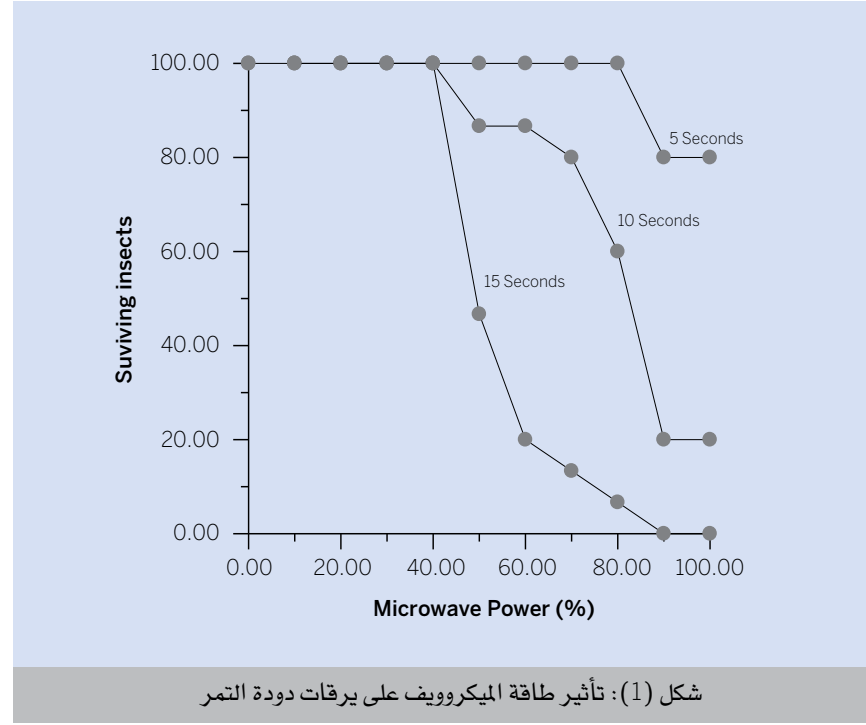


بدائل بروميد الميثيل لمكافحة دودة التمر

أ.د. محمود أبو السعود
maboelsaad@gmail.com

المقدمة :

يعتبر نخيل التمر من أكثر أصناف أشجار الفاكهة انتشاراً في الدول العربية لما لها من مكانة دينية واقتصادية وصحية. لذا فإن زراعة نخيل التمر في المملكة العربية السعودية تلعب دوراً هاماً في الإنتاج العالمي للتمر حيث وصل إنتاج التمر للمملكة العربية السعودية في عام 2008 إلى 986000 طن (AOAD, 2009). ونظراً لأن التمور من الفاكهة التي تحفظ وتخزن بطرق خاصة لذا فإنها تتعرض إلى العديد من الآفات في المخازن ومن أهم الآفات التي تهاجم التمور في المخازن فراشة التمر *Ephestia cautella* وهي تهاجم العديد من المواد المخزونة مثل دقيق القمح، اللوز، الحبوب والفاكهة المجففة. وتعتبر يرقات فراشة التمر من أكثر الأطوار التي تسبب خسارة للتمور بالتغذية عليها وترك جلود الانسلاخ وخيوط حرير والبراز وغيرها (Singh and Moor, 1985) بينما الحشرات الكاملة (الفراشات) لا تمثل خطورة مباشرة على التمور سوي وضع البيض الذي يتراوح بين 150-200 بيضة توضع على التمور لتنفس خلال 3-5 يوم إلى يرقات. تعتمد مكافحة فراشة التمر وأطوارها المختلفة على تطبيق بروميد الميثيل ونظراً لما له من آثار ضارة على البيئة وخاصة على طبقة الأوزون مما يترتب عليه تدفق مزيد من الأشعة فوق بنفسجية الضارة على صحة الإنسان والحيوان ولذا فإن الأمم المتحدة قد أقرت وقف إنتاج بروميد الميثيل في عام 2015 (UNEP, 1998) وعليه فإن البحث عن بديل مناسب لمكافحة آفات المواد المخزونة أصبح واجب وطني. ومن المواد الكيماوية الأخرى التي تستخدم بكثرة في مكافحة آفات المواد المخزونة الأخرى فوسفيد الألومنيوم والذي له مميزات وعيوب ولعل أهم مميزاتة هو أنه لا يترك متبقيات ضارة على المواد المخزونة ولكن أهم عيوبه يحتاج إلى وقت طويل حتى يتحلل بتحرر غاز الفوسفين السام (Bond 1984) وبناء عليه فإن هناك



