOCs من إبر وجذور الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* على إ نبات و نمو نباتي الخس *Lactuca sativa* و الكتان *Linum strictum* 30
3.2 مناقشة الدراسة الأولى 35
4.2 مناقشة الدراسة الثانية 36

الخاتمة Erreur ! Signet non défini.

المراجع **40**

الملاحق **56**

المقدمة

تحتوي النباتات على آليات فريدة و معقدة للإتصال الدقيق لمختلف الأعضاء بالرغم من غياب الجهاز العصبي لديها . **(Shinozaki ,2019 & Takahashi)**

إنّ تواصل النبات هو تقريبا عمليات موازية على مستويات متعددة بين النباتات و الكائنات الدقيقة، فطريات ، حشرات و حيوانات أخرى ، بين نباتات مختلفة في النوع و نباتات متماثلة النوع وكذلك بين الخلايا و داخل الخلية للنبات . **(Günther,2006)** .

يتم هذا التواصل بفضل الأليلوباتية Allelopathy وهي أحد الظواهر البيولوجية المثيرة للاهتمام التي لوحظت بين النباتات منذ عام 285 قبل الميلاد ، ووصفت بأنها تأثيرات مميتة تحصل بين النبات المؤثر والنبات المتأثر **(الحيدر,1996)** .

تنتج عن النباتات أنواعًا معينة من المواد الكيميائية الحيوية المحددة التي تؤثر على عمليات الإنبات والنمو والبقاء والتكاثر للكائنات المجاورة الأخرى . في نظام النبات ، توجد هذه الأنواع من المواد الكيميائية الحيوية (allelochemicals) في أجزاء مختلفة من النباتات مثل الأوراق ، الفواكه ، الأزهار ، حبوب اللقاح ، الجذور والسيقان . تتفاعل هذه المواد الكيميائية وتؤثر على مجموعة من الوظائف الحيوية داخل الخلايا النباتية ، في الأساس ، هي عبارة عن نواتج أيضية ثانوية غير غذائية يتم إطلاقها بواسطة النباتات في ظروف مختلفة وفي عمليات مختلفة **(Bhadoria , 2011 ; Farooq , 2011)** .

تؤثر النباتات أيضًا على بعضها البعض بطريقة أليلوباتية ، مما يؤدي إلى انخفاض شامل في تنوع الأفراد ، أوضحت الدراسة البحثية أن العمليات التي تنتشر بها المركبات الأليلوكيميائية في البيئة هي ، الرشح ، نضح الجذور ، تحلل بقايا أجزاء النبات الميتة التطاير من الأجزاء الهوائية **(Zheng et al , 2015)** وهذا الأخير هو عملية تحرر المركبات الأليلوباتية على شكل غاز من خلال فتحات صغيرة موجودة في الأوراق **(Garlson et al., 1999)** ، ويمكن أن تتحرر هذه المركبات عندما تتراكم لفترات طويلة في التربة ، تشمل هذه المركبات القابلة للتطاير الزيوت الأساسية ، التربينات ومركبات أخرى ، ويمكن لهذه المركبات أن تغسل بواسطة الأمطار أو الندى وتتجمع في التربة وقد تبقى لفترة طويلة في التربة **(Fisher et al , 1994)**

تعددت الدراسات و التجارب حول التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة لبعض النباتات اتجاه النباتات المجاورة لها ، فماهو التأثير الأليلوباتي لهذه المركبات المتطايرة على الإنبات و النمو ؟

في هذا الصدد إرتأينا أن نسلط الضوء على هذه المركبات المتطايرة و نشاطاتها الأليوباتية المختلفة على نمو و إنبات بذور بعض النباتات المجاورة .

حيث قسم هذا العمل إلى جزأين ، جزء نظري به فصلين ، يتضمن الفصل الأول عموميات حول المركبات العضوية المتطايرة النباتية VOCs ، في حين أن الفصل الثاني تناول النشاطية الأليلوباتية للمركبات الأليلوكيميائية بصفة عامة والمركبات المتطايرة بصفة خاصة .

أما الجزء التطبيقي يتمثل في دراسة مقارنة و مراجعة لدراستين سابقتين تناولتا التأثير الأليلوباتي لمواد مستخلصة من المجموعين الخضري و الجذري لنباتي اليوكالبتوس *Eucalyptus spp* و الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* و مناقشة النتائج المتحصل عليها و مقارنتها . و في الأخير أنهينا العمل بخاتمة متبوعة بتوصيات .

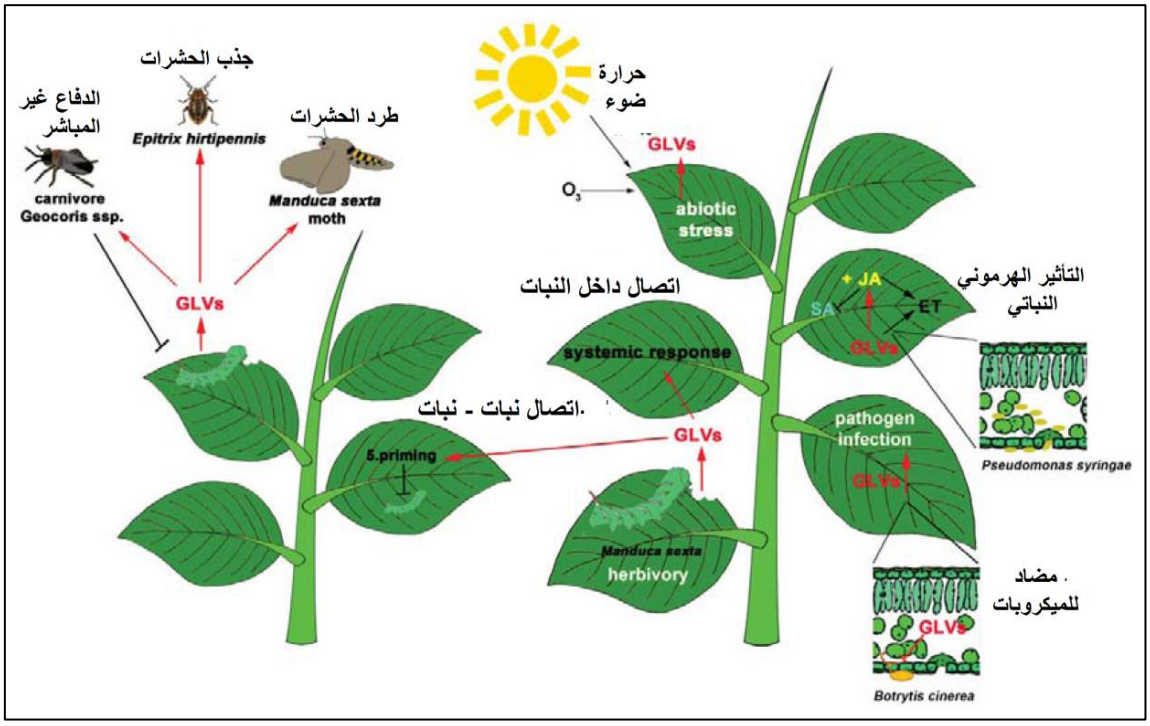
الجزء النظري

الفصل الأول:

عموميات حول المركبات العضوية المتطايرة VOCs

1. تعريف المركبات العضوية المتطايرة النباتية

المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) هي مواد كيميائية تنتج وتنبعث من النباتات والكائنات الحية الأخرى في شكل غازي ، تنتمي المركبات العضوية المتطايرة إلى فئات كيميائية مختلفة ، مثل التربينويدات ، والبنزينويد ، والفينيل بروبانويد ، والجزيئات المشتقة من الأحماض الدهنية (بما في ذلك المواد المتطايرة من الأوراق الخضراء (GLVs) و الفئات الثانوية مثل النتريل و الكبريتيدات). تساعد المركبات العضوية المتطايرة النباتات على الإنبات ، وتساعدها على حماية نفسها من الحشرات والطفيليات العاشبة ، تتوسط المركبات العضوية المتطايرة VOCs التفاعل بين النباتات ، والآفات والمضادات المسببة للأمراض وهذا مايوضحه الشكل (1) . **(Issar, 2021)** .



الشكل 1 تدخلات GLVs في الدفاع عن النبات (Scala et al.,2013)

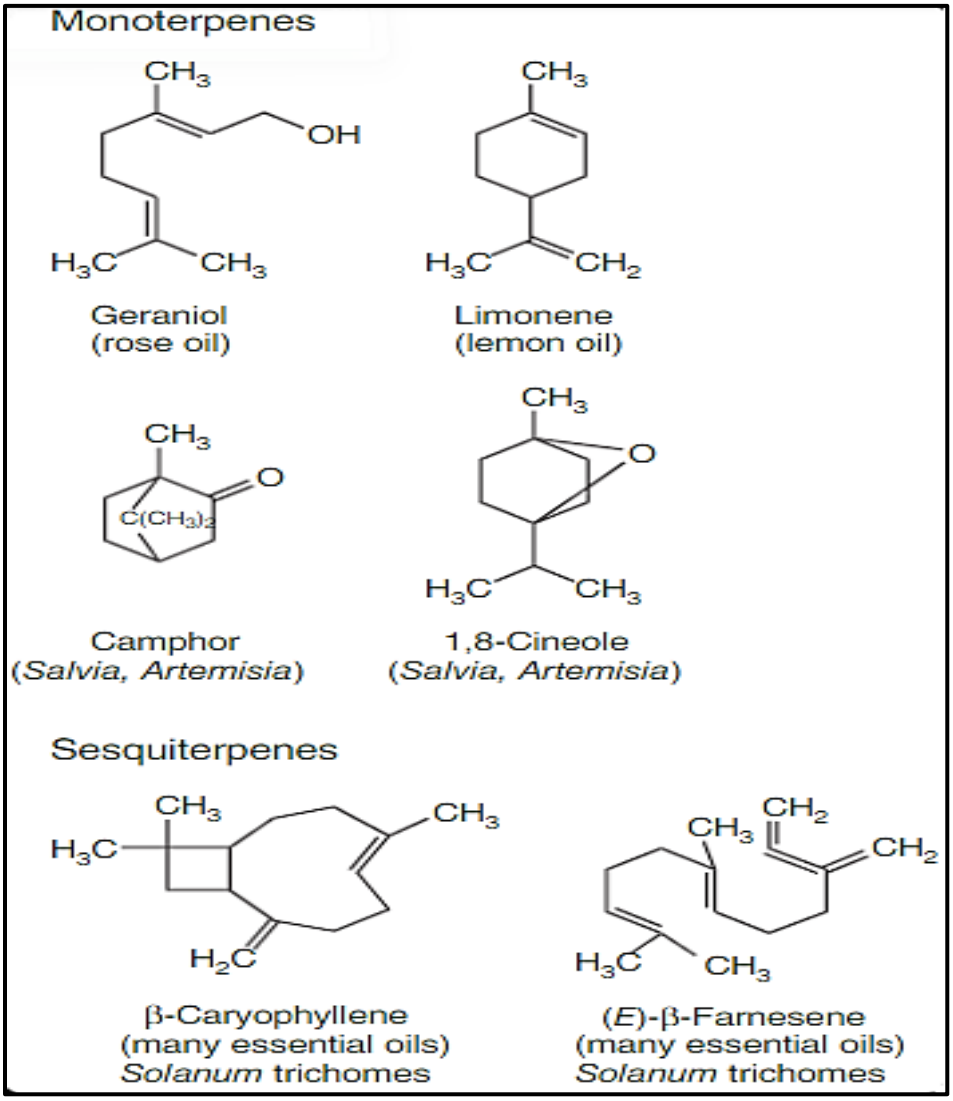
2. تصنيف المركبات العضوية المتطايرة (أنواعها)

وفقًا لأصلها الحيوي والتركيب الكيميائي ، يمكن تجميع المواد المتطايرة النباتية في isoprenoids أو terpenoids ، و أيضًا المركبات العضوية المتطايرة المؤكسجة (OVOCs) ، مثل الميثانول (CH_4O) والأسيتون (C_3H_6O) والأسيتالديهيد (C_2H_4O) وميثيل إيثيل كيتون (MEK , C_4H_8O) وميثيل فينيل كيتون (MVK , C_4H_6O) ، في حالات قليلة ، تم العثور أيضًا على مركبات الكبريت (مثلا في الكرنبيات Brassicales) و furanocoumarins ومشتقاتها (مثلا في الخيميات Apiales و النجميات Asterales). **(Agrawal , 2011)**

عادةً ما تُصنف المواد المتطايرة النباتية إلى ثلاث فئات رئيسية : التربينات terpenoids ، ومشتقات الأحماض الدهنية Fatty Acid Derivatives و مركبات فينيل بروبانويد / بنزينويد Phenylpropanoid/Benzenoid .

1.2 التربينات (terpenoids ؛ isoprenoids) :

هي أكثر المواد المتطايرة وفرة ، وهي مركبات تتكون من اتحاد اثنين أو أكثر من وحدات (C5)، تتواجد التربينات المتطايرة بشكل عام بكميات كبيرة في العديد من الزيوت الأساسية للنبات ، وهي مسؤولة عن العديد من الروائح النباتية المميزة مثل تلك المرتبطة بالحمضيات والنعناع والصنوبريات، يتم تجميع Terpenes وفقًا لعدد وحدات C5 الموجودة في الجزيء ، توجد في الطبيعة كمواد متطايرة و تمتلك مجموعات وظيفية مختلفة و التي تزيد من تقلبها . تظهر هياكل العديد من monoterpenes و sesquiterpenes (C15) في الشكل (2) **(Rosenkranz, 2016)**



الشكل 2 الهياكل والمصادر النباتية التمثيلية لـ monoterpenes و sesquiterpenes المتطايرة (Rosenkranz, 2016)

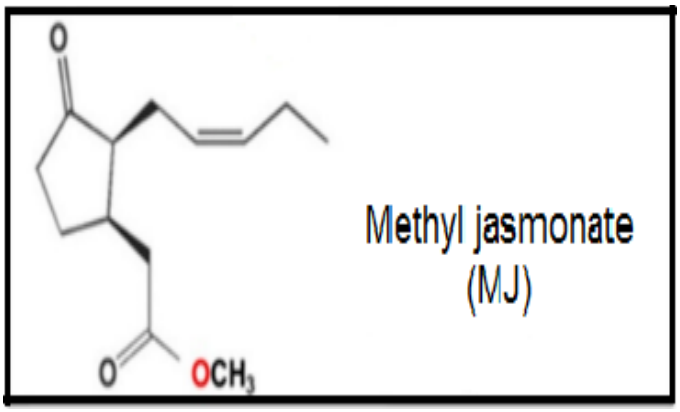
2.2 مركبات فينيل بروبانويد والبنزينويد Phenylpropanoid /Benzenoid

هي مجموعة واسعة ومتنوعة هيكليًا من المستقلبات المشتقة من الفينيل ألانين (C6-C3) والتي تلعب دورًا مهمًا في تفاعل النباتات مع الكائنات الحية الأخرى .

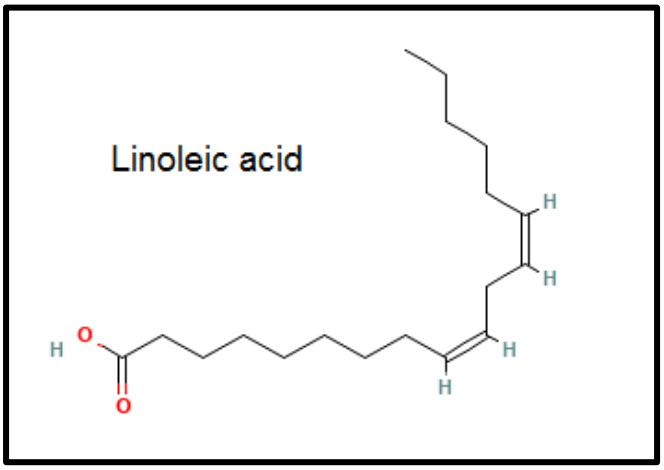
3.2 مشتقات الأحماض الدهنية Fatty Acid Derivatives

تشكل مشتقات الأحماض الدهنية مثل (*Z*)-3-hexenol و 2-ketones و methyl jasmonate الفئة الرئيسية الثالثة من المركبات العضوية المتطايرة ، والتي تشتق من الأحماض الدهنية غير المشبعة C18 أو أحماض اللينوليك linoleic acids أو أحماض اللينولينيك linolenic acids . **(Song ,2005)**

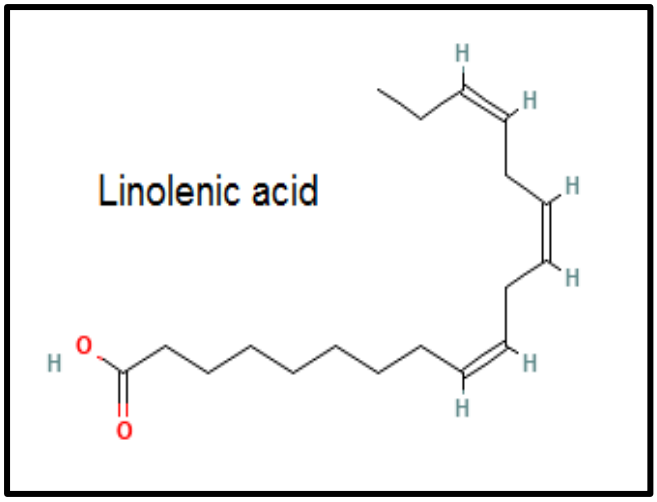
التراكيب الكيميائية لبعض المشتقات موضحة في الأشكال (5.4.3)



الشكل 3 التركيب الكيميائي لل methyl jasmonate (Santino, 2013)-



الشكل4 التركيب الكيميائي لحمض اللينوليك (Whelan , 2013)



الشكل 5 التركيب الكيميائي لحمض اللينولينيك (Whelan , 2013)

3. التخليق الحيوي للمركبات العضوية المتطايرة

يتم تصنيع المركبات العضوية المتطايرة النباتية من المستقلبات الأولية من خلال التعديلات الأنزيمية ، بما في ذلك الأكسدة ، الهيدروكسيل ، الأسيتيل ، والميثيل. يتم إنشاء المجموعات الرئيسية الثلاث من المركبات العضوية المتطايرة النباتية (تربينويد ، فينيل بروبانويد / بنزينويد ، ومشتقات الأحماض الدهنية) عبر العديد من المسارات الأيضية مثل MVA و MEP و shikimate / phenylalanine و LOX. (Dudareva , 2013) (الملحق 1) , (الملحق 2)

1.3 التخليق الحيوي للتربينويدات Terpenoids

التربينويدات Terpenoids هي أكبر عائلة من المركبات العضوية المتطايرة المتواجدة في النبات وتضم أكثر من 550 مركبًا ، مشتقة من مركبين متماثلين من خمسة كربون (C5) isopentenyl diphosphate (IPP) وallylic isomer, dimethylallyl diphosphate (DMAPP) . (Muhlemann , 2014)

يتم تصنيع Terpenoids وفق مسارين مستقلين ومنفصلين جزئيًا (الشكل 6)

1.1.3 مسار mevalonic acid (MVA)

يحدث في العصارة الخلوية cytosol والشبكة الإندوبلازمية وperoxisomes ، على مستواه يتم إنتاج السلائف لـ sesquiterpenes المتطايرة (C15). (Pulido , 2012)

2.1.3 مسار methylerythritol phosphate (MEP)

يتم في البلاستيدات (Hsieh , 2008) و يسمح بتوفير سلائف hemiterpenes المتطايرة (C5) و monoterpenes (C10) وditerpenes (C20) .

