

مقارنة بين المركبات المنبعثة من نبات اللوز السليم والنبات المصاب بفراشة اللوز الحرشفية (*Aporia crataegi* (L.)

أمانى جودت شلالو¹ ومنال داغستاني²

(1) كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية، البريد الإلكتروني: amannishlalo@yahoo.com؛ (2) كلية الكيمياء، جامعة دمشق، سورية

الملخص

شلالو، أمانى جودت ومنال داغستاني. 2018. مقارنة بين المركبات المنبعثة من نبات اللوز السليم والنبات المصاب بفراشة اللوز الحرشفية (*Aporia crataegi* (L.) . مجلة وقاية النبات العربية، 36(2): 147-153.

أجريت الدراسة خلال الفترة 2015-2016، في مركز بحوث ودراسات مكافحة الحيوية التابع لكلية الزراعة، جامعة دمشق، بهدف معرفة التغييرات في بعض المركبات المنبعثة من نبات اللوز نتيجة الإصابة بيرقات (*Aporia crataegi* (L.) (Lepidoptera: Pieridae). أظهرت نتائج الدراسة أن المركبات الطيارة المنبعثة من النبات المصاب تمثلت بـ 42 مركباً جديداً، كان أهمها: CIS-3-Hexenyl Acetate؛ CIS-3-Hexenyl Acetate؛ Z-β-Ocimene؛ Limonene؛ Trans-2-hexenyl butyrate؛ CIS (Z)-3-Hexenyl butyrate؛ (E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene؛ Nonanal؛ Linalool or allo-Ocimenol؛ isopropyl palmitate و Methyl salicylate؛ Limonene-6-ol؛ (E,E)-α-Farnesene؛ trans-α-Bergamotene؛ (E)-beta-farnesene؛ 2-hexenyl tiglate والتي تعد عامل جذب للمتطفلات.

كلمات مفتاحية: *Aporia crataegi*، اللوز، المركبات المنبعثة.

المقدمة

النباتات، وبشكل خاص الصليبيات، مادة (GLS) Glucosinolate التي تعتبر ناتج ثانوي عن العمليات الحيوية في النبات نتيجة تغذية الحشرات العاشبة، وتحول GLS نتيجة النشاط الإنزيمي إلى مركبات سامة مثل (iso) thiocyanates والنيتريلات الضارة بالحشرات العاشبة (Kos et al., 2012). وقد طور نبات *Nicotiana attenuata* آلية دفاعية ضد *Manduca sexta* هي بشكل رئيس: (glycoside) 17-hydroxygeranylinalool diterpene الذي يكون سميته في المعى المتوسط بوساطة β-glucosidase 1-catalysed deglycosylation (Poreddy et al., 2015).

تشمل طرائق الدفاع غير المباشرة انبعاث مركبات طيارة عند تعرض النبات لهجوم عاشب. ويكون لهذه المواد وظيفة دفاعية هي: (1) التأثير السلبي في الحشرات العاشبة، (2) إشارة تنبيه وجذب للأعداء الحيوية، (3) إشارات تنبيه للنباتات المجاورة السليمة، (4) إشارات تحذير جهازية في النبات المصاب نفسه (Rodriguez-Saona & Frost, 2010). وتقسم المركبات الطيارة التي تفرز في النبات نتيجة تضرره بالعاشب إلى قسمين: مواد تكوينية ومواد محرضة في النبات نتيجة تغذية الحشرات.

تدافع النباتات عن نفسها إزاء الحشرات الضارة بطرائق مختلفة، مباشرة أو غير مباشرة، وذلك بإنتاج دفاعات كيميائية وفيزيائية تقلل من أداء العاشب. تضم طرائق الدفاع المباشرة الإنتاج والتخزين الحيوية لبعض المركبات التي تؤثر سلباً في أداء العاشب (Wittstock & Gershenzon, 2002) وعلى عمل وظائف أعضائه أو سلوكه، مثل إنتاج السموم، والمركبات غير المستساغة أو المواد المنفرة (Allmann & Baldwin, 2010). ففي نبات الأوكاسيا تتمثل عوامل المقاومة بإنتاج مادة سكرية تجذب النمل للتغذية عليها وبالتالي يدافع النمل عن النبات ضد أي هجوم لحيوانات عاشبة عليه لحماية مصدره الغذائي من المنافسة، فتتمثل مقاومة النبات بتأمين مصدر الغذاء والمأوى، أو بجذب مفترسات مثل *Polistes* sp. بالمركبات السكرية وبالتالي مهاجمة المفترس لحيوانات العاشب (Heil, 2008)، وكذلك إنتاج مركب (EFN) extra-floral nectar في النبات البقولية (*Phaseolus lunatus*) نتيجة إصابة نباتات مجاورة بالأكاروس (*Tetranychus urticae*)، حيث يحدث نتيجة تماس النبات السليم مع الهواء المحيط بالنبات المصاب، كدفاع أولي بجذب الأكاروس المفترس (*Phytoseiulus persimilis*) (Choh et al., 2006). تنتج بعض

هدف هذا البحث لدراسة التغييرات التي تحدث في المركبات المنبعثة من نبات اللوز نتيجة الإصابة بحشرة *Aporia crataegi*.

مواد البحث وطرائقه

آلية جمع المركبات المتطايرة

أجريت الدراسة في مختبر الحشرات التابع لمركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية، جامعة دمشق، حيث تم تربية صنف واحد من غراس اللوز من البذرة في أصص معزولة بوساطة شبك، يمنع دخول الحشرات للنبات، وتحت الظروف الحقلية. عند وصول عمر الغرسة سنتين (طول 40 سم)، تم إدخال يرقات فراشة اللوز الحرشفية *A. crataegi* في نهاية العمر اليرقي الأول، جمعت من الطبيعة، وبعد تغذية اليرقات لمدة 24 ساعة تم استبعاد اليرقات ومفرزاتها، ثم حجز الهواء المحيط بالجزء النباتي المتغذى عليه بوساطة أكياس بولي إيثيلين تيريفثالات (PET) polyethyleneterephthalate التي تكون على شكل لفات (بسمك 20 ميكرومتر وقطر 30 سم)، قطعت إلى قطع يتراوح طولها بين 60 و 80 سم، حسب طول النبات، تم تثبيتها حول الساق تحت الورقة الأولى. في النهار بعد حصر المواد الطيارة لمدة ساعتين، تم إدخال عمود ميكروني من الفحم النشط ضمن مسبر خاص (SPME)، وتم إخراج العمود الفحمي عند وصول المسبر للهواء المحتجز، فتقوم المركبات الطيارة الناتجة من النبات بالادمصاص على الفحم النشط خلال فترة 24 ساعة، ثم يتم سحب عمود الفحم إلى داخل المسبر وإخراجه من حيز الهواء المتجمع، ويحفظ في عبوات خاصة لنقله إلى المختبر لإجراء التحليل الكروماتوجرافي الغازي في اليوم ذاته، باستخدام طريقة Degen وآخرون (2012) مع إجراء بعض التعديلات.

البرنامج الحراري المستخدم

تم استخدام طريقة وصفت سابقاً (Beck et al., 2008) مع إجراء توافق مع العمود المستخدم في جهاز GC-MS هو (HP-5MS) DB5 HP-5MS 5% Phenyl Methyl Silox 1785.43335: 5% Phenyl Methyl Silox (30 m x 250 µm x 0.25 µm، 325 °C). تم وضع الـ SPME في حجرة Headspace GC (تقنية تستخدم لتحليل المركبات الطيارة من المواد الصلبة والسائلة) وتعتبر مماثلة لطريقة عكس الادمصاص الحراري thermal desorption وهو مؤلف من غرفة تبريد وتسخين صغيرة مركبة داخل الفرن تحت المحقن، تسمح بحجز المواد الطيارة في مقدمة العمود، ويقوم النتروجين السائل بتبريد المركبات الطيارة عند حرارة -180 °س، بذلك لا يكون هناك ضرورة لتبريد كامل لفرن GC لتركيز العينات على العمود، أثناء الانتهاء من عملية الحقن، حيث تتركز المركبات العضوية الموجودة في العينة الغازية عندما تحقن في

محقن GC في حزمة ضيقة في مقدمة العمود الشعري لـ GC. تم تثبيت حرارة الفرن على 50 °س لمدة دقيقتين ثم حتى 100 °س بمعدل 2 °س في الدقيقة، ثم رفعت للدرجة 200 °س، بمعدل 5 °س في الدقيقة، ومن ثم 10 °س في الدقيقة حتى تصل إلى 240 °س لتثبت الحرارة لمدة 3 دقائق. كان زمن التحليل 61.5 دقيقة، الغاز المستخدم هو He بضغط psi6.7776، والتدفق الكلي للغاز 19 مل/دقيقة.

استخدمت قاعدة البيانات NIST08.1، و W9 NO8 و NISTMS 2.0 أما الستاندر المستخدم ألكان 16 حيث تم مقارنة زمن الظهور RI(DB5) وفق برنامج Adamas.

التحليل الإحصائي

حسبت قيمة RI(DB5) حسب زمن الخروج وفق المعادلة التالية:

$$RI(DB5) = \frac{Compound\ RT - RT\ Alkan\ raw1}{(RT\ Alkan\ raw2 - RT\ Alkan\ raw1) + (NO\ Alkan\ raw1)} \times 100$$

وحسبت النسبة المئوية لمساحة القمة وفق المعادلة التالية:

$$100 \times \frac{\text{مساحة القمة لكل مركب}}{\text{المساحة الكلية لجميع المركبات}} = \frac{\text{المساحة الأولية للقمة في المركبات الناتجة}}{\text{المساحة الكلية لجميع المركبات}}$$

النتائج

أظهرت نتائج تحليل عينات المركبات الطيارة الناتجة من أوراق اللوز السليمة التي تم جمعها وقت ظهور المتطفل وطور العائل المناسب للطفل، وهي الفترة الزمنية بين شهر أيار/مايو وحزيران/يونيو، حيث تكون يرقات *A. crataegi* في نهاية العمر اليرقي الأول وبداية العمر اليرقي الثاني (Shlalo & Kassis, 2016).