على الرغم من كون المسارين منفصلين جزئيًا ، إلا أن MVA و MEP مرتبطة عن طريق الإتصال الأيضي المتبادل **(Laule , 2003)** ، مما يسمح لمسار MEP غالبًا مع تدفق كربون أعلى لدعم التخليق الحيوي لمركبات التربينويد المتكونة خلويًا عبر MVA **(Ward ,2011) .**

تتميز مسارات MVA و MEP بشكل جيد ويتم الحفاظ على الجينات عبر الأنواع النباتية ، مما ينتج سلائف ثنائي الفوسفات { farnesyl diphosphate (PP) و (geranyl diphosphate (GPP } ، وهي ركائز من مركبات terpene synthases/cyclases (TPSs) **(Zhao , 2013).** في الخطوات النهائية للمسارات (الشكل 6) ، تكون TPSs مسؤولة عن التنوع الهائل في التربينويدات المتطايرة في النباتات**(Degenhardt , 2009)** , حيث يمكن لنصف TPSs المعروفة تقريبا تخليق منتجات متعددة من التربينويدات انطلاقا من ركيزة واحدة و الذي يقبل العديد منها أكثر من مشتقات ثنائي الفوسفات مما يزيد من تنوع التربينويدات .**(الملحق 3)**

Terpene synthase (TPS) هو إنزيم المسؤول عن التخليق الحيوي للتربين.

2.3 التخليق الحيوي لمركبات Phenylpropanoid/Benzenoid

تشكل مركبات Phenylpropanoids و benzenoids ثاني أكبر فئة من المركبات العضوية المتطايرة النباتية **(Knudsen , 2006)** وهي مشتقة من الحمض الأميني العطري فينيل ألانين (Phe) ، والذي يتم تصنيعه عبر مسارين متفرعين بديلين يربطان استقلاب الكربون المركزي بـ Phe - مسار الشيكيمات (shikimate) والأروجينات (arogenate) **(Maeda , 2012)** . يمكن تقسيم فئة المركبات العضوية المتطايرة هذه إلى ثلاث فئات فرعية مختلفة اعتمادًا على بنية هيكل الكربون :

- فينيل بروبانويد phenylpropanoids (مع C6-C3)
- البنزينويد benzenoids (C6-C1)
- المركبات المرتبطة بالفينيل بروبانويد (C6-C2) **(Muhlemann , 2014)** (الشكل 6) .

يتم تحفيز الخطوة الأولى في التخليق الحيوي لمعظم مركبات phenylpropanoid و benzenoid بواسطة إنزيم L-phenylalanine amonia-lyase (PAL) الذي يحفز نزع الأمين من الحمض الأميني Phe لإنتاج حمض ترانس سيناميك trans-cinnamic (CA) (Schnepp , 2007) . يمكن أن يحدث تكوين بنزينويد benzenoid من CA عبر مسار تأكسدي β (β-oxidative)، أو مسار غير تأكسدي β (non- β-oxidative) أو من كليهما .

في الآونة الأخيرة ، تم العثور على عائلة BAHD من (acetyltransferases) وعائلة SABATH من (methyltransferases) اللذان يساهمان في خطوات التخليق الحيوي النهائية للبنزينويد المتطايرة . يشترك تكوين فينيل بروبانويد المتطايرة في خطوات التخليق الحيوي الأولية

مع التخليق الحيوي للجنين حتى فينيل بروبينول (سلائف المونوليجنول) ، والذي يتم تحويله بعد ذلك إلى كحول كونيفريل، يشكل أسيتيل ترانسفيراز كحول كونيفريل من عائلة BAHD أسيتات كونيفريل، وهو مقدمة للفينيل بروبانويد الشائع يوجينول وإيزويوجينول .

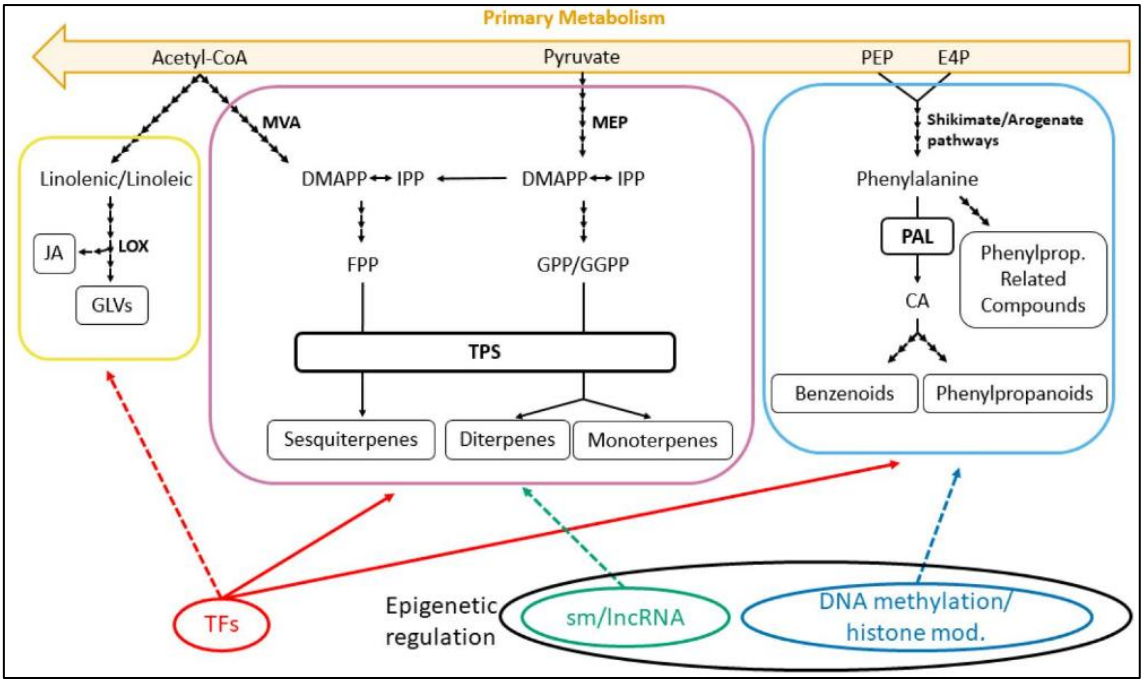
3.3. التخليق الحيوي لمشتقات الأحماض الدهنية Fatty Acid Derivatives

يعتمد التخليق الحيوي لهذه المركبات على التجمع البلاستيكي لأسيتيل CoA المتولد من البيروفات (Pyr) المنتج الأخير لتحلل السكر.

يؤدي مسار إنزيم الليبوكسجيناز lipoxygenase (LOX) إلى تكوين العديد من المركبات العضوية المتطايرة الوسيطة من فرعين مختلفين، يؤدي فرع سينثاز أكسيد الألين allene oxide synthase (AOS) إلى تكوين حمض الياسمين (JA) ، والذي يتم تحويله إلى ميثيل جاسمونيت methyl jasmonate بواسطة JA carboxyl methyl transferase **(Song ,2005)**, أما الفرع الثاني ففيه يحول هيدروبيروكسيد لياز hydroperoxide lyase كلاً من 9- و 13- هيدروبيروكسي وسيط إلى ألدهيدات C6 و C9 ، والتي غالبًا ما تكون ركائز لنازعات هيدروجين الكحول ، مما يؤدي إلى ظهور الكحوليات المتطايرة وإستراتها **(Gigot ,2010)**، حيث تعرف هذه الألدهيدات والكحولات المشبعة وغير المشبعة C6 / C9 باسم المواد المتطايرة للأوراق الخضراء (GLVs)

(الملحق 4).

يعد مسار التخليق الحيوي للمواد المتطايرة المشتقة من الأحماض الدهنية هو الأقل دراسة من بين جميع المركبات العضوية المتطايرة (الشكل 6) ، ولكن لا يُعرف الكثير عن تنظيم النسخ، حيث ركزت الدراسات عادةً على الدور الدفاعي لمشتقات الأحماض الدهنية ، وتشير معظم المعلومات حول تنظيم النسخ الخاصة بهم إلى jasmonate (JA) ودوره الرئيسي في التخليق الحيوي للمستقلبات الثانوية الأخرى **(Pirrello ,2014)** و التي قد تشارك العديد من TFs في تنظيم التخليق الحيوي لـه **(Geyter , 2012)** .



الشكل 6 مسارات التخليق الحيوي للمركبات العضوية المتطايرة الرئيسية: تربينويد (بنفسجي) ، فينيل بروبانويد / بنزينويد (أزرق) ومشتقات الأحماض الدهنية (أصفر) (Degenhardt , 2009)

4. تحليل المركبات العضوية المتطايرة للنبات

يصعب تحديد أو تأهيل المركبات العضوية المتطايرة النباتية نظرًا لوجودها بكميات صغيرة والتشابه الوثيق بين الجزيئات ، على الرغم من توفر عدد من الطرق التحليلية بما في ذلك التقنيات الفيزيائية والكيميائية والطيفية لتوصيف المركبات العضوية المتطايرة النباتية (Kotra ,2019) ، فقد تم استخدام التقنيات الكروماتوغرافية على نطاق واسع بسبب القدرة على الفصل الشامل وتحديد المركبات العضوية المتطايرة النباتية ، حيث يُعتقد أن كروماتوغرافيا الغاز (GC) هو أنسب منصة لتحليل المركبات العضوية المتطايرة النباتية نظرًا لتقلبها وانخفاض أوزانها الجزيئية (2016, Dhifi).

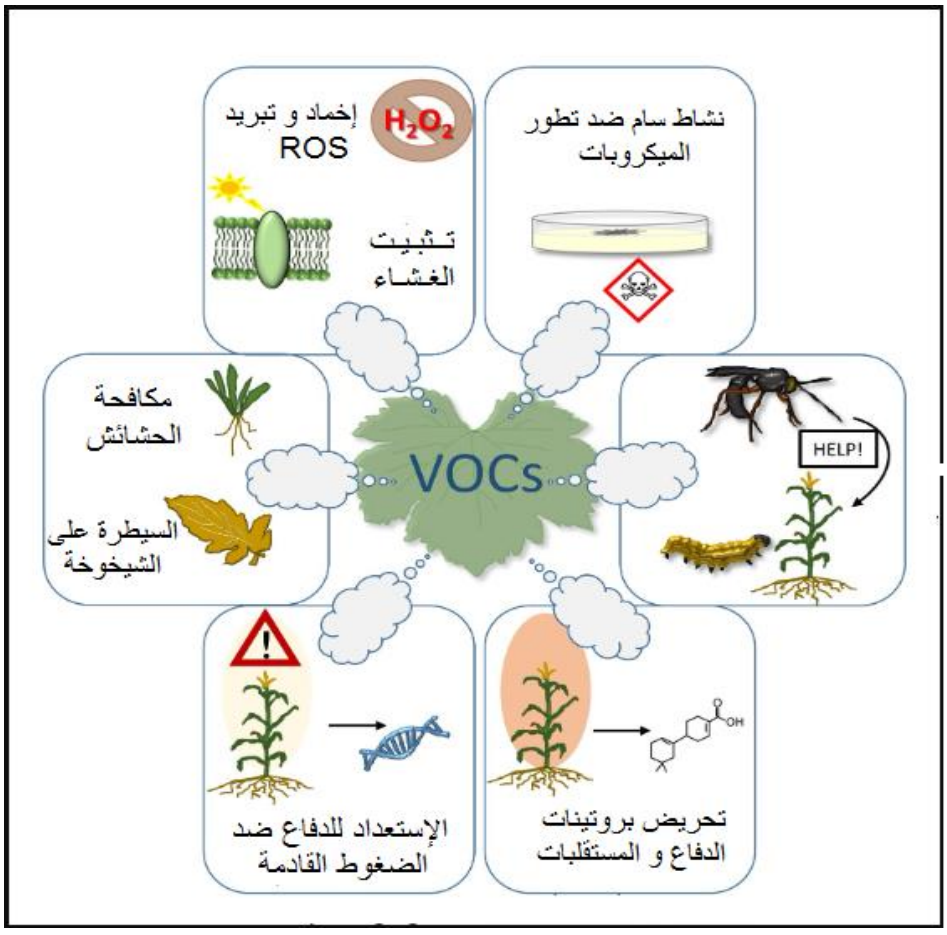
على وجه الخصوص ، يمكن لـ (GC (MDGC متعدد الأبعاد الذي يجمع عدة أعمدة مع مراحل ثابتة مختلفة (مثل المراحل القطبية وغير القطبية) أن يحسن كفاءة فصل مركبات العضوية المتطايرة النباتية المتشابهة (Tranchida , 2012) يتم استخدام الكروماتوغرافيا السائلة أيضًا كمنصة بديلة لـ GC لتحليل المركبات المتغيرة حرارياً أو الأقل تطايرًا (Turek , 2011) .

5. أهمية المركبات العضوية المتطايرة

للمركبات العضوية المتطايرة أهمية كبيرة حيث أن بعضها قادر على منع إنبات ونمو مسببات الأمراض النباتية ، و كذلك طرد الحشرات العاشبة ، كما تعتبر آليات الدفاع الرئيسية للنبات من أجل تعزيز المقاومة و التحمل للإجهاد حيث تؤثرهذه المركبات على النظام الدفاعي للنبات عن

طريق تحفيز تخليق البروتينات الدفاعية والمستقلبات (مثل Phytoalexins) المضادة للميكروبات ، كما يمكن أن تعمل أيضًا كمحفزات تمهيدية عن طريق إحداث تغييرات جينية وتراكم عوامل النسخ التي قد تسهل التعبير السريع عند دفاع النبات بالإضافة إلى التأثيرات الأخرى الأليلوباتية التي قد تكون مهمة في تنظيم النمو وتطوره من خلال التفاعلات مع هرمونات النبات (**Federico , 2019**).

فمثلا أظهرت نتائج العديد من الدراسات أن انبعاث الأيزوبرينويدات isoprenoids وهي المجموعة الأكثر وفرة من المركبات العضوية المتطايرة **(Guenther , 2006)** يتم تحفيزه عن طريق الضغوط اللاأحيائية وتحسين مقاومة النبات إما عن طريق إخماد الـ (ROS) **(Loreto , 2001)** ، أو بشكل غير مباشر عن طريق تقوية أغشية الخلايا **(Velikova , 2011)**. ومع ذلك ، فإن حماية أغشية الخلايا لتجنب التراكم السام لـ ROS هي واحدة فقط من بين الأدوار العديدة للمركبات العضوية المتطايرة التي يمكن استغلالها في الزراعة . (الشكل 7)



الشكل 7 التطبيقات الممكنة للمركبات العضوية المتطايرة النباتية في الزراعة (Federico , 2019)

6. الخصائص البيولوجية للمركبات العضوية المتطايرة VOCs

من المعروف أن المركبات العضوية المتطايرة النباتية لديها مجموعة متنوعة من الخصائص البيولوجية ، بما في ذلك مضاد للجراثيم ، مضاد للفطريات ، مضاد للفيروسات ، مضاد للسرطان ، مبيد حشري ، مضاد للالتهابات ومضادات السكر ، والأنشطة المضادة لتسمم الكبد .

يمكن تطبيق هذه الخصائص في المجالات الطبية والغذائية والزراعية ، ومع ذلك ، يتم منع العديد من أنشطتها البيولوجية من الاستخدام على نطاق واسع بسبب العمر القصير للمكونات النشطة بسبب التقلبات **(Hakmin , 2020)** .

1.6 أنشطة مضادات الميكروبات Antimicrobial

تحتوي المركبات العضوية المتطايرة النباتية على مجموعة واسعة من الأنشطة المضادة للميكروبات لأن النباتات طورت موادها المتطايرة للدفاع عن نفسها ضد البكتيريا والفطريات والفيروسات الضارة ، يمكن استخدام المركبات المتطايرة بدل العديد من الأدوية الصناعية ذات السمية العالية والفعالية المنخفضة (Swamy , 2016)

2.6 نشاط مضاد للبكتيريا Antibacterial

تم إثبات الخصائص المضادة للبكتيريا للمركبات العضوية المتطايرة النباتية ضد البكتيريا موجبة و سالبة الجرام من خلال عدة دراسات ، تحتوي الزيوت الأساسية المستخرجة من العديد من النباتات مثل أنواع *Origanum* على مركبات عضوية متطايرة نشطة للغاية تمارس نشاطًا ضد البكتيريا المقاومة للأدوية المتعددة ، بما في ذلك *Acinetobacter baumannii* و *Pseudomonas aeruginosa* مع MICs من 0.08–0.64 ميكروغرام/ مل **(Lu , 2018)**

تبين أن المركبات العضوية المتطايرة النباتية ذات الكحولات طويلة السلسلة المعقدة ، والألدهيدات مثل السترال (citral) فعالة في تثبيط نمو البكتيريا موجبة الجرام ، بما في ذلك L. monocytogenes . **(Delaquis , 2002)**

يُعتقد أن مجموعات كحول الفينول من التربينويدات terpenoids مثلا قد تمنع نشاط الإنزيمات المرتبطة بالغشاء**(Knobloch ,1989)** . كما أن monoterpenoids التي تمتلك مجموعات الفينول يمكن أن تمنع تخليق فلاجيلين flagellin وهو مكون من السوط المستخدم للحركة البكتيرية **(Burt , 2007)** وقد ثبت أيضًا أن المركبات العضوية المتطايرة تسبب تمسخ البروتين الغشائي(فقدانه لصفاته الطبيعية) وتدفق البوتاسيوم وتحلل الخلايا **(Cox , 2000)** . علاوة على ذلك ، قد تؤثر العديد من VOCs بشكل مباشر على تخليق ADN و ARN ، والبروتينات في الميكروبات **(Muthaiyan , 2012)**

مثلا Vulgarone B ($C_{15}H_{22}O$) عبارة عن مركب عضوي متطاير تم إنتاجه في *Artemisia iwayomogi* تبين أنه يقدم شقوق مفردة في خيوط DNA من *Staphylococcus aureus* **(Chung , 2009)** .

3.6 نشاط مضاد للفطريات Antifungal

تم إثبات أن المركبات العضوية المتطايرة التي تنشأ من نباتات مثل الزعتر وإكليل الجبل والحمضيات لها أنشطة مضادة للفطريات ضد بعض منها مثل *Candida albicans* , *Aspergillus niger* , *Cryptococcus neoformans* و *Fusarium oxysporum* (**Ibrahim , 2015**).

تبين دراسات أن المركبات العضوية المتطايرة من نبات *Ziziphora Clinopodioides* تنمع نمو فطر الرشاشية الصفراء *Aspergillus flavus* وفطر الرشاشيات الطفيلية *Aspergillus parasiticus* من خلال منع إنتاج الأفلاتوكسين B1 **(Moghadam , 2016)** .

تم دراسة النشاطات المضادة للفطريات لـ 12 زيتًا أساسيًا ضد فطر*C. albicans* أثناء مقارنتها بالأدوية المضادة للفطريات الاصطناعية مثل clotrimazole و fluconazole , أظهر هذا أن الخمائر الممرضة كانت أكثر عرضة للمركبات العضوية المتطايرة مقارنة بالأدوية ، فمثلا المركبات العضوية المتطايرة النباتية من نبات *Oregano* لها معدلات تثبيط فطرية تزيد عن 200٪ مقارنة بدواء clotrimazole حيث تؤثر على جدار الخلية وأغشية الفطريات بتدميرها و تخريبها **(Bona , 2016)**.

4.6 نشاط مضاد للفيروسات Antiviral

أظهرت العديد من المركبات العضوية المتطايرة في النبات خصائص مضادة للفيروسات ضد HSV-1 و HSV-2 وفيروس شلل الأطفال وفيروس كوكساكي coxsackievirus B1 وفيروس إنفلونزا الطيور وفيروس الأنف **(Tariq , 2019)**.

HSV-1 و HSV-2 فيروسات شائعة جدًا يقدر أنها تصيب 60-95 ٪ من الأشخاص البالغين وقد خضعت لدراسات مكثفة لمعرفة مدى قابليتها للتأثر بالمركبات العضوية المتطايرة النباتية حيث تبين أن منع تكاثرها تم بواسطة المركبات العضوية المتطايرة من بعض النباتات مثل الشيح الشجيري*Artemisia arborescens* . **(Saddi , 2007)**

5.6 نشاط مضاد للسرطان Anticancer

تم إثبات التأثيرات الوقائية للمركبات العضوية المتطايرة النباتية على سرطانات مختلفة مثل سرطان الدماغ ، الثدي ، القولون ، الكبد ، الرئة و سرطان الدم في عدد من الدراسات (**Gautam , 2014**).

للمركبات العضوية المتطايرة النباتية القدرة على منع التسرطن من خلال تأثيرها المضاد للطفرات ومضادات الأكسدة ، كما يمكن لها أيضًا أن تحفز موت الخلايا المبرمج الذي ينشأ من زيادة مستويات أنواع الأكسجين التفاعلية نتيجة التعرض لهذه المركبات وتوقف دورة الخلية في الخلايا السرطانية ، فمثلا وجد أن المركبات العضوية المتطايرة لنبات *Pamburus missionis* زادت من مستوى ROS داخل الخلايا في الخلايا السرطانية للبشرة (**Aras , 2014**).

الفصل الثـانـى :

النشاطية الأليلوباتية

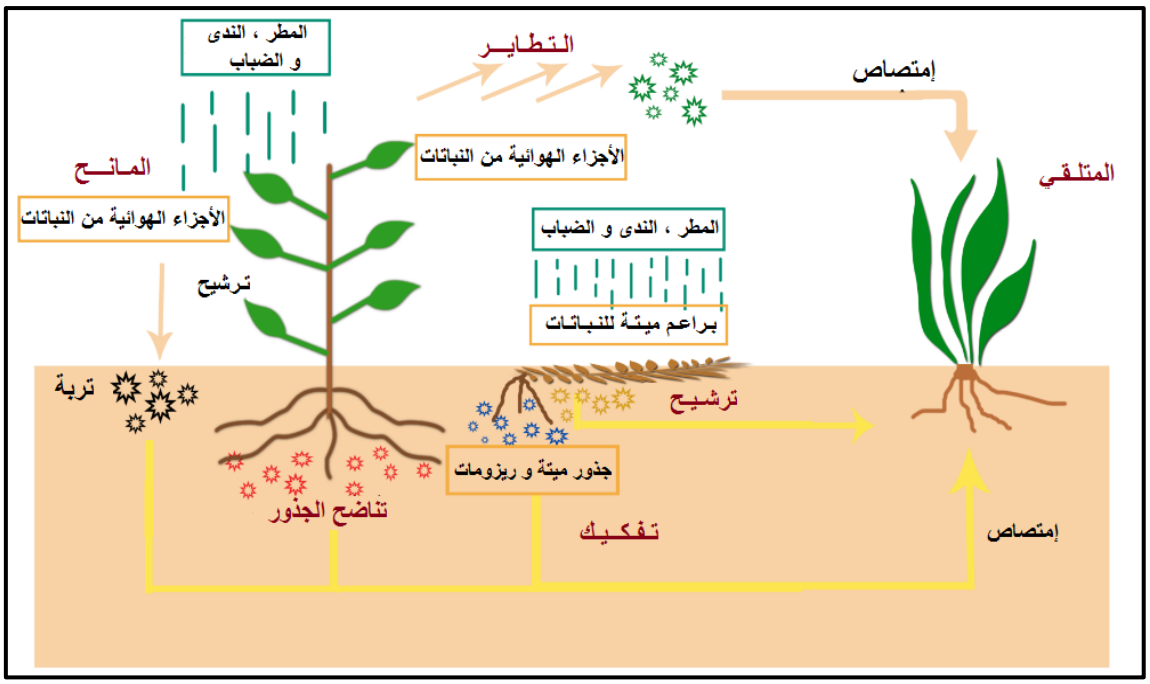
1. تعريف مصطلح أليلوباتي

أول استخدام لمصطلح أليلوباتي Allepathy كان من قبل عالم فسيولوجيا النبات النمساوي موليش سنة 1937 ، الذي عرفه بأنه مجموعة التفاعلات الكيميائية الحيوية بين جميع أنواع النباتات بما في ذلك الكائنات الحية الدقيقة كما أشار أن المصطلح هو تغطية للتفاعلات الكيميائية الحيوية المتبادلة المثبطة و المحفزة . **(ELroy, 1984)**

يشير مصطلح أليلوباثي إلى التأثيرات المتبادلة بين اثنين من النباتات كالتأثير المباشر لمادة كيميائية متحررة من احدى النباتات التي تؤثر في نمو وتطور نبات أخر(**الجبوري والزهيري , 2010**) وتسمى هذه المواد الكيميائية السامة بالأليلوكيميائية Allelochemicals أو تسمى بـ Phytotoxine التي تنتج من مختلف أجزاء النبات : من الأوراق بالدرجة الأولى ثم الجذور ، السيقان ، الأزهار، البذور، الثمار، الرايزومات وحتى حبوب اللقاح (**الزبيدي , 2006**) .

2. المركبات الاليلوباتية Allelochemicals

المركبات الأليلوكيميائية هي مجموعة فرعية من المستقلبات الثانوية النباتية التي ينتجها كائن حي (بعض النباتات ، الطحالب ، الشعاب المرجانية والفطريات) والتي تعتبر غير ضرورية لعملية التمثيل الغذائي (أي النمو والتطور والتكاثر) لهذا الكائن الأليلوباثي ، ولكنها تؤثر على نمو وبقاء وتكاثر الكائنات الأخرى ، بحيث يمكن أن يكون للمواد الكيميائية تأثيرات مفيدة أو ضارة على الكائنات الحية المستهدفة**(Surinder , 2018)** ، ويتم اطلاقها في البيئة عن طريق نضح الجذور أو التطاير ، أو تحلل أنسجة النبات كما هو موضح في الشكل (8) **(Darwin et *al*., 2020).**



الشكل 8 مسارات التأثير الأليلوباتي عند النباتات(ELroy , 1984)

3. تصنيف المركبات الاليلوباتية و تأثيرها

تتكون المركبات الاليلوباتية Allelochemicals من عائلات كيميائية مختلفة ويتم تصنيفها إلى 14 صنف التالية بناءً على التشابه الكيميائي **(Rice, 1974)** إلى :

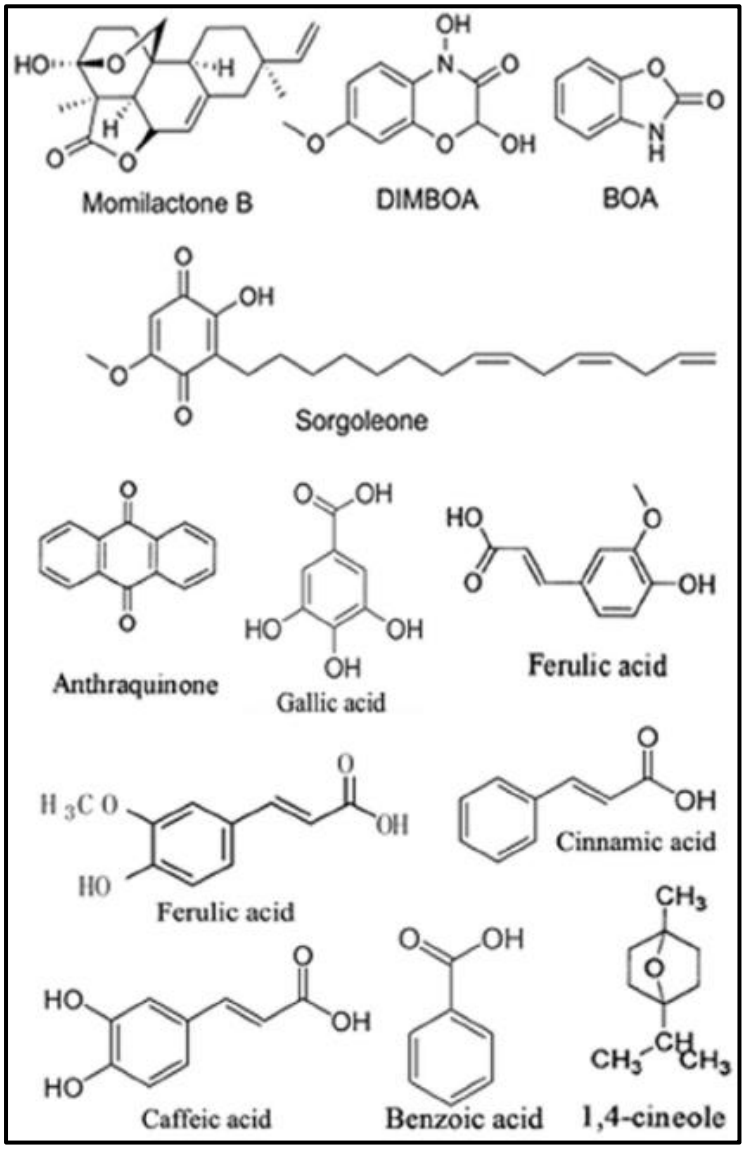
- الأحماض العضوية القابلة للذوبان في الماء ، والكحولات المستقيمة السلسلة ، والألدهيدات الأليفاتية ، والكيتونات
- اللاكتونات البسيطة غير المشبعة simple unsaturated lactones .
- الأحماض الدهنية طويلة السلسلة والبولي أسيتيلين polyacetylenes .
- البنزوكينون benzoquinone والأنثراكينون anthraquinone والكينونات المعقدة .
- الفينولات البسيطة وحمض البنزويك ومشتقاته
- حمض سينناميك ومشتقاته
- الكومارين coumarin
- الفلافونويد
- التانينات
- التربينويدات والمنشطات
- الأحماض الأمينية والببتيدات
- قلويدات وسيانوهيدرات cyanohydrins

- كبريتيد sulfide وجلوكوزينولات glucosinolates
- البيورينات purines والنيوكليوزيدات nucleosides

بالإضافة إلى منظمات نمو النبات بما في ذلك حمض الساليسيليك salicylic acid وحمض الجبريليك gibberellic acid والإيثيلين ethylene ، تعتبر أيضًا أليلوكيميائية .

كما أضاف الجحيشي (2005) الزيوت و الراتنجات .

يوضح الشكل (9) هياكل بعض المواد الكيميائية الأليلوكيميائية التي تنتجها النباتات.



الشكل 9 هياكل بعض المواد الكيميائية الأليلوكيميائية التي تنتجها النباتات. (Rice ,1974)

للمركبات الأليلوكيميائية تأثيرات كبيرة على الانقسام الخلوي ، تمايز الخلايا ، امتصاص الأيونات والماء ، حالة الماء ، التمثيل الغذائي للهرمونات النباتية ، التنفس ، التمثيل الضوئي ، وظيفة الإنزيم ، نقل الإشارات بالإضافة إلى التعبير الجيني. - قد تنتج Allelochemicals أكثر

من تأثير واحد على العمليات الخلوية المسؤولة عن انخفاض نمو النبات . ومع ذلك ، فإن تفاصيل الآلية الكيميائية الحيوية التي من خلالها يمارس مركب معين تأثيرًا سامًا على نمو النباتات ليست معروفة جيدًا. **(Surinder, 2018)**

4. التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة

1.4 التأثير على نمو النباتات

أظهرت العديد من النتائج أن المركبات العضوية المتطايرة لها تأثير على نمو الخلايا النباتية وتمايزها **(Romagni ,2000)** ، فنجد مثلا :

- المركب ثنائي كبريتيد ثنائي الأليل (DADS) من المركبات العضوية المتطايرة المتواجدة في الثوم ، والتي يمكن أن تؤثر على طول خلية جذور الطماطم من خلال التأثير على الانقسام الخلوي **(Cheng , 2016)**.

- المركبات العضوية المتطايرة من أوراق الطماطم (*Solanum lycopersicon* Mill.) المتمثلة في β-terpineol , linalool و eugenol يمكن أن تمنع إنبات بذور النبات الاستوائي *Amaranthus mangostanus* L.

- المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من جذور و إبر الصنوبر *Pinus halepensis* تمنع بشكل رئيسي إنبات البذور ونمو جذر نوعين عشبيين مستهدفين *Lactuca sativa* L. و *Linum strictum* L. **(Santonja , 2019)**.

- غالبًا ما يتم استخدام إنبات البذور ، وطول جذر الشتلات ، وارتفاع الشتلات كمؤشرات لتقييم النشاط الأليلوباثي، وذلك لكون المركبات العضوية المتطايرة تؤثر على نمو النبات ، وذلك بشكل أساسي بتغيير شكل النبات وتقليل الكتلة الحيوية له.

- عززت التركيزات المنخفضة من DADS نمو جذور الخيار والحث على استطالة الجذور الرئيسية عن طريق زيادة تنظيم التعبير عن جينات CsCDKA و CsCDKB وتنظيم التوازن الهرموني للجذور **(Ren , 2018)** .

- المركبات العضوية المتطايرة الصادرة عن *Atriplex cana* Ledeb (Amaranthaceae) تثبط بشكل كبير نمو شتلات *Amaranthus retroflexus* L. و *Poa annua* L. ، وزيته الأساسي (5 ميكروغرام / مل) يمنع تمامًا إنبات *Medicago sativa* L. , *A. retroflexus* , *P. Annua* و *Echinochloa crusgalli* L. **(Wei, 2019)** .

وجدت بعض الدراسات أن المركبات العضوية المتطايرة لها تأثيرات مزدوجة على النبات ، فمنها ماهو محفز للنمو ومنها ما هو مثبط.

على سبيل المثال ، وجدت Arroyo و آخرون (2018) أن المواد الكيميائية المتطايرة من *Artemisia herba-alba* Asso. منعت إنبات بذور الصنوبر، حفزت نمو شتلات *P. halepensis* ، وقللت الكتلة الحيوية للجذور لشتلات *Salsola vermiculata* L. .

للمركبات العضوية المتطايرة أيضًا تأثير على اتجاه نمو النباتات ، حيث وجد Runyon وآخرون (2006) أن شتلات *Cuscuta pentagona* تغير إتجاه نموها ، و ذلك عند وضع المركبات العضوية المتطايرة المستخرجة من الطماطم والقمح على جانبي شتلات *C. pentagona* ، فلوحظ استمرار نمو شتلات *C. pentagona* في اتجاه المركبات العضوية المتطايرة من الطماطم ، كما وجد أيضًا β-phellandrene و β-myrcene من المركبات العضوية المتطايرة في الطماطم يمكن أن تجذب بشكل كبير نمو شتلات *C. pentagona*. (Runyon , 2006) .

2.4 التأثير على حالة السبات عند النباتات

السكون هو حالة فسيولوجية تستجيب فيها النباتات للإجهاد **(Campbell, 2008)** .

ذكرت هوسوكي وآخرون (1986) أن المركبات المحتوية على الكبريت خاصة DADS المتواجد في نبات الثوم يمكن أن تكسر سكون البراعم و بعض الدرنات وأشجار الزينة .

في دراسة حديثة ، قام بها Shukla و آخرون(2019) حيث درس تأثير 20 نوعًا من الزيوت العطرية من النباتات الطبية والعطرية ، وجدوا أنه يمكن للزيوت الأساسية أن تحفز أو تمنع عملية إنبات درنات البطاطا عن طريق تغيير تراكم السكريات المختزلة (المؤكسدة / الموجعة) ، وإنتاج الإيثيلين ، والتعبير عن المورثات ، مما يؤثر على سكون النباتات.

الجدول1 بعض الأمثلة للمركبات العضوية المتطايرة و تاثيرها على حالة السبات.

الزيوت التي تمنع الانبات (تحفز السبات)	الزيوت التي تحفز الانبات (تكسر السبات)
- الأوجينول من زيت القرنفل العطري - الكارفون من الزيوت الأساسية للكراوية والشبت - زيوت المارونزا والأجوين - الزيوت الأساسية لـ : *Zingiber officinale* , *Lippia multiflora* و *Cymbopogon citratus*	- الزيوت الأساسية لعشب الليمون والقرنفل

3.4 دورها في الاتصالات الكيميائية

لا تعيش النباتات بمعزل عن غيرها فالنبات يحافظ على العلاقات فيما بينه ويقاوم الاجهاد الخارجي عن طريق الاتصالات الكيميائية ، خلال اكثر من 20 عاما من البحث وجد انه عندما تتعرض النباتات للاجهاد بسبب تغذية الحشرات والعدوى البكتيرية وغيرها يمكنهم استخدام المواد العضوية المتطايرة للتواصل الكيميائي بين النبات وداخله **(Baldwin, 2006) و (Heil, 2007)** .

- ترسل النباتات التي تكون في حالة اجهاد /هجوم المركبات العضوية المتطايرة كاشارات مباشرة او غير مباشرة للنباتات المجاورة لتفعيل اليات الدفاع الكيميائي ، فالشكل المباشر يكون بإنتاج قلزيدات الفينول بما في ذلك التربينويدات اما غير المباشرة فيكون عن طريق جذب الأعداء الطبيعيين للافات

- على سبيل المثال يمكن ان تحفز المركبات المتطايرة الصادرة عن نبات *A. tidentata* المصابة دفاعا كيميائيا مباشرا عن طريق مثبطات الانزيم البروتيني في نبات *Nicotiana*

- في حين يمكن للحشرات التي تتغذى على أوراق الذرة ان تحفز النباتات على الافراز السريع لـ monoterpenoids التي تجذب الحشرات المفترسة بهدف الدفاع غير المباشر **(Kessler, 2006 ; Ton, 2007)**

4.4. تأثير المركبات العضوية المتطايرة على تنفس النباتات والتمثيل الضوئي

1.4.4. تأثيرها على عملية التنفس

يمكن أن تؤثر المركبات الأليلوكيميائية على ظاهرة التنفس عند النبات من خلال التأثير على مراحل التنفس المختلفة بما في ذلك إنتاج ثاني أكسيد الكربون (CO_2) عن طريق الإنتقال الإكتروني في الفسفرة التأكسدية كما يمكن أن تؤثر على نشاط إنزيم ATP سنتاز وبالتالي تكون لها القدرة على منع نمو النبات وتطوره **(Abrahim, 2000; Cheng, 2015)**

وجدت الدراسات أن بعض المركبات العضوية المتطايرة لها القدرة على التأثير عن عملية التنفس

فمثلا المركبات المتطايرة المنبعثة من أوراق *A. tridentata* Nutt. تمنع تنفس البذور **(Weaver, 1977)**

كما أن التربينات المتطايرة يمكن أن تقلل من التنفس في الأوراق الصغيرة لبعض النباتات وتزيد من التنفس في الأوراق الناضجة **(Einhellig, 1995)** . وبالمثل ، يمكن أن تؤثر التربينات

الموجودة في زيت الأوكالبتوس المتطاير على النباتات المستهدفة عن طريق تثبيط التنفس الخلوي (**Kohli, 1998)** .

2.4.4 تأثيرها على عملية التركيب الضوئي

تتضمن تأثيرات allelochemicals على عملية التمثيل الضوئي للنبات بشكل أساسي بتثبيط أو إتلاف آلية التخليق وتسريع تحلل أصباغ التمثيل الضوئي ، وبالتالي تقل محتويات الصبغة الضوئية ، مما يمنع نقل الطاقة والإلكترون ، ويقلل من نشاط إنزيم ATP سنتاز ، كما يؤثر على نفاذية الثغور والنتح ، مما يثبط عملية التمثيل الضوئي **(Meazza, 2002)** تؤثر Allelochemicals على التمثيل الضوئي بشكل أساسي من خلال التأثير على وظيفة **(Wang, 2014) (Weir, 2004)**

قد يؤدي التركيز العالي للمواد الأليلوكيميائية المشاركة في خطوات التمثيل الغذائي المتعددة إلى تثبيط التمثيل الضوئي للنبات ، أو حتى إعاقة آلية التمثيل الضوئي عن طريق تثبيط مستقبلات الإلكترون ، أو تثبيط إنتاج الطاقة ، أو تدمير أصباغ وإنزيمات التمثيل الضوئي **(Einhellig, 1979).** وخاصة الكلوروفيل ، يمكن أن تقلل من محتواه عن طريق تعزيز تحفيز تحلل الكلوريد متعدد الكلور ، أو تثبيط تخليق الكلوريد متعدد الكلور ، أو التدخل في تخليق البورفيرين ، وهو مقدمة لتخليق الكلوروفيل ، وسلائف البورفيرين أهمها Mg-Proto ، من خلال التثبيط من-Mg chelatase، الإنزيم المسؤول عن تحويل Proto إلى .Mg-Proto الى جانب ذلك ، أن sorgoleoneيثبط بشدة إنزيم p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) ، والذي يحفز التخليق الحيوي للكاروتينات ، مما يؤدي إلى التبييض الورقي.