وجد أن المركبات الكيميائية المنبعثة من نبات اللوز تتغير بشكل جذري عند الإصابة بيرقات *A. crataegi*، يلخص جدول 1 المركبات الثابتة والمركبات الجديدة الناتجة عن الإصابة بالإضافة إلى مساحة كل قمة، وكانت أهم المركبات التي ظهرت نتيجة الإصابة هي: CIS-3-Hexenyl Acetate؛ CIS-3-Hexenyl Acetate؛ Limonene؛ Z-β-Ocimene؛ Linalool or allo-Ocimene؛ Nonanal؛ CIS (Z)-3-(E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene؛ Hexenyl butyrate؛ Trans-2-hexenyl butyrate؛ Hexenyl butyrate (E,E)-α-؛ trans-α-Bergamotene؛ (E)-beta-farnesene؛ tiglate isopropyl؛ Farnesene؛ Limonene-6-ol؛ Methyl salicylate؛ (palmitate).

Table 1. Comparison between the compounds emitted from un-infested and infested almond leaves with the insect *A. crataegi*.

المركبات الناتجة Compounds produced	زمن الظهور RT	المركبات الناتجة من أوراق مصابة Compounds produced by infested leaves		المركبات الناتجة من أوراق سليمة Compounds produced by un-infested leaves	
		النسبة المئوية لمساحة القمة %Peak area	مساحة القمم Peak area	النسبة المئوية لمساحة القمة % Peak area	مساحة القمم Peak area
Ethyl 2-butenate	2.387	2.256	2.542	/	/
Styrene	4.117	1.507	1.698	0.125	0.121
2(3H)-Furanone, dihydro C4H6O2	5.235	4.612	5.197	/	/
Ethyl tiglate	6.514	0.338	0.381	/	/
Artificial Almond Oil (Myrcene)	7.403	0.982	1.107	0.135	0.132
1,2,4-Trimethylbenzene	9.127	4.943	5.570	/	/
cis-3-Hexenyl Acetate	10.093	2.906	3.274	/	/
Limonene	11.065	0.391	0.440	/	/
2,6-Dimethyl-2,7-octadien-6-ol	11.302	1.352	1.523	/	/
Glycine, N-[(phenylmethoxy)carbonyl]-	11.468	0.737	0.831	/	/
.β-Ocimene, Z	12.330	2.646	2.981	/	/
Benzene, 1-methyl-3-propyl-	12.553	0.891	1.004	/	/
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	14.269	0.591	0.666	/	/
Benzoic acid, methyl ester	14.873	0.504	0.567	/	/
Linalool or allo-Ocimenol	15.269	1.616	1.821	/	/
Nonanal	15.533	0.395	0.445	/	/
Benzene, 3-butynyl-	15.915	0.619	0.698	/	/
(E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene	16.228	4.548	5.125	/	/
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	18.883	0.442	0.498	0.128	0.125
Ethyl benzoate	19.244	14.33	16.147	0.095	0.092
Moth flakes \$\$ Naphthalin	19.605	1.406	1.584	/	/
Methyl salicylate	20.460	0.683	0.769	/	/
CIS (Z)-3-Hexenyl butyrate	22.795	1.583	1.783	/	/
Trans-2-hexenyl butyrate	22.961	0.69	0.777	/	/
4-Ethoxy-2-Methyl-4-Butanolide	23.998	/	/	0.408	0.396
Ethyl salicyclate	24.678	2.957	3.332	/	/
Tridecane	26.422	0.509	0.574	/	/
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	27.396	/	/	0.162	0.158
2-HEXENYL TIGLATE	27.735	0.620	0.699	/	/
Benzene,2,4-diisocyanato-1-methyl-	28.389	/	/	88.647	86.058
Benzenepropanoic acid, ethyl ester	28.903	0.522	0.588	/	/
Tetradecane	30.509	/	/	7.146742	6.938
E-2-Hexenyl benzoate	31.112	0.413	0.466	/	/
Tetradecane	31.335	0.451	0.509	/	/
Tetradecanal	31.633	0.350	0.394	/	/
(E)-.beta.-farnesene	33.030	0.318	0.358	/	/
trans- α -Bergamotene	33.232	3.357	3.783	/	/
3-Trifluoroacetoxydodecane	33.454	0.359	0.404	/	/
Pentadecane	34.017	0.340	0.383	/	/
Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	34.128	0.672	0.757	0.244	0.237
(E,E)-α-Farnesene	34.204	2.165	2.439	/	/
Limonene-6-ol/ pivatate C15H24O2	34.510	2.166	2.441	/	/
hexadecamethyl-cyclododecasiloxane	35.887	7.432	8.374	0.1195	0.116
1,4-Benzenediol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-	37.206	0.632	0.712	/	/
1H-Indene-4-acetic acid, 6-(1,1-dimethylethyl)-					
2,3-dihydro-1,1-dimethyl-	37.609	0.816	0.920	/	/
Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	38.818	0.632	0.712	/	/
Morpholine, 4-octadecyl-	39.388	4.440	5.002	0.257	0.249
:2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-oxopropyl)phenol	39.583	1.130	1.273	/	/
9,12-Octadecadienoic acid(Z, Z)-,methyester	40.167	/	/	1.094	1.062
Decanoic acid, decyl ester	40.236	0.524	0.590	/	/
Isopropyl Palmitate	40.576	2.293	2.590	/	/
3-Amino-4-methyl-6,7-dimethoxyquinoline	40.737	/	/	1.439	1.397
Ethyl octadecanoate	42.015	0.667	0.752	/	/
Nonadecane	42.056	0.880	0.991	/	/
Heneicosane	43.112	2.586	2.914	/	/
		106.088	100	97.079	100