تم توضيح الآثار الضارة للمواد الكيميائية على التمثيل الضوئي ، لكن آليات التفاصيل لا تزال غير معروفة. يمكن أن تؤثر Allelochemicalsعلى ثلاث عمليات رئيسية لعملية التمثيل الضوئي: التوصيل الثغري ، وبالتالي ، تبادل الغازات بين النبات والغلاف الجوي ؛ "تفاعلات الضوء" مع الإشارة إلى نقل الإلكترون و "التفاعلات المظلمة" ، المعروفة أيضًا بدورة كالفين ، لتقليل الكربون. يتمثل أحد أهم تأثيرات المواد الكيميائية الأليلوكيميائية على عملية التمثيل الضوئي للنبات في تسريع تحلل أصباغ التمثيل الضوئي ، وخاصة الكلوروفيل **(Scavo et al , 2018)**

- كان يُعتقد أن الأيزوبرين Isoprene المتطاير من أوراق الشجر للعديد من الأنواع الخشبية يزيد من معدل التمثيل الضوئي عن طريق تثبيت أغشية التيلاكويد ، بحيث يمكن للنباتات المجاورة أن تتحمل درجات حرارة عالية - **(Sharkey, 2001)** .

- وجدت Kaur وآخرون أن الزيوت المتطايرة α-Pinene و 1,8-cineole من *Eucalyptus tereticornis* يمكن أن يقلل بشكل كبير من التنفس ومحتوى صبغة التمثيل الضوئي في نبات *Amaranthus viridis* **(Kaur, 2011).**

- وجد Yang أن الزيت المتطاير من *Artemisia ordosica* Krasch. يمنع النمو والتمثيل الضوئي لـ *Palmellococcus miniatus* من خلال الأضرار التأكسدية **(Yang, 2012)** .

- كما درس Zhao وآخرون تأثير بعض التربينويدات الرئيسية eucalyptol و limonene على التمثيل الضوئي لـ *Chlorella vulgaris* حيث أظهرت النتائج أن المركبات يمكن أن تسبب تحلل أصباغ التمثيل الضوئي وتقليل قدرات التمثيل الضوئي للطحالب الأخرى **(Zhao, 2016)**

5.4 تأثير المركبات العضوية المتطايرة محتوى ROS والنشاط الأنزيمي

إن عملية نقل الإلكترون الطبيعية التي تحدث داخل العضيات الخلوية (الصانعات الخضراء , الميتوكندري و peroxisomes ينتج عنها توليد أنواع الأكسجين التفاعلية (الـ ROS) هذه الأخيرة ينفلت منها ما نسبته 1% من المسار الطبيعي أثناء الحالة الطبيعية و التي تكون إنطلاقة للإصابة بالأكسدة تحت ظروف الإجهاد **(Asada& Takahashi, 1987)**

إن المواد الأليوكيميائية منها المتطايرة تمنع نمو النبات عن طريق التسبب في الإجهاد التأكسدي و ذلك من خلال تحفيز الإنتاج المفرط للـ ROS **(Cruz-Ortega et al.,2007)** الذي يؤثر المستوى السام منه على نفاذية الأغشية ، تفكك البروتين ، تلف الحمض النووي (Smirnoff, 1993) و في النهاية الموت المبرمج للخلايا **(Neill et al.,2002; Ding et al., 2007)** .

ومنه يمكن القول أن المركبات الأليلوكيميائية تمارس إجهادا حيويا للنباتات المجاورة عن طريق الوصول إلى داخلها ، كما يشار إلى أن المركبات الأليلوكيميائية لا تعمل على تعزيز إنتاج الـ ROS فحسب بل تخل أيضا بالتوازن الدقيق بين الـ ROS و كاسحاتها (مضادات الأكسدة) و بالتالي تعزيز الإصابة بالأكسدة **(Apel& Hirt, 2004).**

الجزء العملي

1. موضوع الدراسة

بعد البحث المستفيض تم إيجاد مقالتين تجريبيتين تتضمنان تجارب علمية واضحة توضحان التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة النباتية حيث :

1.1 المقال الأول

موضوع الدراسة : التأثير الأليلوباتي للأوراق الطرية والجافة لنبات اليوكالبتوس *Eucalyptus spp.* ومستخلصاتها في الإنبات والصفات الخضرية لبعض نباتات الزينة .

المؤلف : كوثر هاشم عبار الجاسمي ومحيد كاظم عباس الحمزاوي

تم نشر هذا المقال سنة 2014 في مجلة القادسية للعلوم الزراعية (العدد 1 . المجلد 4)

الهدف : أجريت هذه الدراسة لمعرفة تأثير إضافة الأوراق الطرية والجافة لنبات اليوكالبتوس ومستخلصاتها في الإنبات وبعض الصفات الخضرية لثلاثة أنواع من نباتات الزينة (الأقحوان ، القديفة ، المنثور) .

المـواد و الطرق :

أولا تم تجفيف أوراق النبات تحت الظل ثم في الفرن على درجة حرارة 65° لمدة 24 ساعة ثم طحنها لتصبح على شكل مسحوق بواسطة المطحنة الكهربائية .

بالنسبة للمستخلصات :

- استخلاص الزيوت الأساسية من الأوراق المجففة و المطحونة باتباع طريقة Evans 2002.

- استخلاص التربينات : أخذ 20 غ من مسحوق أوراق اليوكالبتوس الجافة و وضعت في حاوية جهاز استخلاص Soxhelet extractor ، أضيف إليها 200 مل من الكلوروفورم في دورق جهاز الاستخلاص ووضع في حمام مائي بدرجة حرارة 65 مْ واستمر الاستخلاص لمدة 24ساعة . جفف المستخلص بالمبخر الدوار بدرجة حرارة 50 مْ وحفظ المستخلص الجاف في الثلاجة لحين الاستعمال

- عقمت بذور النباتات باستعمال محلول هيبوكلورات الصوديوم 5 % لمدة خمس دقائق بعدها غسلت بالماء المقطر و تركت لكي تجف و من ثم تمت معاملة البذور كما يلي :

أخُذت 25 بذرة من كل نبات ثم وضعت مابين ورقتي ترشيح في أطباق بتري ذات قطر 9 سم . وأضيف إليها الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس بتراكيز 0 – 20 – 40 – 60 ميكرولتر مع كل 5 مل من الماء المقطر أضيفت لكل طبق و بواقع 4 مكررات لكل تركيز من ثم وضعت الأطباق في المختبر وبدرجة حرارة 25° .

اتبعت نفس الخطوات السابقة عند المعاملة بالتربينات المستخلصة من أوراق اليوكالبتوس بتراكيز 0 – 100 – 200 – 300 - 400 ملغ/ لتر

أخُذت القياسات التالية على البذور المزروعة في الأطباق:

1- النسبة المئوية للإنبات : حُسبت أعداد البذور النابتة من كل مكرر من المعاملات في نهاية فترة الإنبات.

2- طول الجذير والرويشة(سم)

تم قياس معدل أطوال كل من الجذير والرويشة ولكل مكرر من المعاملات وذلك لخمسة بادرات من كل طبق ثم اخذ معدلها.

نتيجة عامة:

أهم ما أظهرته النتائج هو أن معاملة كل من نبات الاقحوان ، القديفة و المنثور بالزيت الأساسي وبعض المركبات الفعالة مثل المركبات العضوية المتطايرة كالتربينات المستخلصة من نبات اليوكالبتوس بتراكيز مختلفة أدى إلى انخفاض نسبة إنبات البذور للنباتات المدروسة كما سبب ذلك إختزالا معنويا في طول الرويشة والجذير.

2.1 المقال الثاني

موضوع الدراسة : التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة VOCs من إبر وجذور الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* .

المؤلف : Matieu Santonja / Anne Bousquet-Melou /Stephane Greff / Elen Ormeno

تم نشر هذا المقال سنة 2019 في مجلة Ecology and evolution (doi : 10.1002)

الهدف : الهدف من هذه الدراسة هو تحسين المعرفة بالمركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من إبر وجذور الصنوبرالحلبي ومدى تأثيرها الأليلوباتي على الانبات والنمو و اختبار ما إذا كانت هذه المركبات العضوية المتطايرة وتأثيراتها تختلف باختلاف الأعضاء (الإبر مقابل الجذور)

وكذلك تقييم ما إذا كانت الكائنات الحية الدقيقة في التربة تعدل التأثيرات الأليلوباتية المحتملة لهذه المركبات العضوية المتطايرة.

المـواد و الطـرق:

تم إجراء هذا الاختبار الحيوي بجرعتين من المركبات العضوية المتطايرة عن طريق تعليق 2.5 أو 10.0 غ (كتلة جافة) من المواد النباتية مثل ما يوضح الشكل ، حيث يتم تجديد المواد الطازجة كل يومين في حين يتم ملء أطباق بتري بـ 50.0 غ من التربة أو بطبقتين من ورق الترشيح كما يكون هذا التجريب مغلقًا بالنيـلوفان لمنع المركبات العضوية المتطايرة من التطاير.

تم زرع كل طبق بتري مع 25 بذرة من أحد النوعين المستهدفين اللذين يتم سقيهما كل يومين باستخدام 2 مل من الماء منزوع الأيونات لركيزة ورق الترشيح أو 5 مل لركيزة التربة (الشكل 10). تم إجراء أربعة مكررات لكل علاج (الأنواع المستهدفة × مصدر VOC Pinus × الجرعة × الركيزة) لما مجموعه 96 تجريب مصغر .

تم حساب النسبة المئوية لإنبات البذور على أنها [(عدد البذور النابتة) / (عدد البذور المزروعة)] × 100 أما طول الجذر (مم) لكل فرد فقد تم قياسه بعد 5 أيام من الإنبات.

تم حساب مؤشر التأثير الأليلوباثي النسبي (RAE) لتحديد شدة التأثير الأليلوباثي على إنبات البذور ونمو الشتلات على أنه (C - O) / C × 100 ، حيث O هي قيمة صفة النبات (الإنبات أو النمو) عندما تتعرض الأنواع المستهدفة للمركبات المتطايرة و C القيمة المتوسطة لتلك الصفة تحت ظروف التحكم حيث تشير قيمة RAE السلبية إلى تأثير مثبط، بينما تشير قيمة RAE الإيجابية إلى تأثير تحفيزي.

نتيجة عامة :

أهم ما أظهرته النتائج هو أن نبات *P. halepensis* له إمكانية أليلوباتية قوية حيث تم تثبيط انبات البذور ونمو الشتلات للنوعين العشبيين المستهدفين : الخس *lactuca sativa* والكتان *linum strictum* بواسطة المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من ابر وجذور الصنوبر, كما تم الاظهار لأول مرة التأثير المثبط المتزايد الواضح للمركبات العضوية المتطايرة وفقا للمرحلة الفيزيولوجية للإبرة (الخضراء ، القديمة و بقايا الإبر)

في هاتين الدراستين إعتمد الباحثون لتحديد التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة على إنبات و نمو بعض النباتات على مجموعة من العوامل :

- تركيز الزيت الأساسي لليوكالبتوس و مركباته التربينية .
- تركيز المركبات العضوية المتطايرة من نبات الصنوبر الحلبي و مصدرها (إبر و جذور)

.

2. النتائج و المناقشة

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

1.2 تأثير نبات اليوكالبتوس على إنبات و نمو بعض نباتات الزينة

بعد استخلاص المركبات الثانوية الفعالة من مسحوق أوراق اليوكالبتوس *Eucalyptus spp.* كالتربينات وكذا استخلاص الزيوت الأساسية منه ، تمت معاملة البذور بكليهما لمعرفة تأثيرهما الأليلوباتي على نسبة الإنبات وأيضا التأثير في بعض الصفات الخضرية حيث :

1.1.2 تأثير بعض مستخلصات نبات اليوكالبتوس على إنبات النباتات المدروسة

تأثير الزيت الأساسي المستخلص على الإنبات

يوضح الجدول (2) تأثير الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس , حيث أن زيادة كمية الزيت الأساسي المضاف لوسط النبات سبب إنخفاضا واضحا في نسبة الإنبات وبلغت أقل نسبة إنبات 56.08% عند التركيز العالي من الزيت المستخلص

الجدول2 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في النسبة المئوية لإنبات ثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)

نوع النبات / التركيز (1 /5ml)	الأقحوان	القديفة	المنثور	المعدل
0	79.75	98.00	78.00	85.25
20	45.25	90.00	60.00	65.08
40	34.50	89.00	59.00	60.83
60	32.25	87.00	49.00	56.08
المعدل	47.93	91.00	61.50	
L.S.D 0.05	نوع النبات 4.21	التركيز 4.86	التداخل 8.42	

عند الأقحوان و المنثور : أعلى نسبة إنبات للنباتين كانت 79.75% و 78% عند الأقحوان و المنثور على الترتيب , وهذا عند التركيز 0 ميكرولتر من الزيت , ثم انخفضت نسبة الإنبات تدريجيا بزيادة تركيز الزيت إلى أن بلغ أقصى تأثير أليلوباتي لزيت اليوكالبتوس عند تركيز 60 الذي كان فيه نسبة الإنبات 32.25% و 49% للنباتين المذكورين على الترتيب .

عند القديفة : أعلى نسبة إنبات للبذور 98% كانت عند التركيز 0 ميكرولتر من الزيت المستخلص ثم لوحظ انخفاض ضئيل جدا للنسبة 90% 89% 87% عند التراكيز المختلفة للزيت 20 40 60 ميكرولتر على التوالي .

اتضح أن نبات القديفة كان الأكثر تحملا للمعاملة بالزيت , وبلغت نسبة إنبات بذوره 91% مقارنة بنسبة 47.93% في الأقحوان و61.5% في المنثور .

تأثير التربينات المستخلصة:

يبين الجدول (3) تأثير التراكيز المختلفة من التربينات المستخلصة من مسحوق أوراق اليوكالبتوس في نسبة الإنبات , حيث لوحظ أن نسبة الإنبات قد انخفضت معنويا مع زيادة تركيز التربين المستخدم, حيث سجلت المعاملة بتركيز 400 ملغ / لتر أقل نسبة إنبات بلغت 54.75% مقارنة ب 88.25% عند البذور الشاهدة (تركيز 0 ملغ / لتر)

الجدول3 تأثير تراكيز مختلفة من التربينات المستخلصة من أوراق اليوكالبتوس في النسبة المئوية لإنبات ثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)

التركيز(ملغم/لتر) \ نوع النبات		الأقحوان	القديفة	المنثور	المعدل
التربينات	0	98.75	92.00	74.00	88.25
	100	50.00	89.00	65.00	68.00
	200	47.50	86.00	60.00	64.50
	300	41.25	82.00	51.00	58.08
	400	36.25	82.00	46.00	54.75
	المعدل	54.75	86.20	59.20	

هذا ولم يختلف كلا من التركيزين 100 و 200 ملغ / لتر او التركيزين 300 و 400 ملغ / لتر فيما بينهما في نسبة الانبات

عند الأقحوان و المنثور: تم تقييم التأثير الاليلوباتي للتربينات المستخلصة من مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس حيث انخفضت النسبة الكلية لإنبات بذور الأقحوان و القديفة بزيادة تركيز المستخلص عند الشاهد (0 ملغ /لتر) كانت قيمة الانبات حوالي 98.75% و 74% على التوالي ثم انخفضت النسبة انخفاضا ملحوظا لتصل إلى أقل نسبة إنبات 36.25% و 46% عند النباتين على التوالي وهذا عند المعاملة بتركيز 400 ملغ / لتر من مستخلص التربين لنبات اليوكالبتوس .

عند القديفة : تم تسجيل أعلى نسبة إنبات للبذور في حالة البذور الشاهدة (تركيز 0 ملغ / لتر) والتي كانت نسبة كبيرة 92% ومع التأثير الأليلوباتي للتربين المستخلص من اليوكالبتوس لوحظ إنخفاض ضئيل جدا في نسبة الإنبات بزيادة تركيز المستخلص , حيث بلغت أقل نسبة إنبات 82% عند أعلى تركيز 400ملغ / لتر من مستخلص التربين لنبات اليوكالبتوس .

بعد معاملة بذور كل من الاقحوان والقديفة والمنثور من مسحوق أوراق اليوكاليبتوس بتراكيز مختلفة ، اتضح أن القديفة كان الأكثر تحملا للمعاملة بالتربينات حيث بلغت نسبة انبات بذوره

86.2% مقارنة بنسبة انبات بذور الاقحوان والمنثور التي كانت 54.75% و 59.2% على التوالي كما توضح هذه الملاحظات ان الاقحوان هو الأكثر حساسية للتأثير الاليلوباتي للمركب المتطاير "التربين " المستخلص من نبات اليوكاليبتوس.

2.1.2. تأثير بعض مستخلصات نبات اليوكالبتوس على بعض الصفات الخضرية (طول الرويشة و الجذير)

تأثير الزيت الأساسي المستخلص من مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس على طول الرويشة و الجذير

يوضح الجدول (4) تأثير تراكيز مختلفة من الزيت الطيار المستخلص من أوراق اليوكاليبتوس في طول الرويشة والجذير حيث :

بالنسبة للرويشة فقد لوحظ أن هناك اختزال في طولها بزيادة تراكيز الزيت الأساسي حيث سجلت المعاملة بتركيز 60 ميكرولتر أعلى إختزال 3.37 سم مقارنة بالتركيز الشاهد (0 ميكرولتر) الذي كان فيه طول الرويشة 4.69 سم .

بالنسبة للجذير, نفس الملاحظات تم تسجيلها حول التأثير الأليلوباتي للزيت المستخلص حيث أن الطول يقل بزيادة التركيز فكان أعلى اختزال له 2.77 سم عند تركيز 60 ميكرولتر مقارنة بتركيز الشاهد (0) الذي كان فيه الطول 3.75 سم .

الجدول4 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في طول الرويشة و الجذير(سم) لثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)

الطول	نوع النبات / التركيز (l /5ml)	الأقحوان	القديفة	المنثور	المعدل
الرويشة	0	5.76	4.90	3.42	4.69
	20	5.75	4.69	2.43	4.29
	40	4.20	4.45	2.28	3.64
	60	3.50	4.44	2.17	3.37
	المعدل	4.80	4.62	2.57	
	L.S.D 0.05	نوع النبات 1.28	التركيز 0.74	التداخل 0.64	
الجذير	0	3.87	4.91	2.50	3.75
	20	3.50	4.90	2.25	3.55
	40	2.90	4.34	2.21	3.15
	60	2.50	4.17	1.65	2.77
	المعدل	3.44	4.58	2.15	
	L.S.D 0.05	نوع النبات 0.45	التركيز 0.52	التداخل 0.90	

بعد معاملة مختلف النباتات بالتراكيز المختلفة للزيت الطيار المستخلص من مسحوق أوراق اليوكاليبتوس , اتضح أن أعلى اختزال في طول الرويشة 3.37 سم عند تركيز 60 ميكرولتر مقارنة بـ 4.69 سم عند التركيز 0

أما طول الجذير فقد تأثر بالتراكيز المتزايدة للزيت ، حيث سجل أعلى اختزال في طول الجذير 2.77 سم عند تركيز 60 ميكرولتر مقارنة بـ 3.75 سم عند التركيز 0 .

أعلى معدل لطول الرويشة والجذير كان 5.76 سم و 4.91 سم عند نباتي الأقحوان والمنثور على التوالي الذي سجل عند استخدام تركيز 0 , أما أقل معدل لطولهما كان 2.17 سم و 1.65 سم عند نبات المنثور وسجل عند استخدام تركيز 60 ميكرولتر من الزيت المستخلص

من هذا تبين أن نبات المنثور هو الأكثر حساسية للمعاملة بالزيت الطيار المستخلص من مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس .

تأثير التربينات المستخلصة من مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس على طول الرويشة و الجذير

تشير نتائج الجدولين (5) و (6) إلى أن المعاملة بالتربينات المستخلصة من مسحوق أوراق نبات اليوكاليبتوس أثرت على طول الرويشة والجذير لكل من النباتات الثلاثة حيث نلاحظ :

طول الرويشة اختزل مع زيادة تركيز المركب حيث تم تسجيل اعلى معدل لطول الرويشة 4.76 سم عند تركيز 0 ملغ / لتر ثم يبدا في الانخفاض 4.25 سم 4.08 سم ز 3.83 سم عند التراكيز 100 ، 200 و 300 ملغ / لتر على الترتيب .

الجدول5 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في طول الرويشة (سم) لثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)

التركيز (ملغم/لتر) / نوع النبات		الأقحوان	القديفة	المنثور	المعدل
التربينات	0	5.93	5.14	3.22	4.76
	100	5.80	4.03	2.93	4.25
	200	5.55	4.00	2.71	4.08
	300	5.33	3.50	2.68	3.83
	400	4.80	3.48	2.62	3.63
	المعدل	5.48	4.03	2.83	
	L.S.D 0.05	نوع النبات 0.45	التركيز 0.58	التداخل 1.00	

الجدول6 تأثير تراكيز مختلفة من الزيت المستخلص من أوراق اليوكالبتوس في طول الجذير(سم) لثلاث أنواع من نباتات الزينة مع تداخلاتهما (التركيز x نوع النبات)

التركيز (ملغم/لتر) \ نوع النبات		الأقحوان	القديفة	المنثور	المعدل
التربينات	0	3.75	2.75	2.40	2.97
	100	3.65	2.73	2.85	3.07
	200	3.50	2.56	2.45	2.83
	300	2.43	2.51	2.40	2.45
	400	1.93	2.38	1.87	2.06
	المعدل	3.05	2.59	2.39	
	L.S.D 0.05	نوع النبات 0.08	التركيز 0.1	التداخل 0.2	

التربينات لم تؤثر بشكل كبير على طول الرويشة عند نباتي الأقحوان والمنثور حيث لوحظ أن طول الرويشة عند تركيز 0 ملغ / لتر كان 5.93 سم و 3.22 سم عند كليهما على التوالي ثم بدأ في الإختزال التدريجي إلى أن بلغ 4.80 سم و 2.62 سم عند أعلى تركيز بينما عند القديفة فإن تأثير المركبات التربينية على طول الرويشة واضح حيث كان 5.14 سم واختزل تدريجيا بزيادة تركيز التربينات إلى بلغ 3.48 سم عند أعلى تركيز 400 ملغ / لتر

طول الجذير لباذرات نباتات الزينة الثلاثة اختزل مع زيادة تركيز المركب حيث تم تسجيل أعلى معدل لطول الجذير 2.97 سم عند التركيز 0 ملغ / لتر لتختزل الى 2.06 سم بفعل تأثير التركيز المرتفع للتربينات 400 ملغ / لتر (الجدول 6)

لم يتأثر نباتي القديفة والمنثور بشكل كبير بالمركبات المستخلصة من نبات اليوكاليبتوس حيث كانت اعلى قيمة لطول الجذير 2.75 سم و 2.40 سم عند القديفة والمنثور على التوالي عند تركيز 0 ثم بدا في الاختزال تدريجيا توازيا مع زيادة تركيز المستخلص الى ان بلغت اعلى تركيز 400 ملغ / لتر 2.38 سم و 1.87 سم

اما طول الجذير عند الأقحوان فقد تأثر بالتزايد التدريجي لتركيز التربينات حيث لوحظ انخفاض الطول من 3.75 سم عند تركيز 0 ملغ / لتر الى 1.93 سم عند 400 ملغ / لتر .

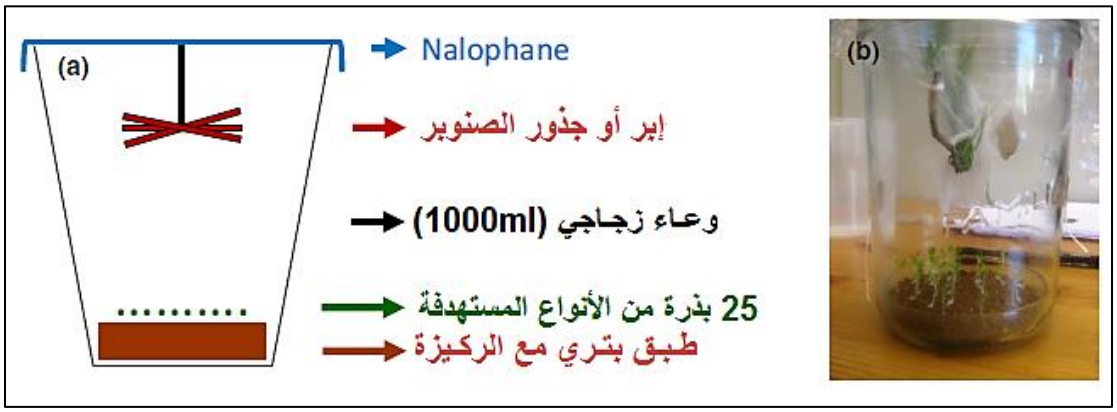
بشكل عام ، تشير نتائج الدراسة إلى أن كل من الزيت الأساسي المستخلص من مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس و كذا التربينات كان لهما أثر أليلوباتي متقارب في تثبيط إنبات وتكوين شتلات نباتات الزينة المدروسة (الأقحوان , القديفة و المنثور) حيث أن إنبات بذور هذه النباتات ونموها ينخفض بشكل ملحوظ توازيا مع زيادة تركيز الزيت الأساسي و التربينات , و هذا يدل

على أن هذه المركبات و الزيت الأساسي بما يحتويه من مركبات طيارة يقللان بشكل كبير من الخصائص كنسبة الإنبات و طول الرويشة و الجذير.

مما تظهره النتائج , يتضح أن التأثير الأليلوباتي لمستخلصات نبات اليوكالبتوس يختلف حسب تركيز هذه المستخلصات (الزيت الأساسي و المركبات التربينية) حيث أنه عند التركيز المرتفع منها يكون التأثير شديد وبنسبة كبيرة مقارنة مع الحالة الشاهدة أي عند التركيز المنعدم للمستخلص , و هذه الإختلافات في التأثير تتغير من نبات لآخر حيث وجدنا مثلا أن نبات القديفة كان الأكثر تحملا للمعاملة بالتراكيز المختلفة للزيت و التربينات و أن كلا من نباتي المنثور و الأقحوان هما الأكثر حساسية للمعاملة بالزيت الأساسي و التربينات على الترتيب .

2.2. تأثير المركبات العضوية المتطايرة VOCs من إبر وجذور الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* على إنبات و نمو نباتي الخس *Lactuca sativa* و الكتان *Linum strictum*

تم في هذه الدراسة إختبار تأثيرات المركبات العضوية المتطايرة من إبر و جذور نبات الصنوبر الحلبي على إنبات بذور نباتي الخس و الكتان و نموهما ، وذلك حسب الركيزة (تربة طبيعية أو ورق ترشيح) ، مصدر المركبات العضوية المتطايرة (إبر أو جذور) و كذا جرعتها (مرتفعة ، منخفضة) و طريقة التجربة مبينة في الشكل (10).

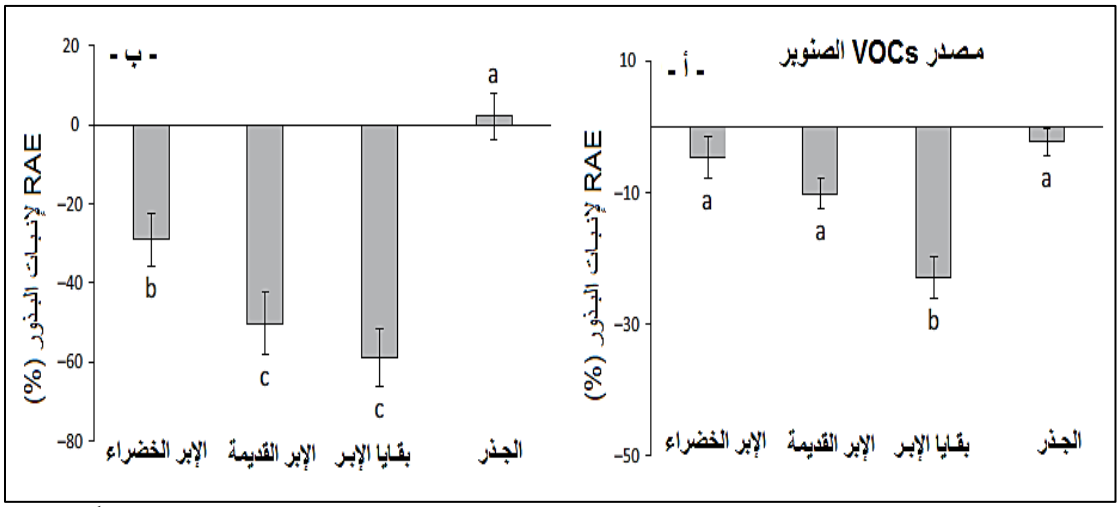


الشكل 10رسم تخطيطي (أ) وصورة (ب) للتصميم التجريبي المستخدم لاختبار تأثيرات المركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من إبر وجذور الصنوبر على معدل إنبات البذور ونمو جذر *Lactuca sativa* و *Linum srictum* .

1.2.2 تأثير بعض مركبات الإبر و الجذور لنبات الصنوبر على إنبات نباتي الخس و الكتان

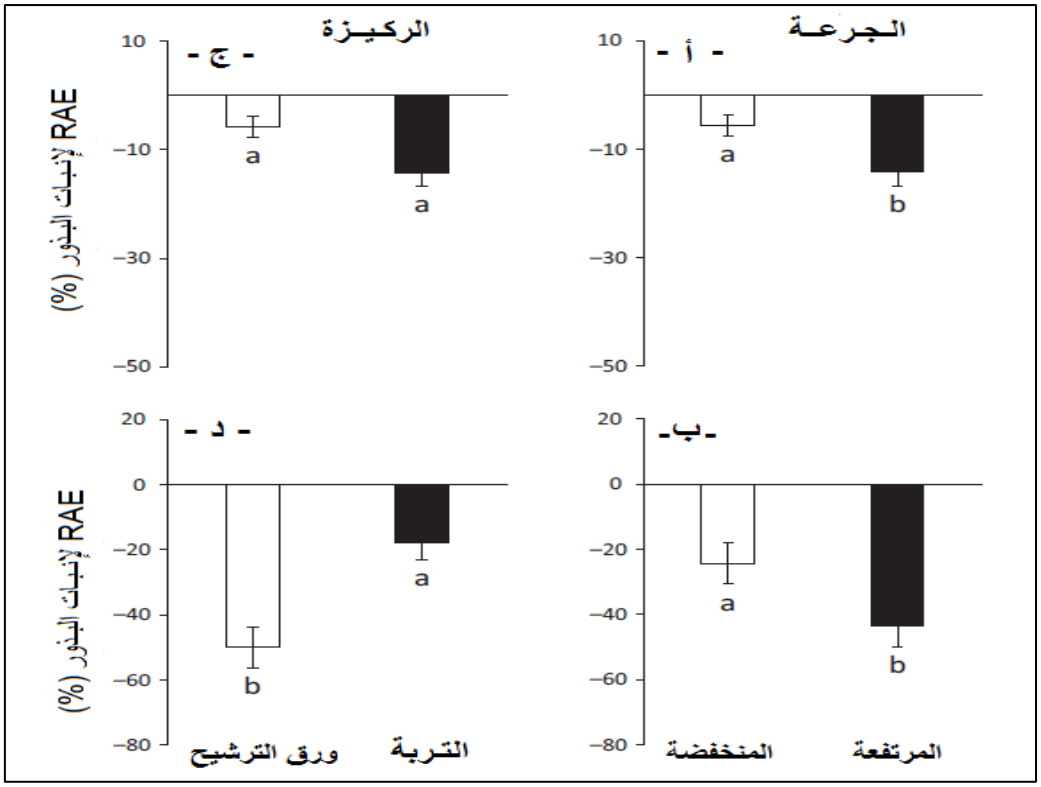
تأثر إنبات البذور باختلاف جرعات المركبات العضوية المتطايرة بالإضافة إلى مصدر هذه الأخيرة ، حيث أظهرت المركبات المتطايرة من بقايا إبر الصنوبر تأثيرا سلبيا أعلى على معدل

إنبات بذور النباتين المستهدفين (الخس و الكتان) مقارنة بالمركبات المتطايرة من الجذور ، الإبر الخضراء و إبر الصنوبر القديمة (الشكل 11 أ : بذور نبات الخس / ب: بذور نبات الكتان) .



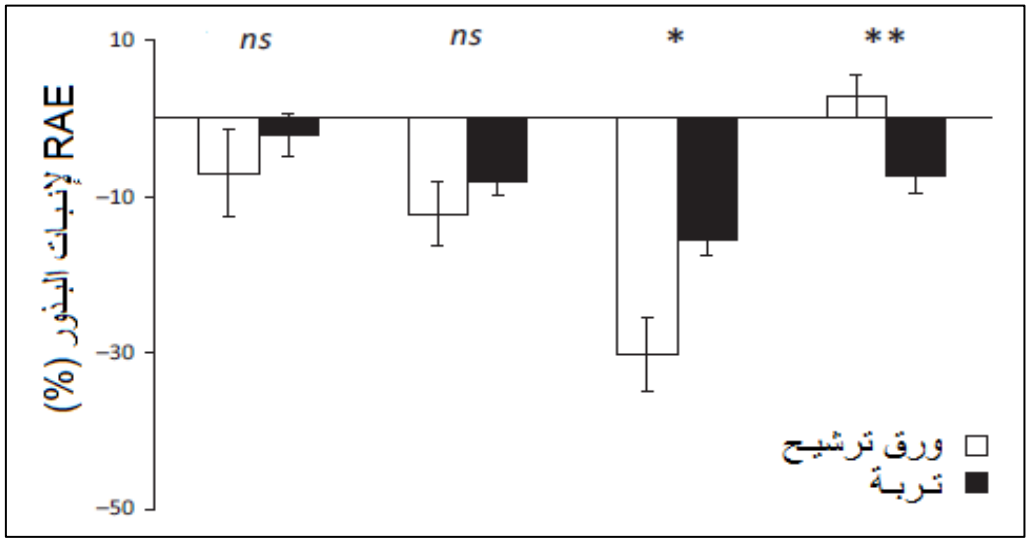
الشكل 11 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على إنبات بذور *Lactuca sativa* (أ) و *Linum srictum* (ب) وفقًا لمصدر VOC من *Pinus halepensis* .

كما نلاحظ أنه كلما زادت جرعة المركبات العضوية المتطايرة إنخفضت نسبة الإنبات عند كلا النباتيـن (الشكل12 أ و ب)أيضا اتضح أنه تم تقليل التأثير السلبي لإنبات البذور في حالة التربة الطبيعية بشدة مقارنة بورق الترشيح عند بذور نبات الكتان , في حين كان التأثير الأليلوباتي لإنبات البذور أقل في ورق الترشيح مقارنة بالتربة الطبيعية عند نبات الخس (الشكل 12 ج و د)



الشكل 12 التأثير الأليلوباثي النسبي (RAE) على إنبات بذور *Lactuca sativa* (أ ، ج) و *Linum srictum* (ب , د) وفقًا لجرعة الـVOCs و نوع الركيزة .

كما تم تقليل التأثيرات السلبية للمواد المتطايرة المنبعثة من بقايا إبر الصنوبر على إنبات بذور نبات الخس على التربة الطبيعية مقارنة بورق الترشيح , على النقيض من ذلك ، كانت تأثيرات المواد المتطايرة المنبعثة من جذور الصنوبر إيجابية على ورق الترشيح في حين كانت سلبية على التربة الطبيعية (الشكل13)

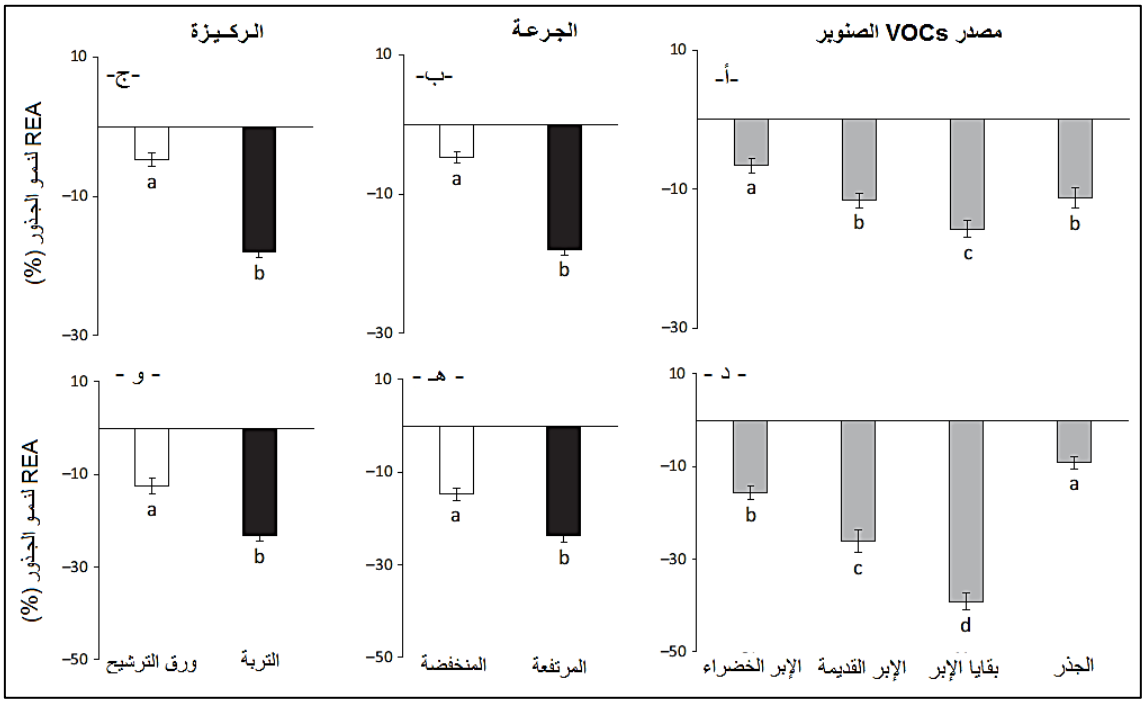


الشكل 13 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على إنبات بذور *Lactuca sativa* وفقًا لمصدر VOC من *Pinus halepensis* × تفاعل الركيزة

2.2.2. تأثير بعض مركبات الإبر و الجذور لنبات الصنوبر على نمو جذور نباتي الخس و الكتان