تركيز حمض الياسمين في النسج الذي يحرض انبعاث المركبات الطيارة (Degen et al., 2012).

ظهر المركب Methyl salicylate (MeSA) في المركبات المنبعثة من اللوز المصاب وهذا موافق لما ذكره Degen وآخرون (2012) حيث ظهر في نباتات الذرة المصابة حشرياً، كما ذكر Gouinguéné وآخرون (2005) أن انبعاث المركب يتحرض نتيجة إصابة النبات بالمن، وهو عامل جذب رئيسي لمتطفلات المن، ويعد تكوين MeSA آليات الدفاع غير المباشرة للنباتات لجذب الأعداء الطبيعية للحشرات التي تسبب الضرر للنباتات (Snoeren et al., 2010). وقد ذكر Reddy وآخرون (2002) أن المركبات Cis-3-hexenal، linolool و cis- α -bergamotene التي تطلق من نباتات تجذب المفترسات نحو بيض *Nicotiana attenuata*، كما يعمل المركب linalool على خفض قدرة حشرات Lepidoptera في التغذية على النبات المصاب.

وجد Beck وآخرون (2008) أن المركب Ethyl butyrate ينبعث من النبات السليم والمصاب ميكانيكياً بنسب متقاربة ولكنه لم يظهر إلا في النبات المصاب خلال هذه الدراسة، بينما يزداد انبعاث Styrene مع إصابة النبات وهذا متوافق مع نتائج هذه الدراسة، كما لم تظهر دراستنا أي انبعاث لمركب α -pinene و β -Pinene سواً من النبات المصاب أو السليم، ويتوافق ذلك مع ما أشار إليه Beck وآخرون (2008) حيث ارتفعت نسبة انبعاث β -Myrcene و Ethyl benzoate مع إصابة النبات، وظهرت المركبات Limonene، α -trans bergamotene عند الإصابة الحشرية للوز.

ذكر Snoeren وآخرون (2010) أن إصابة النباتات تحفز انبعاث مزيج من المركبات الطيارة وهي: 1-pentanol؛ linalool؛ indole؛ (E,E)-4,8,12-trimethyltrideca- 1,3,7,11- و E,E)- α -farnesene (TMTT) مقارنة بالنباتات غير المصابة، وهذا مشابه لنتائج دراستنا حيث أنتجت هذه المركبات بالإصابة الحشرية. كما ذكر Williams وآخرون (2008) أن إناث متطفل البيض *Anaphesiole* تنجذب نحو α -farnesene و methyl salicylate. كما ذكر Degen وآخرون (2012) أن كل من (E)-2-hexenal و methyl salicylate المنبعثة تعمل على تحديد موقع العائل وجذب المتطفل *C. glomerata* و *Cotesia rubecula*.

وفي دراسة لمقارنة المركبات الطيارة المنبعثة من شتلات التفاح المصابة بيرقات *Epiphya postvittana* مع الشنول غير المصابة وجد Suckling وآخرون (2012) أن النباتات غير المصابة تفرز: benzyl alcohol؛ (E)- β -ocimene؛ benzyl cyanide؛ indole؛

تسببت المركبات (E)- β -Farnesene و (E)-4,8 Dimethyl-1,3,7-nonatriene في جذب المتطفل *Cotesia glomerata* (Dicke et al., 2009)، بالإضافة إلى مركب (Z)-3-Hexenyl butyrate (Mattiacci et al., 1994) (Trans-2-hexenyl butyrate) ظهر Styrene في النبات المصاب والسليم على زمن 4.117 وهذا موافق لما ذكر سابقاً (Beck et al., 2009)، وذلك في نهاية شهر أيار/مايو، وهي فترة أخذ العينات نفسها في الدراسة الحالية، إلا أنه لم تظهر المركبات (Z)-hex-3-enylactate: (Z)-hex-3-enyl butyrate في النباتات السليمة وظهرت في النباتات المصابة مخالفة لما ذكره Beck وآخرون (2009). وقد أشير سابقاً (Allmann & Baldwin, 2010) أن مستويات (Z)-3-hexenylacetate؛ (E)-3-hexenol و hexenylbutyrate (Z)-3-hexenol تتخفض بعد تغذية الحشرة على النبات بيوم واحد.