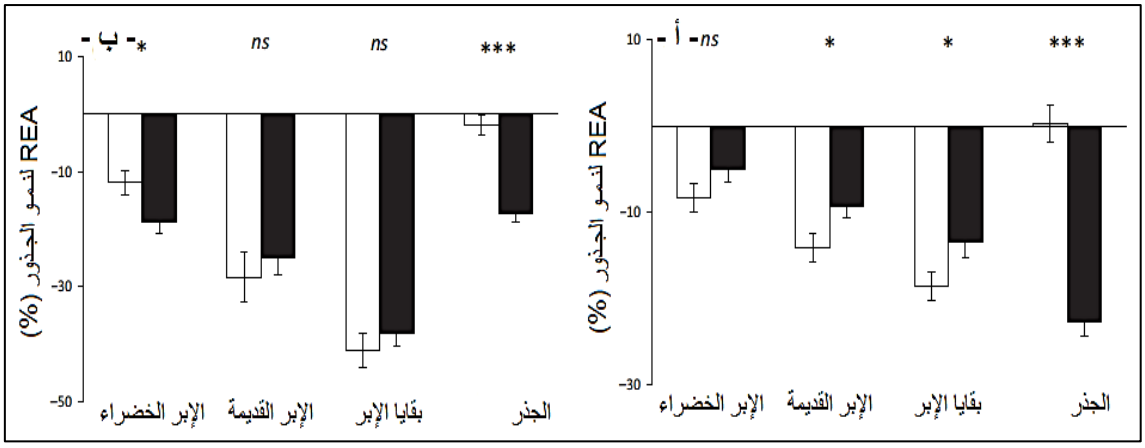
بالنسبة للتأثير الاليلوباتي على النمو الجذر فإننا نلاحظ أنه تم التأثير عليه بالمركبات العضوية المتطايرة من إبر الصنوبر التي كان تأثيرها حسب حالتها الفيسيولوجية وفقا للترتيب التالي : الإبر الخضراء < الإبر القديمة < بقايا الإبر

بالإضافة إلى ذلك ، انخفض نمو الجذر لكلا النباتين المستهدفين مع زيادة الجرعة أي أن التأثير التثبيطي للمركبات العضوية المتطايرة كان أعلى عند الجرعة المتزايدة منها (الشكل 5) كما انه كان أعلى أيضا على التربة الطبيعية مقارنة بورق الترشيح (الشكل 14)



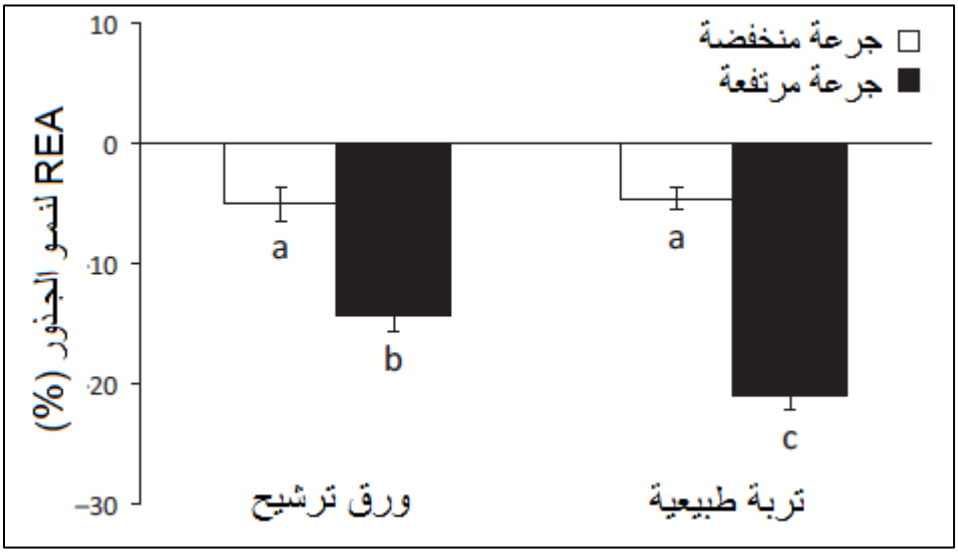
الشكل 14 التأثير الأليلوباثي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* (أ ، ب ، ج) و *Linum srictum* (د , هـ , و) وفقًا لمصدر VOC من *Pinus halepensis* (أ ، د) ، الجرعة (ب ، هـ) و نوع الركيزة (ج ، و).

كما نلاحظ أنه بتداخل مصدر الـ VOCs و نوع الركيزة في تأثيرهما على نمو الجذر لكلا النوعين , فإنه تم خفض التأثيرات المثبطة لجذور الصنوبر و الإبر الخضراء بالتربة الطبيعية مقارنة بورق الترشيح الشكل 15, أ الخس , ب الكتان) تم تقليل التأثيرات المثبطة لكل من الإبر القديمة وبقايا الإبر على نمو جذر *L. sativa* مع التربة الطبيعية مقارنة بورق الترشيح



الشكل 15 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* (أ) ، ونمو جذر *Linum strictum* وفقًا لتداخل مصدر VOCs من *Pinus halepensis* × الركيزة

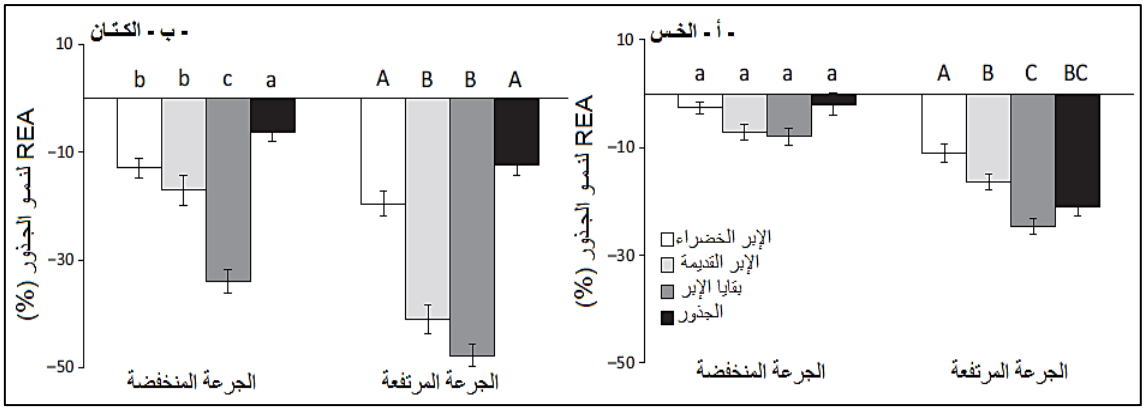
بمقارنة التأثير الأليلوباتي لنبات الصنوبر على نمو الجذور بتغير الجرعة و الركيزة فإننا نلاحظ أن تأثير كلا الجرعتين كان مثبط حيث أنه عند الجرعة المنخفضة كان متماثل على كل من ورق الترشيح والتربة الطبيعية بينما كان التأثير المثبط عند الجرعة الأعلى أعلى بشكل ملحوظ على التربة الطبيعية مقارنة بورق الترشيح (الشكل16)



الشكل 16 التأثير الأليلوباثي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* وفقًا لتداخل الجرعة × الركيزة

كما اتضح أن تأثير الجذور و مختلف الإبر يختلف بين الجرعات المنخفضة و المرتفعة , حيث أنه عند نبات الخس (الشكل 17. أ) عند الجرعة المنخفضة كان تأثير مختلف الإبر و الجذور منخفض و متماثل بينما عند الجرعة المرتفعة كان التأثير الأليلوباتي أعلى و متزايد تدريجيا بزيادة الحالة الفيسيولوجية للإبرة (أعلى تثبيط كان عند بقايا الإبر) .

في المقابل عند نبات الكتان (الشكل17 . ب) كان تأثير الجذور في كلتا الجرعتين منخفض مقارنة بتأثير الإبر الذي كان أعلى و مرتفع تدريجيا بزيادة الحالة الفيسيولوجية للإبرة .



الشكل 17 التأثير الأليلوباتي النسبي (RAE) على نمو جذر *Lactuca sativa* (أ) ، ونمو جذر *Linum strictum* وفقًا لتداخل مصدر VOCs من *Pinus halepensis* × الجرعة

بشكل عام ، تشير نتائج الدراسة إلى أن المركبات العضوية المتطايرة من كل من إبر وجذور نبات الصنوبر الحلبي لها تأثير أليلوباتي تثبيطي على إنبات البذور و نمو الجذور لنباتين مستهدفين هما نبات الخس و نبات الكتان حيث أن إنبات بذور هذه النباتات ونموها ينخفض بشكل ملحوظ بإختلاف مصدر المركبات الأليلوباتية المتطايرة و جرعتها .

مما تظهره النتائج يتضح ان المركبات الأليلوكيميائية لمتطايرة من إبر الصنوبر كانت أكثر تأثيرا على خصائص النباتين المستهدفين مقارنة بالمنبعثة من الجذور .

3.2 مناقشة الدراسة الأولى

تأثير نبات اليوكالبتوس على الإنبات و الصفات الخضرية للنباتات المدروسة يتضح أنه يعود إلى أن هذا النبات يحتوي على الكثير من المركبات الأليلوباتية التي تعمل على تثبيط الإنبات ، حيث تم تشخيص العديد من هذه المركبات ذات الطابع الأليلوباتي والتي من أهمها الأحماض الفينولية مثل benzoic acid و cinnamic acid التي تتحرر من الجذور و الأجزاء الخضرية **(Vanghan et Ord , 1990)** .

كما أكد Ghapuis و آخرون (2002) أن سبب التثبيط أيضا يعود إلى وجود المركبات الفينولية و التربينة والتي هي مركبات قابلة للذوبان في الماء و الموجودة بشكل كبير في أوراق نبات اليوكالبتوس , التي تعمل كحاجز يعيق الإنبات و بالتالي يؤدي إلى إنخفاض نسبة الإنبات في النباتات **(Boes,1986)** .

فبالنسبة لمعاملة البذور بزيت اليوكالبتوس, فقد لوحظ أن هناك تأثير واضح وذلك نتيجة لوجود المركبات المتطايرة الأليلوباثية أهمها المركب الطيار α-pinene **(Hartikainene et al ,2009)** كما وُجد أن المعاملة بزيت اليوكالبتوس قد سبب زيادة في نفاذية الأغشية ومن ثم موت الخلية وتثبيط

الإنبات (**Tworkoski , 2002**) وتأثيره يشبه تأثير العديد من الزيوت الأساسية فمثلا بين Kumar و آخرون (1984) أن هناك 28 نوع من المحاصيل قد ثبط إنباتها بسبب زيت *E. citriodora*

أما النتائج التي توضح التأثر في الصفات الخضرية أي الإختزال في طول الرويشة والجذير فقد تم تفسير سبب تثبيط استطالة النباتات المعاملة بمستخلصات أوراق اليوكالبتوس بأنه يعود إلى وجود مواد كيميائية ذات تراكيز عالية قد تعمل كمثبط لانقسام الخلايا وبالتالي اختزال في استطالة النبات أو من خلال التأثير على عمل الهرمونات المحفزة لانقسام الخلايا (**الجبوري و الحيدر , 2000**) من بين هذه المواد الكيميائية نجد التربينات التي تمتلك قوة تثبيطية عالية

فسر Todaria (1990) سبب اختزال طول النبات وكذلك عدد الجذور إلى أن مستخلصات اليوكالبتوس تحتوي على بعض المواد الفينولية التي تزيد من فعالية الأنزيمات المُحللة للأوكسين مثل IAA oxidase .

الآلية التي يمنع بها الأوكالبتوس الإنبات غير معروفة تمامًا, ومع ذلك ، تظهر بعض الأبحاث أن monoterpenes المتطايرة مثل cineole توقف الإنقسام (24 ، 25). حيث ذكر Abrahim و آخرون (2000) أن اليوكالبتوس يتكون من المونوتربينات التي تكون فعالة في التمثيل الضوئي للنباتات عن طريق تقليل كمية الكلوروفيل . علاوة على ذلك ، ذكرت Batish وآخرون (2004) أن الحد من الأنشطة التنفسية للنبات بواسطة monoterpenes يقلل من كمية التمثيل الضوئي ويعطل النمو والإنبات أيضًا

يتكون زيت اليوكالبتوس من خليط من عدة أحاديات التربينات ، مثل سينول ، لينالول و سيترونيلول التي تعرف باسم مواد أليلوكيميائية و هي من الصنف المتطاير والتي لها تأثيرات أليلوباتية مع النباتات المجاورة و في هذه الدراسة تم تأكيد تأثيرها على النمو و الإنبات **(Singh et al , 2002)**

4.2 مناقشة الدراسة الثانية

من المعروف جيدًا أن تفاعلات الأليلوباتية ليست ناتجة عن مركب واحد , بل عن مجموعة من العديد من المواد الكيميائية الأليلية التي تعمل بشكل تآزري لتثبيط أو تحفيز النمو (**Reigosa et al 1999,**) ، نظرًا لأن المواد الأليلوكيميائية التي يتم إطلاقها في المواد المترشحة تنتمي عادةً إلى الفينولات **(Fernandez et al ,2009 ; Santonja et Rouzic ,2018).**

كشف تحليل GCMS أن التربينات تمثل 88٪ من المركبات العضوية المتطايرة من إبر الصنوبر و 93٪ من المركبات العضوية المتطايرة من الجذور حيث تم الكشف عن أنواع هذه التربينات

المنبعثة من الإبر و الجذور و التي تمثل 30 نوعا ، بينما تم الكشف عن 20 تربين من الإبر فقط (الملحق 1.)

المركبβ caryophyllene كان المتطاير الرئيسي المنبعث من كل من الإبر والجذور حيث كانت المواد المتطايرة الرئيسية الأخرى المنبعثة من الإبر هي myrcene و terpinene - δ و α - pinene ، بينما كانت α - pinene و α - muurolene و copaene هي المواد المتطايرة الرئيسية الأخرى المنبعثة من الجذور كما اتضح أن انبعاث سيسكيتيربين من الإبر كان ضعف المونوتربينيس (58٪ مقابل 32٪) ، بينما كانت النسبة 72٪ مقابل 22٪ للجذور.

ينتج Pinus halepensis كميات كبيرة من المستقلبات المتخصصة بما في ذلك التربينات **(Pasqualini et al , 2003 ; Macchioni et al , 2003 ; Fernandez et al,2016)** التي تم الإبلاغ على أن لها تأثيرات مثبطة قوية على إنبات البذور ونمو العديد من الأنواع العشبية المستهدفة (السعداوي ، عارف ، الربيع ، 1985 ؛ دي مارتينو ، مانشيني ، ألميدا ، وفيو ، 2010)

كما تم إظهار أن مركب sesquiterpene له تأثيرات مثبطة قوية على إنبات البذور ونمو جذر .L sativa ، وهو اكتشاف يتماشى مع الدراسات السابقة التي اقترحت أن هذا المركب قد يعمل كأليلوكيميائي للتأثير على نمو النبات المجاور **(Wang et al , 2009)**

ذكر أن β - caryophyllene يثبط إنبات البذور ونمو الشتلات في نباتي Brassica campestris L. و Raphanus sativus L و أثبت ذلك كونغ وآخرون (1999) أن β caryophyllene ، يثبط نمو شتلات العديد من أنواع المحاصيل (Solanum Lycopersicon L. و Raphanus sativus L. و Vigna radiate (L.) R. عشب Ageratum conyzoides L

إن إنبات البذور ونمو الشتلات هي المراحل الرئيسية لحياة النبات التي تتأثر عادة بالمواد الأليلوكيميائية ،

والآثار السلبية المتكررة للنشاط الاليلوباتي فهي تثبط إنبات (Herranz et al , 2006) ، تأخير إنبات البذور **(Fernandez et al ,2013 ; Hashoum et al , 2017)** وتثبط نمو الشتلات **(Gavinet et al , 2019)**عن طريق تغيير العمليات الفسيولوجية (مثل التمثيل الضوئي أو امتصاص المغذيات أو انقسام الخلايا أو استطالتها **(Inderjit &Duke , 2003) .**

ومع ذلك ، يمكن تعديل التأثيرات البيولوجية للمواد الأليلوكيميائية بواسطة المجتمعات الميكروبية في التربة**(Inderjit,2005 ; Cipollini , 2012)**. في الواقع ، باستخدام ركائز مختلفة مثل ورق الترشيح ، والتربة الطبيعية أو المعقمة ، سلطت العديد من الدراسات الضوء على الدور الرئيسي الذي تلعبه الكائنات الدقيقة في التربة التي قمعت التأثيرات الأليلية السلبية المحتملة **(Fernandez et al ,2013) .**

تؤثر المجتمعات الميكروبية بشدة على النشاط البيولوجي للمواد الكيميائية الأليلوكيميائية من خلال الاستيعاب المتقلب ، والتدهور ، والتحول **(Blum Shafer ,1988 ; Inderjit , 2005 ; Kaur et al , 2009)** حيث تظهر تأثيرات allelochemicals أقل تثبيطًا ، أو تختفي ، أو حتى تصبح إيجابية تحت التربة الطبيعية **(Fernandez et al ,2013 ; Hashoum et al , 2017) .**

ومع ذلك ، في هذه الدراسة ، لوحظت العديد من التأثيرات المثبطة التي لوحظت مع ورق الترشيح كركيزة متشابهة أو متضخمة عند استخدام التربة الطبيعية ، مما يبرز أن الكائنات الحية الدقيقة في التربة ليست بالضرورة قادرة على الحد من التأثير السلبي للمركبات العضوية المتطايرة المنبعثة من *P. halepensis* على الأنواع العشبية المستهدفة.

و **كخلاصة** لما سبق وبعد توضيح ومناقشة نتائج الدراستان اللتان يهدفان إلى التعرف على التأثير الأليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة لنباتي اليوكالبتوس *Eucalyptus spp.* و الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* على بعض النباتات من حيث الإنبات و النمو وجدنا أن :

- النباتان المدروسان يحتويان على العديد من المركبات العضوية المتطايرة على مستوى كل من أوراق نبات اليوكالبتوس و إبر وجذور نبات الصنوبر الحلبي ، أهم هذه المركبات نجد التربينات التي تكون إما على شكل تربينات أحادية monoterpenes مثل: α-pipene , cineole , linalol , myrcene و δ - terpinene . أو سيسكيتربينات مثل :β caryophyllene ، copaene و α - muurolene

تأثير هذه المركبات العضوية المتطايرة كان تثبيطي لإنبات و نمو بعض النباتات المجاورة كالنباتات المدروسة ، تثبيط الإنبات من الممكن أن يتم عن طريق تغيير العمليات الفسيولوجية مثل امتصاص المغذيات و تثبيط النمو عن طريق تثبيط انقسام الخلايا وبالتالي اختزال في استطالة النبات أو من خلال التأثير على عمل الهرمونات المحفزة لانقسام الخلايا .

كما يتضح أنه كلما زاد تركيز هذه المركبات العضوية المتطايرة زاد التأثير المثبط على خصائص النبات المجاور

أيضا يمكن القول بأن الميكروبات المتواجدة في التربة لها إمكانية تعديل التأثير الأليلوباتي المثبط لهذه المركبات المتطايرة .

الـــخـــلاصـــــة

تملك النباتات العديد من المواد الأليلوكيميائية التي تلعب دورا في دفاعها عن ذاتها كما تؤثر بها أليلوباتيا على النباتات المجاورة لها , يمكن لهذه المواد أن تطرح خارج النبات عن طريق الرشح , نضح الجذور أو التطاير حيث كانت المواد الأليلوكيميائية المتطايرة أساس موضوعنا في هذا العمل , إذ وجدنا أن المركبات العضوية المتطايرة النباتية هي مستقلبات ثانوية تنتجها النباتات وليست ضرورية لعملية التغذية لكن لها تأثيرات أليلوباتية مثبطة للنباتات المجاورة من حيث تثبيط نمو البذور أو إنبات المجموعين الخضري و الجذري و هذا ما أكده الجانب التطبيقي من هذا العمل الذي توصلنا فيه إلى التأثير الأليلوباتي التثبيطي للـVOCs المستخلصة من مسحوق أوراق نبات اليوكالبتوس على نمو البذور و استطالة الجذير و الرويشة لبعض نباتات الزينة كالأقحوان , و كذا التأثير المثبط للـ VOCs المستخلصة من إبر و جذور نبات الصنوبر الحلبي على نمو وإنبات بذور نباتي الخس *lactuca sativa* و الكتان *linum strictum* و التي كان فيه تأثير الإبر على النباتات المجاورة أعلى من تأثير الجذور.

و بعد مقارنة نتائج التجارب وجدنا ان النباتين المدروسين يشتركان و يتشابهان في التأثير المثبط للـ VOCs المستخلصة منهما و أن هذا التأثير ترتفع نسبته كلما ارتفع تركيز المركبات العضوية المتطايرة و العكس صحيح , فكلما نقص تركيز هذه المركبات انخفضت نسبة التثبيط إلى أن تنعدم. كما اتضح أن للميكروبات المتواجدة في التربة إمكانية الحد والتقليل من التأثير الاليلوباتي للمركبات العضوية المتطايرة

وتبقى النشاطية الأليلوباتية موضوع جد معقد يحتاج إلى المزيد من الدراسات المعمقة من خلال توسيعها لتشمل أنواعا نباتية أخرى ولا سيما النباتات النامية في البيئات ذات الموارد المائية والمعدنية المحدودة كبيئات النباتات الصحراوية.

المراجع

المراجع العربية :

- **الجبوري ، ب .ع . خ ، الحيدر، ح. ج. أ. ب ، (2000)** : تأثير تراكيز مختلفة من المستخلصات الحارة والباردة لبعض الأدغال في أنبات ونمو الحنطة .*Triticum aestivum* L ، مجلة جامعة بابل ، العلوم الصرفة والتطبيقية 527 (: 3) 6 . 512-

- **الجبوري . م .ش . ر ، الزهيري، أ .ف. ح، (2010)** : الأثر الأليلوباتي لنبات الشيلم *Secale cereale* و الخردل البري *Brassica nigra* في إنبات و نمو نبات الباقلاء *Vicia faba* ، مجلة ديالي للعلوم الزراعية ، 13

- **الجحيشي ، ص ح ع (2005)** : النشاط الإحيائي للمركبات الأليلوباثية لنبات زهرة الشمس *Helianthus annuus* ضمن مراحل نمو مختلفة ، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

- **الزبيدي، إ .م. ع .ح (2006) :** الجهد الأليلوباثي لأجزاء نبات الطماطم وزهرة الشمس في أنبات ونمو صنفين من حنطة الخبز*Triticum aestivum* ، رسالة ماجستير، كلية العلوم ، جامعة الموصل .

- **كوثر هاشم عبار الجاسمي , مجيد كاظم عباس الحمزاوي , (2014)** , التأثير الأليلوباتي للأوراق الطرية و الجافة لنبات اليوكالبتوس .Eucalyptus sppو مستخلصاتها في الإنبات و الصفات الخضرية لبعض نباتات الزينة , مجلة القادسية للعلوم الزراعية , 1-4 .

المراجع الأجنبية :

1. **Abrahim, D., Braguini, W.L., Kelmer Bracht, A.M. and Ishi-Iwamoto, E.L.,(2000) :** Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth and mitochondrial respiration of maize. Journal of chemical ecology, 26: 611– 623.
2. **Abrahim, D.; Braguini, W.L.; Kelmer-Bracht, A.M.; Ishii-Iwamoto, E.L.,(2000):** Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. J. Chem. Ecol. 26, 611–624.

3. **Agrawal , AA.,(2011):** Current trends in the evolutionary ecology of plant defence , Functional Ecology , **25**:420–432. doi: 10.1111/j.1365-2435.2010.01796.x.
4. **Aras, A., Iqbal, MJ., Naqvi, SK., Gercek, YC., Boztas, K., Gasparri, ML., Shatynska-Mytsyk I, Fayyaz, S., Farooqi, AA.,(2014):** Anticancer activity of essential oils: targeting of protein networks in cancer cells. Asian Pac J Cancer Prev ; 15: 8047-8050
5. **Arroyo, A.I.; Pueyo, Y.; Pellissier, F.; Ramos, J.; Espinosa-Ruiz, A.; Millery, A.; Alados, C.L.,(2018):** Phytotoxic effects of volatile and water soluble chemicals of Artemisia herba-alba. J. Arid Environ, 151, 1–8.
6. **Asada,K., Takahashi, M.,(1987):** Production andscavenging of active oxygen in photosynthesis .Photoinhibition : topics of photosynthesis, 9th edition.:227-287p.
7. **Baldwin, I.T.; Halitschke, R.; Paschold, A.; von Dahl, C.C.; Preston, C.A.,(2006):** Volatile signaling in plant-plant interactions: "Talking trees" in the genomics era. Science, 311, 812–815.
8. **Batish, D.R., Setia, N., Singh, H.P. and Kohli, R.K.,(2004) :** Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. Crop Protection, 23:1209-1214.
9. **Bhadoria PBS (2011)** Allelopathy: a natural way towards weed management. Am J Exp Agric1:7–206.
10. **Blum, U., et Shafer, S. R. ,(1988) :** Microbial populations and phenolic acids in soils. Soil Biology and Biochemistry, 20, 793–800.
11. **Bona, E., Cantamessa, S., Pavan, M., Novello, G., Massa, N., Rocchetti, A., Berta, G., Gamalero, E.(2016):** Sensitivity of Candida albicans to essential oils: are they an alternative to antifungal agents?. J Appl Microbiol ; 121: 1530-1545

12. **Burt, SA., Zee, R., Koets, AP., Graaff, AM.,Knapen, F., Gaastra, W., Haagsman, HP., Veldhuizen, EJ.,(2007):** Carvacrol induces heat shock protein 60 and inhibits synthesis of flagellin in Escherichia coli O157:H7. Appl Environ Microbiol; 73: 4484-4490.
13. **Campbell, M.; Segear, E.; Beers, L.; Knauber, D.; Suttle, J.,(2008**): Dormancy in potato tuber meristems: Chemically induced cessation in dormancy matches the natural process based on transcript profiles. Funct. Integr. Genom, 8, 317–328.
14. **Chen, F., Tholl, D., Bohlmann, J., Pichersky, E.,(2011):** The family of terpene synthases in plants: A mid-size family of genes for specialized metabolism that is highly diversified throughout the kingdom. Plant J.

Santino, A.; Taurino, M.; De Domenico, S.; Bonsegna, S.; Pastor, V.; Flors, V.,(2013): Jasmonate signalling in plant development and defence response to multiple abiotic stresses. Plant Cell Tissue Organ Cult, 32, 1085–1098
15. **Cheng, F.; Cheng, Z., (2015):** Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. Front. Plant Sci, 6.
16. **Cheng, F.; Cheng, Z.-H.; Meng, H.-W,(2016):** Transcriptomic insights into the allelopathic effects of the garlic allelochemical diallyl disulfide on tomato roots. Sci. Rep, 6, 38902.
17. **Chung, EY., Byun, YH., Shin, EJ., Chung, HS., Lee, YH., Shin, S.,(2009):** Antibacterial effects of vulgarone B from Artemisia iwayomogi alone and in combination with oxacillin. Arch Pharm Res; 32: 1711-1719
18. **Cipollini, D., Rigsby, C. M., & Barto, E. K., (2012) :** Microbes as targets and mediators of allelopathy in plants. Journal of Chemical Ecology, 38, 714–727.

19. **Cox, SD., Mann, CM., Markham, JL., Bell, HC., Gustafson, JE., Warmington, JR., Wyllie, SG.,(2000):** The mode of antimicrobial action of the essential oil of Melaleuca alternifolia (tea tree oil). J Appl Microbiol; 88: 170-175

20. **Cruz-Ortega, R., Lara-Nunez, A., Anaya, A. L., (2007) :** Allelochemical stress can trigger oxidativedamage in receptor plants, mode of action of phytotoxicity. Plant signaling and behavior . 2(4): 269-270

21. **Darwin, T., Hickman, Amanda, R., Karl, R., Michael, A., Paul, N.,(2020) :** Allelochemicals as multi-kingdom plant defence compounds: towards an integrated approach , 1121-1131

22. **De Geyter ,N., Gholami, A., Goormachtig, S., Goossens ,A , (2012):** Transcriptional machineries in jasmonate-elicited plant secondary metabolism. *Trends Plant Sci* ;17:349–359. doi: 10.1016

23. **Degenhardt, J., Köllner ,T.G., Gershenzon ,J ,(2009):** Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants. Phytochemistry ;70:1621–1637. doi: 10.1016 .

24. **Delaquis, PJ., Stanich, K., Girard, B., Mazza, G(2002):** Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. Int J Food Microbiol; 74: 101-109.

25. **Dhifi ,W, Bellili, S, Jazi ,S, Bahloul ,N, Mnif, W. (2016):** Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. Medicines (Basel) ; 3: 25 **Tranchida, PQ, Sciarrone ,D, Dugo, P, Mondello, L, (2012) :** Heart-cutting multidimensional gas chromatography: a review of recent evolution, applications, and future prospects, Anal Chim Acta; 716: 66-75

26. **Ding, J., Sun,Y., Xiao, C. L., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J.Q. (2007) :** Physiological basis of different allelopathicreactions of cucumber and fig leaf gourd plants tocinnamic acid. Journal of Experimental Botany. 58(13):3765-3773.

27. **Dudareva, N., Klempien, A., Muhlemann, JK., Kaplan,L. ,(2013):** Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. New Phytol; 198: 16-32

28. **Einhellig, F.A.,(1995):** Mechanism of Action of Allelochemicals in Allelopathy; ACS Publications: Washington, DC, USA.

29. **Einhellig, F.A.; Rasmussen, J.A.,(1979):** Effects of three phenolic acids on chlorophyll content and growth of soybean and grain sorghum seedlings. J. Chem. Ecol, 5, 815–824.

30. **ELroy , L.Rice , (1984) :** Allepathy , Academic press INC , London 2nd edition , p1 .

31. **Farooq M, Jabran K, Cheema ZA, Wahid A, Siddique KHM , (2011)** : Role of allelopathy inagricultural pest management , Pest Manag Sci 67:494–506

32. **Federico,B. , Francesco,L. , Francesco,L.,(2019):** Exploiting Plant Volatile Organic Compounds (VOCs) in Agriculture to Improve Sustainable Defense Strategies and Productivity of Crops . Institute for Sustainable Plant Protection, National Research Council of Italy, Florence, Italy

33. **Fernandez, C., Monnier, Y., Ormeño, E., Baldy, V., Greff, S., Pasqualini, Bousquet-Mélou, A. (2009) :** Variations in allelochemical composition of leachates of different organs and maturity stages of Pinus halepensis. Journal of Chemical Ecology, 35, 970–979.

34. **Fernandez, C., Monnier, Y., Santonja, M., Gallet, C., Weston, L. A., Prévosto ,B. A., (2016) :** The impact of competition and

allelopathy on the trade-off between plant defense and growth in two contrasting tree species. Frontiers in Plant Science, 7,594

35. **Fernandez, C., Santonja, M., Gros, R., Monnier, Y., Chomel, M., Baldy, V., & Bousquet-Mélou, A. (2013) :** Allelochemicals of *Pinus halepensis* as drivers of biodiversity in Mediterranean open mosaic habitats during the colonization stage of secondary succession. *Journal of Chemical Ecology*, *39*, 298–311.
36. **Finger, F.L.; Santos, M.M.d.S.; Araujo, F.F.; Lima, P.C.C.; Costa, L.C.d.; França, C.d.F.M.; Queiroz, M.d.C.,(2018):** Action of essential oils on sprouting of non-dormant potato tubers. Braz. Arch. Biol. Technol, 61.
37. **Fisher ,N.H, Williamson,J.D., Weidenhamer , Richardson ,D.R.,(1994) :** In Research of Allelopathy in The Florida Scrub : The Role of Terpenoids.J. Chem.Ecol.20 :1355-1380.
38. **Garlson, L., J. Bauder and D. Cash.(1999).** Invloed Van Planet of Ellkaar Enop Insecten. Plant Regulating Processes. P. 1, Not: 288
39. **Gautam, N., Mantha, AK., Mittal, S.,(2014):** Essential oils and their constituents as anticancer agents: a mechanistic view. Biomed Res Int ; 154106
40. **Gavinet, J., Santonja, M., Baldy, V., Hashoum, H., Peano, S., Tchong, Bousquet-Mélou, A. ,(2019) :** Phenolics of the understory shrub Cotinus coggygria as driver of Mediterranean oak forests diversity and dynamics. Forest Ecology and Management, 441, 262–270.
41. **Gigot, C., Ongena, M., Fauconnier, M.L., Wathelet, J.P., du Jardin ,P., Thonart, P.(2010):** The lipoxygenase metabolic pathway in plants: Potential for industrial production of natural green leaf volatiles. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* ;14:451–460.

42. **Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P. I., and Geron, C. (2006):** Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (model of emissions of gases and aerosols from nature). Atmos. Chem. Phys. 6, 3181–3210. doi: 10.5194/acp-6-3181-2006

43. **Hakmin, M. , Helen, E.,(2020**): Nanoencapsulation of Plant Volatile Organic Compounds to Improve Their Biological Activities .

44. **Hartikainene, k. ;A.M. Nerg,M., Kivimaenpaa; S. Kontunen-soppela,M.,Maenpaa (2009) :** Emissions of volatile organic compounds and leaf structural characteristics of European aspen (*Populus termula*) grown under elevated ozone and temperature. Tree Physiol., 29: 1163-1173.

45. **Hartmans, K.J.; Diepenhorst, P.; Bakker, W.; Gorris, L.G.M., (1995) :** The use of carvone in agriculture: Sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. Ind. Crop. Prod. 1995, 4, 3–13

46. **Hashoum, H., Santonja, M., Gauquelin, T., Saatkamp, A., Gavinet, J., Greff, Bousquet-Mélou, A. (2017) :** Biotic interactions in a Mediterranean oak forest: Role of allelopathy along phenological development of woody species. *European Journal of Forest Research*, *136*, 699–710.

47. **Heil, M.; Silva Bueno, J.C.,(2007):** Within-plant signaling by volatiles leads to induction and priming of an indirect plant defense in nature. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 104, 5467–5472.

48. **Herranz, J. M., Ferrandis, P., Copete, M. A., Duro, E. M., & Zalacain, A. (2006) :** Effect of allelopathic compounds produced by *Cistus ladanifer* on germination of 20 Mediterranean taxa. *Plant Ecology*, *184*, 259–272.

49.Hosoki, T.,(1986): Breaking bud dormancy in corms and trees with sulfide compounds in garlic and horseradish. HortScience , 21, 114–116.

50.Hsieh ,M.H., Chang, C.Y., Hsu ,S.J., Chen ,J.J,(2008) : Chloroplast localization of methylerythritol 4-phosphate pathway enzymes and regulation of mitochondrial genes in ispD and ispE albino mutants in Arabidopsis. Plant Mol. Biol 66:663–673. doi: 10.1007/s11103-008-9297-5.

51.Ibrahim, NA., El-Sakhawy, F., Mohammed, M., Farid, M., Abdel-Wahed, N., Deabes, D.,(2015): Chemical composition, antimicrobial and antifungal activities of essential oils of the leaves of Aegle marmelos (L.) Correa growing in Egypt. J Appl Pharm Sci; 5: 001-005.

52.Inderjit (2005) : Soil microorganisms: An important determinant of allelopathic activity. Plant and Soil, 274, 227–236.

53.Inderjit, et Duke, S. O. ,(2003) : Ecophysiological aspects of allelopathy. Planta, 217, 529–539

54.Issar, S. , Yadav, N. ; Gaur, R. ,(2021): Role of Volatile Organic Compounds in Plant Growth, Communication and Defense, Agrica. 10. 111-119.

55.Kaur, H., Kaur, R., Kaur, S., Baldwin, I. T., Inderjit (2009) : Taking ecological function seriously: Soil microbial communities can obviate allelopathic effects of released metabolites. *PLoS ONE*, *4*(3), e4700.

56.Kaur, S.; Singh, H.P.; Batish, D.R.; Kohli, R.K.,(2011): Chemical characterization and allelopathic potential of volatile oil of Eucalyptus tereticornis against Amaranthus viridis. J. Plant Interact. , 6, 297–302.

57.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.

58.Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, B., Weigand, H., Weis, N.,(1989): Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. J Essent Oil Res; 1: 119-128.

59.Knudsen, J.T., Eriksson, R., Gershenzon, J., Stahl, B.,(2006): Diversity and distribution of floral scent. Bot. Rev. 2006;72:1–120. doi: 10.1663/0006-8101

60.Kohli, R.K.; Batish, D.R.; Singh, H.P.,(1998): Eucalypt oils for the control of Parthenium (Parthenium hysterophorus L.). Crop Prot, 17, 119–122.

61.Kong, C., Hu, F., & Xu, X. ,(1999) : Allelopathic potential and chemical constituentsc of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. *Journal of Chemical Ecology*, *25*, 2347–2356.

62.Kotra, VSR, Satyabanta, L, Goswami ,TK. A,(2019): critical review of analytical methods for determination of curcuminoids in turmeric. J Food Sci Technol; 56: 5153-5166

63.Kubota, N.; Yamane, Y.; Toriu, K.; Kawazu, K.; Higuchi, T.; Nishimura, S.,(1999): Identification of active substances in garlic responsible for breaking bud dormancy in grapevines. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci., 68(6), 1111–1117.

64.Kumar, A., D. Singh; R.C. Verma , R.K. Kholi (1984) : Correlation response of germination and vigour on different plant seeds to the effects of *Dalbergia sissoo* extracts, Rhizobium and nitrogen on germination, growth and yield of *Vigna radiata*. Allelo. J., 7: 255- 263.

65. **Laule ,O., Fürholz ,A., Chang ,H.S., Zhu, T., Wang ,X., Heifetz P.B., Gruissem W., Lange ,B.M, (2003):** Crosstalk between cytosolic and plastidial pathways of isoprenoid biosynthesis in Arabidopsis thaliana, Proc. Natl. Acad. Sci. USA ;100:6866–6871. doi: 10.1073/pnas.1031755100.

66. **Loreto, F., and Velikova, V. (2001):** Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. Plant Physiol. 127, 1781–1787. doi: 10.1104/pp.010497

67. **Macchioni, F., Cioni, P. L., Flamini, G., Morelli, I., Maccioni, S., Ansaldi, M. (2003) :** Chemical composition of essential oils from needles, branches and cones of Pinus pinea, P. halepensis, P. pinaster and P. nigra from central ltaly. Flavour and Fragrance Journal, 18, 139–143

68. **Maeda, H., Dudareva, N.,(2012):** The Shikimate Pathway and Aromatic Amino Acid Biosynthesis in Plants. Annu. Rev. Plant Biol.

69. **Meazza, G., Scheffler, B. E., Tellez, M. R., Rimando, A. M., Romagni, J. G., Duke, S. O., et al. (2002):** The inhibitory activity of natural products on plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Phytochemistry* 60, 281–288.

70. **Moghadam, H., Sani, A., Sangatash, M.(2016):** Antifungal activity of essential oil of Ziziphora clinopodioides and the inhibition of aflatoxin B1 production in maize grain. Toxicol Ind Health; 32: 493-499.

71. **Muhlemann ,J.K., Klempien, A., Dudareva ,N.,(2014):** Floral volatiles: From biosynthesis to function. Plant Cell Environ , 37:1936–1949. doi: 10.1111/pce.12314.

72. **Muthaiyan, A., Martin, EM., Natesan, S., Crandall, PG., Wilkinson, BJ., Ricke, SC.(2012):** Antimicrobial effect and mode

of action of terpeneless cold pressed valencia orange essential oil on methicillin-resistant Staphylococcus aureus . J Appl Microbiol; 112: 1020-1033.

73. **Neill S. J., Desikan, R., Hancock , J.T.(2002) :** Hydrogen peroxide signaling. Current Opinion Plant Biology. 5(5): 388-395.

74. **Owolabi, M.S.; Olowu, R.A.; Lajide, L.; Oladimeji, M.O.; Padilla-Camberos, E.; Flores-Fernández, J.M.,(2013):** Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. Ind. Crop. Prod, 45, 83–87.

75. **Pasqualini, V., Robles, C., Garzino, S., Greff, S., Bousquet-Mélou, A., & Bonin, G. (2003) :** Phenolic compounds content in Pinus halepensis Mill. needles: A bioindicator of air pollution. Chemosphere, 52, 239–248.