كما ذكر Ngumbi وآخرون (2009) أن هذه المركبات تظهر في نبات القطن المصابة بيرقات *Heliothis armegira* أو *Spodoptera littoralis*، وذكر Degen وآخرون (2012) أن المركب (Z)-hex-3-enylactate يظهر في نبات الذرة المصابة بيرقات *S. frugiperda*، كما يُحرض انبعاثه إصابة النبات بالمن (Gouinguéné et al., 2005)، وقد ظهرت المركبات Nonadecane، Tetradecane، pentadecane، Hexadecane، Butrolactene، Nonanal، Linalool في النبات المصاب كما ظهرت في النبات السليم (Beck et al., 2009)، والمركب Farnesene على شكل β -Farnesene في النبات المصاب وهذا موافق لما ذكره Ngumbi وآخرون (2009)، حيث ظهرت هذه المركبات في انبعاثات القطن المصاب بيرقات *Heliothis sp.* أو *Spodoptera sp.* بينما لم تظهر في النبات السليم، وظهر في المركبات المنبعثة من نبات الذرة المصاب، كما حرضت إصابة النبات بالمن على انبعاثه (Gouinguéné et al., 2005)، ولكن بشكل مخالف للنتائج المتحصل عليها سابقاً ظهر المركب Linalool في نبات القطن السليم (Degen et al., 2012). توافقت نتائج هذه الدراسة مع ما ذكر سابقاً على القطن (Ngumbi et al., 2009) وعلى الذرة (Degen et al., 2012) المصابة حشرياً، فظهرت المركبات β -Ocimene، Limonene، α -trans-2-hexenyl tiglate، 4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene و trans bergamotene في نبات القطن المصاب بيرقات *Heliothis* أو *Spodoptera*، كما لم يظهر المركب cis-Jasmone في دراستنا بشكل مخالف لدراسات سابقة (Gouinguéné et al., 2005)؛ (Ngumbi et al., 2009)، فلم يظهر أي من مشتقات حمض الياسمين في نباتات الذرة المصابة بيرقات *S. frugiperda* على الرغم من ارتفاع

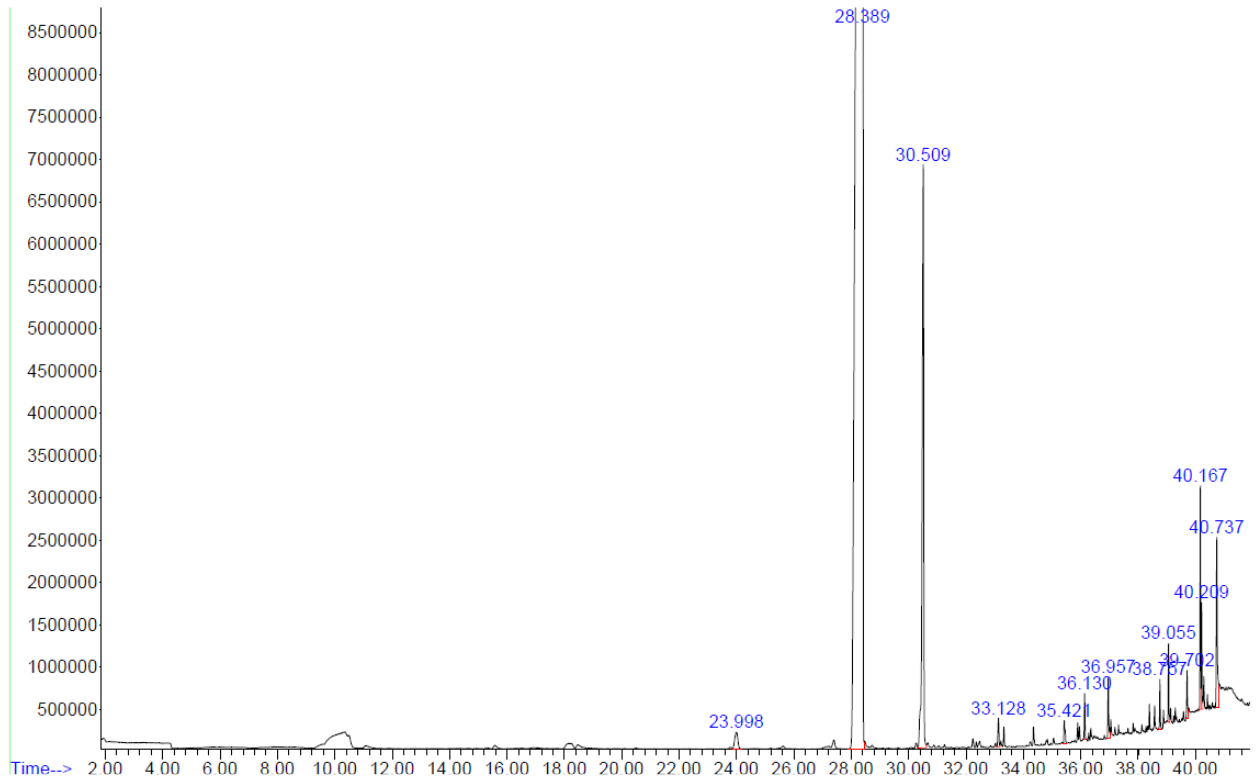
الأنتى غير جاذبة للذكور أخرى وتبلغ كميته حوالي 20 نانوغرام/الأنتى (Andersson *et al.*, 2000).