76. **Pirrello, J., Leclercq, J., Dessailly, F., Rio, M., Piyatrakul, P., Kuswanhadi, K., Tang, C., Montoro, P. (2014):**Transcriptional and post-transcriptional regulation of the jasmonate signalling pathway in response to abiotic and harvesting stress in Hevea brasiliensis. *BMC Plant Biol* ;14:1–17. doi: 10.1186/s12870-014-0341-0.

77. **Pulido, P., Perello ,C., Rodriguez-Concepcion, M.,(2012):** New Insights into Plant Isoprenoid Metabolism, *Mol*. Plant , 5:964 –967. doi: 10.1093 .

78. **Reigosa, M. J., Sanchez-Moreiras, A., & Gonzalez, L. (1999) :** Ecophysiological approach in allelopathy. Critical Reviews in Plant Science, 18, 577–608.

79. **Ren, K.; Hayat, S.; Qi, X.; Liu, T.; Cheng, Z.,(2018):** The garlic allelochemical DADS influences cucumber root growth involved in

regulating hormone levels and modulating cell cycling. J. Plant Physiol, 230, 51–60.

80. **Romagni, J., Allen, S., Dayan, F.,(2000**): Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species. J. Chem , 26, 303–313.

81. **Rosenkranz , M.,Schnitzler, J., (2016)** : Plant Volatiles. 10.1002pub3.

82. **Runyon, J.B.; Mescher, M.C.; De Moraes, C.M.,(2006):** Volatile chemical cues guide host location and host selection by parasitic plants. Science , 313, 1964–1967.

83. **Saddi, M., Sanna, A., Cottiglia, F., Chisu, L., Casu, L., Bonsignore, L., De Logu, A.,(2007):** Antiherpevirus activity of Artemisia arborescens essential oil and inhibition of lateral diffusion in Vero cells. Ann Clin Microbiol Antimicrob ; 6: 10

84. **Santonja, M., Le Rouzic, B., & Thiebaut, G. (2018) :** Seasonal dependence and functional implications of macrophyte-phytoplankton allelopathic interactions. Freshwater Biology, 63, 1161–1172.

85. **Santonja, M.; Bousquet-Mélou, A.; Greff, S.; Ormeño, E.; Fernandez,C.,(2019):** Allelopathic effects of volatile organic compounds released from Pinus halepensis needles and roots. Ecol. Evol, 9, 8201–8213.

86. **Scala, A.; Allmann, S.; Mirabella, R.; Haring, M.A.; Schuurink, R.C., (2013) :** Green Leaf Volatiles: A Plant's Multifunctional Weapon against Herbivores and Pathogens. Int. J. Mol. Sci, 14, 17781-17811.

87. **Schnepp, J., Dudareva, N.,(2007):** Flowering and its Manipulation. Blackwell Publishing Ltd.; Oxford, UK: 2007. Floral Scent: Biosynthesis, Regulation and Genetic Modifications; pp. 240–257

88. **Sharkey, T.D.; Yeh, S.,(2001):** Isoprene emission from plants. Annu. Rev. Plant Biol, 52, 407–436.

89. **Shukla, S.; Pandey, S.S.; Chandra, M.; Pandey, A.; Bharti, N.; Barnawal, D.; Chanotiya, C.S.; Tandon, S.; Darokar, M.P.; Kalra, A.,(2019):** Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. Food Chem, 284, 171–179.

90. **Singh, H.P., Batish, D.R., Kaur, S., Ramezani, H. and Kohli, R. K.,(2002) :** Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against Cassia Occidentalis. Ann. Appl. Biol, 141: 111–116.

91. **Smirnoff, N., (1993) :** The role of active oxygen in theresponse of plants to water deficit and desiccation. New Phytologist .125 (1): 27-58.

92. **Song ,M.S., Dong ,G.K., Lee ,S.H, (2005):** Isolation and characterization of a jasmonic acid carboxyl methyltransferase gene from hot pepper (Capsicum annuum L.) J. Plant Biol ;48:292–297. doi: 10.1007/BF03030525.

93. **Song, X.; Bandara, M.S.; Tanino, K.K.,(2009):** Potato dormancy regulation: Use of essential oils for sprout suppression in potato storage. Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol, 2, 110–117.

94. **Surinder Rana, (2018):** Allelochemicals. 10.13140 / RG .2.2.34097.89448.

95. **Swamy, MK., Akhtar, MS., Sinniah, UR.,(2016):** Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. Evid Based Complement Alternat Med; 3012462.

96. **Lu, M., Dai, T., Murray, CK., Wu, MX. ,(2018):** Bactericidal property of oregano oil against multidrug-resistant clinical isolates. Front Microbiol; 9: 2329.

97. **Tariq, S., Wani, S., Rasool, W., Shafi, K., Bhat, M., Prabhakar, A., Shalla, AH., Rather, MA.(2019):** A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. Microb Pathog ; 134: 103580

98. **Ton, J.; D'Alessandro, M.; Jourdie, V.; Jakab, G.; Karlen, D.; Held, M.; Mauch-Mani, B.; Turlings, T.C.J.,(2007):**Priming by airborne signals boosts direct and indirect resistance in maize. Plant J, 49, 16–26.

99. **Turek ,C., Stintzing ,FC.,(2011):** Application of high-performance liquid chromatography diode array detection and mass spectrometry to the analysis of characteristic compounds in various essential oils. Anal Bioanal Chem; 400: 3109

100. **Tworkoski, T.,(2002) :** Herbicide effects of essential oils. Weed Sci., 50:425- 431. Vaughan, D. and B.C. Ord (1990). Effects of allelochemicals in roots. Plant Root Growth - An Ecological Perspective. Blackwell Sci. Pub., London., Pp: 399-421.

101. **Velikova, V., Várkonyi, Z., Szabó, M., Maslenkova, L., Nogues, I., Kovács, L., et al. (2011) :** Increased thermostability of thylakoid membranes in isoprene-emitting leaves probed with three biophysical techniques. Plant Physiol. 157, 905–916. doi: 10.1104/pp.111.182519

102. **Wang, C. M., Chen, H. T., Li, T. C., Weng, J. H., Jhan, Y. L., Lin, S. X., et al. (2014):** The role of pentacyclic triterpenoids in the allelopathic effects of *Alstonia scholaris*. *J. Chem. Ecol.* 40, 90–98.

103. **Wang, R., Pen, S., Zeng, R., Ding, L. W., & Xu, Z. F. (2009) :** Cloning, expression and wounding induction of β-caryophyllene synthase gene from Mikania micrantha HBK and allelopathic potential of β-caryophyllene. Allelopathy Journal, 24, 35–44.

104.Ward ,J.L., Baker, J.M., Llewellyn ,A.M., Hawkins ,N.D., Beale M.H , (2011) : Metabolomic analysis of Arabidopsis reveals hemiterpenoid glycosides as products of a nitrate ion-regulated, carbon flux overflow. Proc. Natl. Acad. Sci. USA ;108:10762–10767. doi: 10.1073/pnas.1018875108.

105.Weaver, T.; Klarich, D.,(1977): Allelopathic effects of volatile substances from Artemisia tridentata Nutt. Am. Midl. Nat. 92, 508–512.

106.Wei, C.; Zhou, S.; Li, W.; Jiang, C.; Yang, W.; Han, C.; Zhang, C.; Shao, H.,(2019): Chemical composition and allelopathic, phytotoxic and pesticidal activities of Atriplex cana Ledeb. (Amaranthaceae) essential oil. Chem. Biodivers, 16, e1800595.

107.Weir, T. L., Park, S. W., and Vivanco, J. M. (2004): Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7, 472–479. doi: 10.1016/j.pbi.05.007

108.Whelan, Jay , Fritsche, Kevin, (2013): Linoleic Acid. Advances in nutrition (Bethesda, Md.). 4. 311-312. 10.3945/an.113.003772.

109.Wink, M.,(1988): Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. Theor Appl Genet 75:225–233 .

110.X. International Journal of Biological Innovations , 2019 , Allelochemical Stress, ROS and Plant Defence System .

111.Yang, X.; Deng, S.; De Philippis, R.; Chen, L.; Hu, C.; Zhang, W.,(2012): Chemical composition of volatile oil from Artemisia ordosica and its allelopathic effects on desert soil microalgae, Palmellococcus miniatus. Plant Physiol. Biochem, 51, 153–158.

112.Zhao, J.; Yang, L.; Zhou, L.; Bai, Y.; Wang, B.; Hou, P.; Xu, Q.; Yang, W.; Zuo, Z.,(2016): Inhibitory effects of eucalyptol and

limonene on the photosynthetic abilities in Chlorella vulgaris (Chlorophyceae). Phycologia , 55, 696–702.

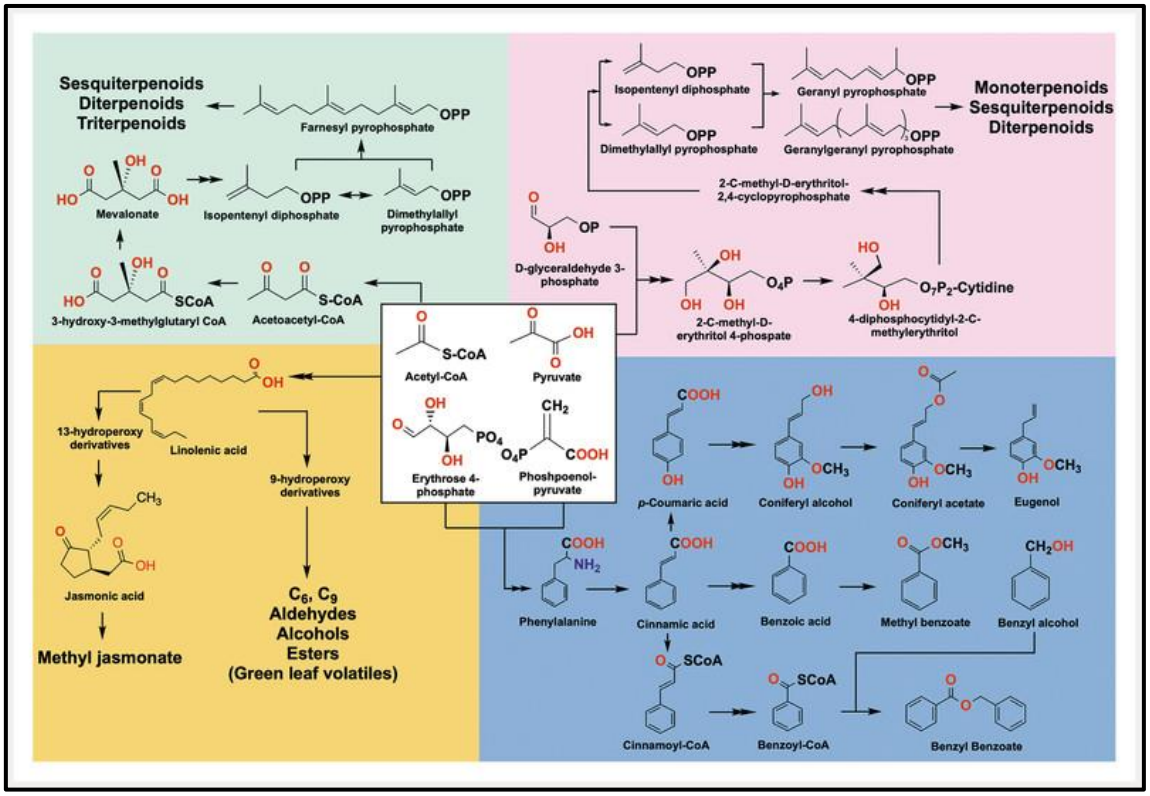
113. **Zhao, L., Chang W., Xiao ,Y., Liu H., Liu, P,(2013):** Methylerythritol Phosphate Pathway of Isoprenoid Biosynthesis. *Annu. Rev. Biochem.* 2013;82:497–530. doi: 10.1146/annurev-biochem-052010-100934.

114. **Zheng YL, Feng YL, Zhang LK, Callaway RM, Valiente-Banuet A, Luo, Liao ZY, Lei YB,Barclay GF, Silva-Pereyra C (2015)** Integrating novel chemical weapons and evolutionarilyincreased competitive ability in success of a tropical invader. New Phytol 205:1350–1359.

115. **Takahashi F, Shinozaki K,** (2019 Feb), Long-distance signaling in plant stress response. Curr Opin Plant Biol.47:106-111.

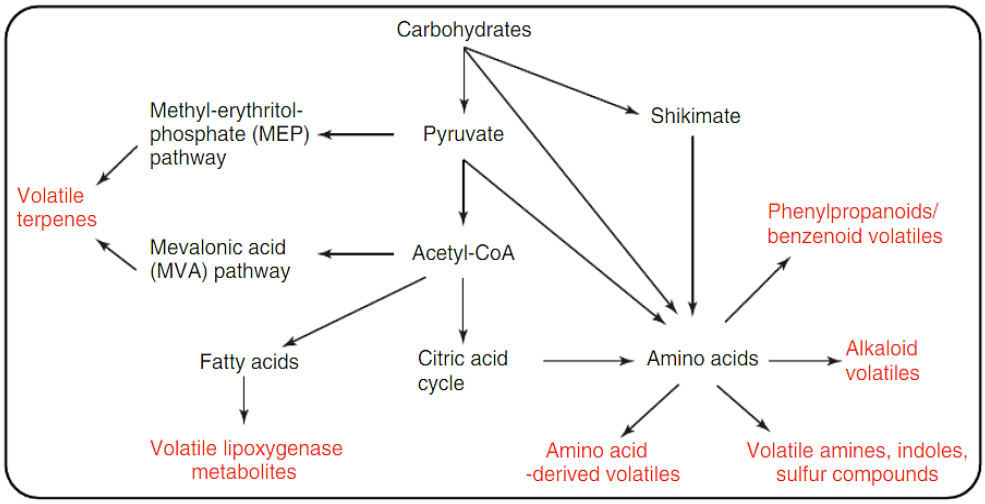
الملاحق

الملحق 1 :



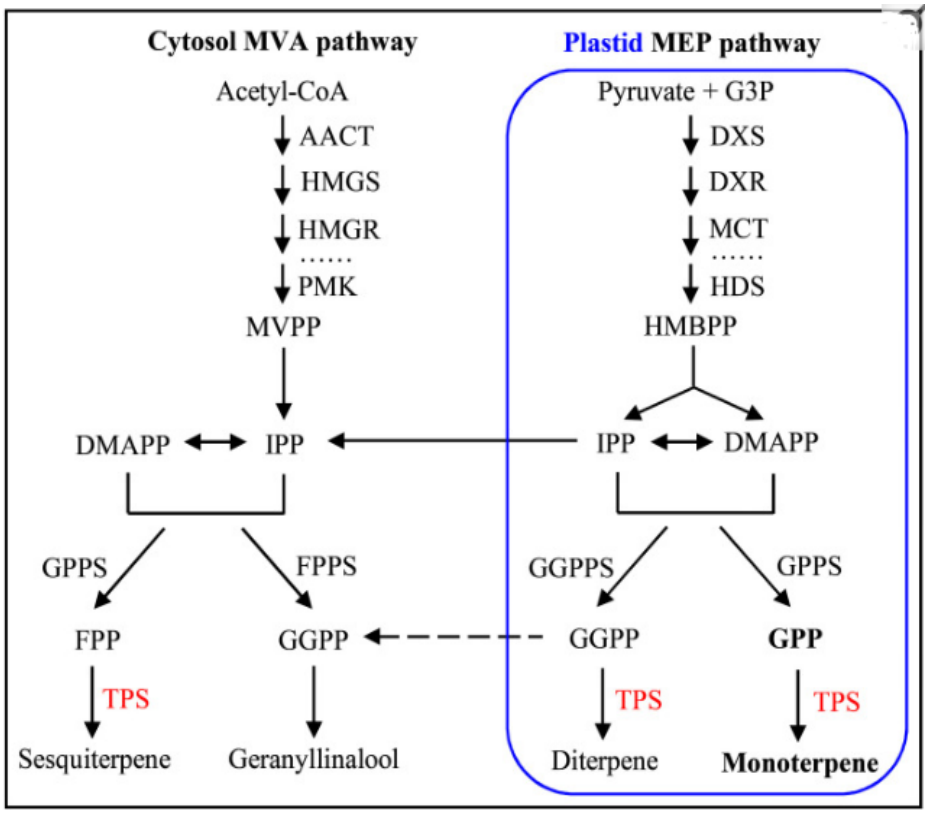
الشكل 1: التخليق الحيوي للمركبات العضوية المتطايرة النباتية. يتم تمييز مسارات التخليق الحيوي للتربينات باللونين الأزرق والأخضر ، حيث تشير الخلفية الخضراء إلى مسار MVA والخلفية الوردية توضح مسار MEP. توضح المربعات المظللة باللون الأزرق والمربعات المظللة باللون الأصفر الفينيل بروبانويد / بنزينويد والتخليق الحيوي لمشتقات الأحماض الدهنية ، على التوالي. يتم وضع أسيتيل- CoA ، وبيروفات ، وفوسفوينول بيروفات ، وإريثروز 4- فوسفات ، وهي المواد الأساسية لتوليد المركبات العضوية المتطايرة النباتية ، في الصندوق المستطيل الأوسط. هنا ، تشير الأسهم المكدسة إلى مشاركة تفاعلات تحويل متعددة.(Dudareva, 2013)

الملحق 2 :



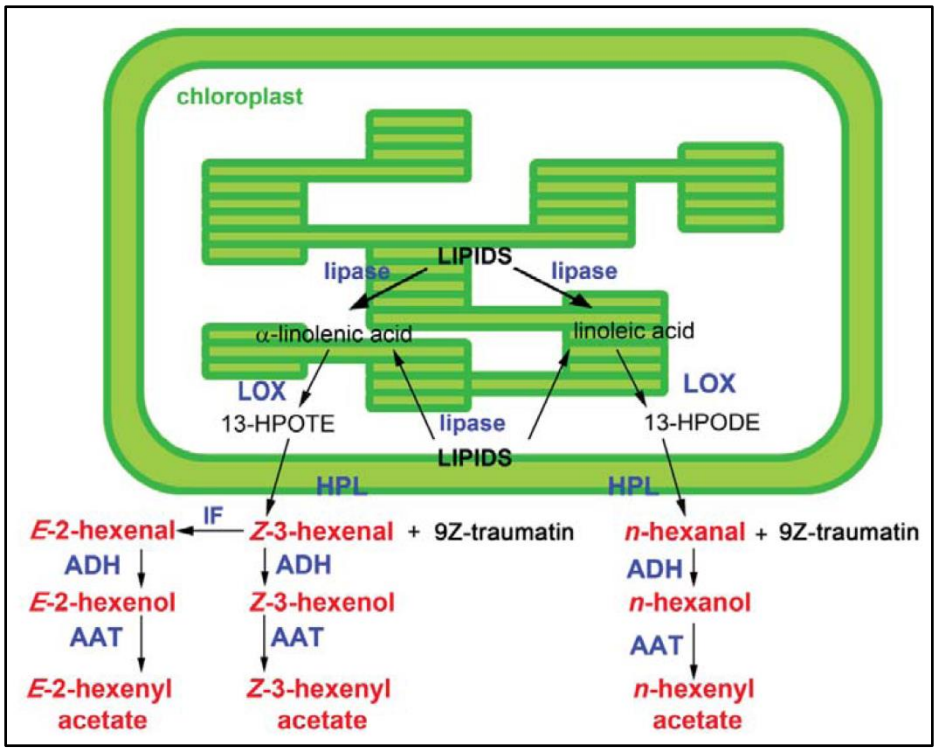
الشكل 2: المسارات العامة للتخليق الحيوي للمركبات العضوية المتطايرة (المركبات العضوية المتطايرة باللون الاحمر).
(Rosenkranz, 2016)

المـلحق 3:



الشكل 3: مسار تخليق التربينات (Chen , 2011)

المـلحق 4:



الشكل 4 : التخليق الحيوي للورقة الخضراء المتطايرة GLVs (Scala et al.,2013)