أظهرت نتائج دراستنا للمركبات الطيارة الناتجة من نبات اللوز السليم ونبات اللوز المصاب بيرقات (*A. crataegi* (L.) (الشكلين 1 و 2) ارتفاع تركيز مركب Tetradecane في النبات السليم بـ 15 مرة عنه في النبات المصاب، مما يجعل النبات المصاب أقل جذباً للفرشات لوضع البيض، وبالتالي تعتبر طريقة لمقاومة النبات للآفات، وهذا موافق لما ذكره Andersson وآخرون (2000)، حيث جذبت المركبات Literature و Tetradecane فرشات *Amyelois transitella* (Lepidoptera: Pyralidae).

نظراً لأن الإصابات الحشرية قد تسببت في تغيرات جذرية في المركبات المنبعثة من النباتات المصابة، تسهم هذه المركبات كعامل الجذب الأساسي للمتطفلات. لذلك يوصى بدراسة استجابة المتطفلات للمركبات الطيارة الناتجة من النباتات المصابة المختلفة والبحث عن التطبيقات العملية لإدراجها في برامج إدارة الآفات.

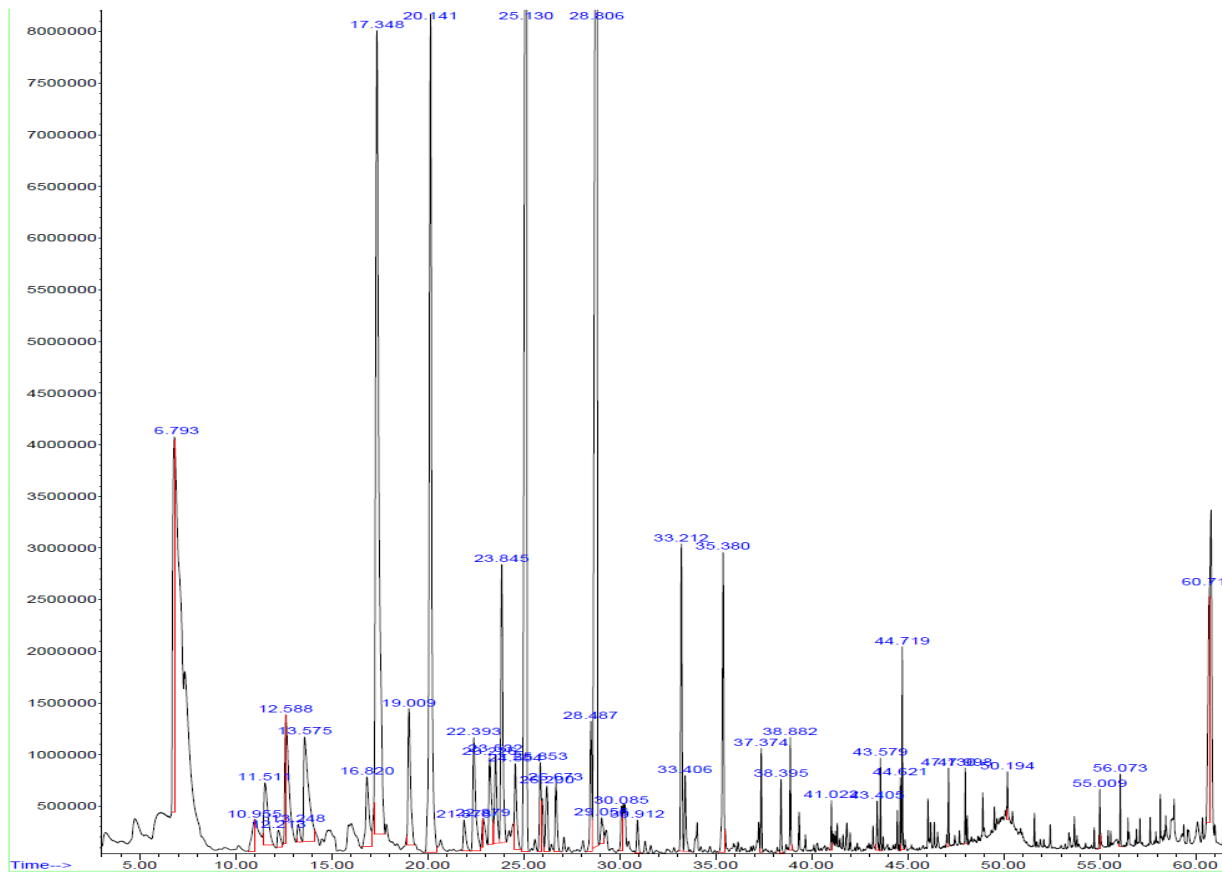
(E)-nerolidol و 4 مركبات غير معرفة. والمصابة تنتج كميات أكبر من: 4,8-dimethyl-1,3(E)؛ linalool؛ (Z)-3-hexenyl acetate؛ β-caryophyllene؛ methyl salicylate؛ nonatriene؛ germacrene D و (E,E)-α-farnesene و (Z)-3-hexenyl benzoate. وذكرت دراسة أخرى (Zhang & Margaryan, 2011) أن التركيبات الكيميائية المتطايرة الجاذبة للمتطفلات تضم حمض الخل؛ (Z)-4,8-dimethyl-1,3,7-؛ (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene؛ 4,8,12-trimethyl-1,3,7,11-tridecatetraene؛ nonatriene؛ trans-β-ocimene؛ cis-β-ocimene؛ trans-α-ocimene و cis-α-ocimene وهي مطابقة للمركبات التي صدرت من اللوز المصاب في هذه الدراسة.

كما وجد أن مركب Methyl salicylate من أهم المواد التي تدخل في التفاعل نبات-آفة-سمفترس أو طفيل (Norin, 2001)، ويعتبر مركب Methyl salicylate مضاد للتلقيح (التزاوج) حيث يوجد في الكيس المنوي لذكور *P. napi* ويتم نقله في التزاوج من الذكور للإناث ويجعل



شكل 1. تحليل GC-MS للمركبات المنبعثة من نبات اللوز السليم.

Figure 1. GC-MS analysis of the volatile emissions resulted from un-infested almond plant.



شكل 2. تحليل GC-MS للمركبات المنبعثة من نبات اللوز المصاب بحشرة *A. crataegi*.
Figure 2. GC-MS analysis of the volatile emissions resulted from infested almond plants infested with *A. crataegi*.

Abstract

Shllalo, A.J. and M. Daghestani. 2018. Comparison of volatile emissions from un-infested and infested almond leaves with *Aporia crataegi* (L.). *Arab Journal of Plant Protection*, 36(2): 147-153.

The study was carried out during 2015-2016 in the Biological Control Researcher Center, Faculty of Agriculture, Damascus University. It aimed to determine the changes of volatile emissions from almond leaves infested with *Aporia crataegi* (L.) (Lepidoptera: Pieridae) compared to the un-infested ones. The study revealed 42 new compounds emitted from infested almonds. The most important compounds were: (CIS-3-Hexenyl Acetate, CIS-3-Hexenyl Acetate, Limonene, Z - β -Ocimene, Linalool or allo-Ocimenol, Nonanal, (E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene, CIS (Z)-3-Hexenyl butyrate, Trans-2-hexenyl butyrate, 2-hexenyl tiglate, (E)-beta-farnesene, trans- α -Bergamotene, (E,E)- α -Farnesene, Limonene-6-ol, Methyl salicylate, isopropyl palmitate), that showed ability to attract parasitoids.

Keywords: *Aporia crataegi*, almond, volatile emissions.

Corresponding author: Amani Jawdat Shllalo, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria, email: amannishllalo@yahoo.com

References

Allmann, S. and I.T. Baldwin. 2010. Insects betray themselves in nature to predators by rapid isomerization of green leaf volatiles. *Science*, 329 (5995), 1075-1078.

<https://doi.org/10.1126/science.1191634>

Andersson, J., A.K. Borg-Karlson and C. Wiklund. 2000. Sexual cooperation and conflict in butterflies: a male-transferred anti-aphrodisiac reduces harassment of recently mated females. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 267(1450): 1271-1275.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1138>

Beck, J.J., B.G. Merrill, S.B. Higbee, M.D. Light and S.W. Gee. 2009. In situ seasonal study of the volatile production of almonds (*Prunus dulcis*) Var. 'Nonpareil' and relationship to navel orange worm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 3749-3753. <https://doi.org/10.1021/jf9003187>

Beck, J.J., B.S. Higbee, G.B. Merrill and J.N. Roitman. 2008. Comparison of volatile emissions from undamaged and mechanically damaged almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1363-1368. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3224>

المراجع

- Choh, Y., S. Kugimiya and J. Takabayashi.** 2006. Induced production of extrafloral nectar in intact lima bean plants in response to volatiles from spider mite-infested conspecific plants as a possible indirect defense against spider mites. *Oecologia*, 147: 455-460.
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0289-8>
- Degen, T., N. Bakalovic, D. Bergvinson and T.C. Turlings.** 2012. Differential performance and parasitism of caterpillars on maize inbred lines with distinctly different herbivore-induced volatile emissions. *PLoS One*, 7(1): e47589.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047589>
- Dicke, M., J.J.A. van Loon and R. Soler.** 2009. Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. *Nature Chemical Biology*, 5:317-324.
<https://doi.org/10.1038/nchembio.169>
- Gouinguéné, S.P., J.A. Pickett, L.J. Wadhams, M.A. Birkett and T.C.J. Turlings.** 2005. Antennal electrophysiological responses of three parasitic wasps to caterpillar-induced volatiles from maize (*Zea mays*), cotton, (*Gossypium herbaceum*), and cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Chemical Ecology*, 31: 1023-1038.
<https://doi.org/10.1007/s10886-005-4245-1>
- Heil, M.** 2008. Indirect defence via tritrophic interactions. *New Phytologist*, 178: 41-61.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02330.x>
- Hopkins, R.J., N.M. van Dam and J.J. van Loon.** 2009. Role of glucosinolates in insect plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 54: 57-83.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090623>
- Kos, M., B. Houshyani, R. Wietsma, P. Kabouw, L.E. Vet, J.J. van Loon and M. Dicke.** 2012. Effects of glucosinolates on a generalist and specialist leaf-chewing herbivore and an associated parasitoid. *Phytochemistry*, 77: 162-170.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.01.005>
- Mattiacci, L., M. Dicke and M.A. Posthumus.** 1994. Induction of parasitoid attracting synomone in brussels sprouts plants by feeding of *Pieris brassicae* larvae: role of mechanical damage and herbivore elicitor. *Journal of Chemical Ecology*, 20: 2229-2247.
<https://doi.org/10.1007/BF02033199>
- Ngumbi, E., L. Chen and H.Y. Fadamiro.** 2009. Comparative GC-EAD responses of a specialist (*Microplitis croceipes*) and a generalist (*Cotesia marginiventris*) parasitoid to cotton volatiles induced by two caterpillar species. *Journal of Chemical Ecology*, 35: 1009-1020.
<https://doi.org/10.1007/s10886-009-9700-y>
- Norin, T.** 2001. Pheromones and kairomones for control of pest insects. Some current results from a Swedish research program. *Pure and Applied Chemistry*, 73: 607-612.
<https://doi.org/10.1351/pac200173030607>
- Poreddy, S., S. Mitra, M. Schöttner, J. Chandran, B. Schneider, I.T. Baldwin, P. Kumar and S.S. Pandit.** 2015. Detoxification of hostplant's chemical defence rather than its anti-predator co-option drives β -glucosidase-mediated lepidopteran counteradaptation. *Nature Communications*, 6: 8525.
<https://doi.org/10.1038/ncomms9525>
- Reddy, G.V.P., J.K. Holopainen and A. Guerrero.** 2002. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 28: 131-143. <https://doi.org/10.1023/A:1013519003944>
- Rodriguez-Saona, C.R. and C.J. Frost.** 2010. New evidence for a multi-functional role of herbivore-induced plant volatiles in defense against herbivores. *Plant Signaling & Behavior*, 5: 58-60.
<https://doi.org/10.4161/psb.5.1.10160>
- Shlalo, A., and W. Kassis.** 2016. Biological study of almond butterfly *Aporia crataegi* in central Syria. *Arab Journal of Plant Protection*, 34: 82-94.
<https://doi.org/10.22268/AJPP-034.2.082094>
- Snoeren, T.A., R. Mumm, E.H. Poelman, Y. Yang, E. Pichersky and M. Dicke.** 2010. The herbivore-induced plant volatile methyl salicylate negatively affects attraction of the parasitoid *Diadegma semiclausum*. *Journal of Chemical Ecology*, 36:479-489. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9787-1>
- Suckling, D.M., A.M. Twidle, A.R. Gibb, L.M. Manning, V.J. Mitchell, T.E.S. Sullivan, S.L. Wee and A.M. El-Sayed.** 2012. Volatiles from apple trees infested with light brown apple moth larvae attract the parasitoid *Dolichogenidia tasmanica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 9562-9566.
<https://doi.org/10.1021/jf302874g>
- Williams, L., C. Rodriguez-Saona, S.C. Castle and S. Zhu.** 2008. EAG-active herbivore-induced plant volatiles modify behavioral responses and host attack by an egg parasitoid. *Journal of Chemical Ecology*, 34: 1190-1201.
<https://doi.org/10.1007/s10886-008-9520-5>
- Wittstock, U. and J. Gershenzon.** 2002. Constitutive plant toxins and their role in defense against herbivores and pathogens. *Current Opinion in Plant Biology*, 5: 300-307. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00264-9](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00264-9)
- Zhang, H.Q. and A. Margaryan.** 2011. Synergistic attractants for pestiferous social insects. Patent DOCS. Patent Application Number: US 20110165115A1.

Received: July 3, 2017; Accepted: June 28, 2018

تاريخ الاستلام: 2017/7/3؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2018/6/28