شكل (1): تأثير طاقة الميكروويف على يرقات دودة التمر

العديد من المحاولات لإيجاد بدائل مناسبة لبروميد الميثيل لاستخدامها في مكافحة دودة التمر والآفات الأخرى التي تصيب التمور والمواد المخزونة داخل المخازن ومن أهم هذه البدائل هي:

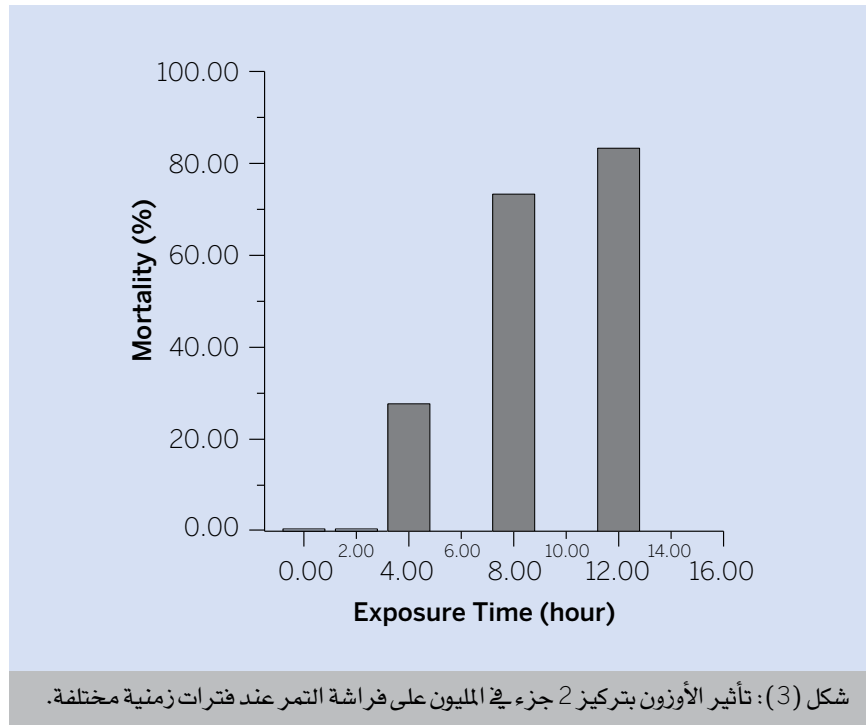
المجال المغناطيسي ثم يحدث ترتيب لها في هذا المجال وعند تغيير المجال الكهربائي لعدة ملايين من المرات في الثانية (2450 مليون مرة في الثانية) فإن هذا المغناطيس الجزئي يقاوم هذه الحركة السريعة وينتج عن هذه المقاومة تولد حرارة تؤدي إلى تسخين المادة (Brygidyr, 1976) وعليه يمكن استخدام هذه الطاقة المغناطيسية في قتل الحشرات (Tilton and Brower, 1987; Tang et al) (2000)

أهم البدائل الواعدة لبروميد الميثيل:

أولاً: الميكروويف

هو عبارة عن طاقة موجية غير مرئية تتحرك بسرعة قدرها 3 × 10⁸ م/ث وفي المجال الكهرومغناطيسي فإن الميكروويف يقع بين تردد مجال الراديو وبين الأشعة تحت الحمراء. وعملية التسخين بالميكروويف تعتمد على نقل الطاقة الكهرومغناطيسية إلى طاقة حرارية بالتأثير على الجزيئات القطبية للمادة، وحيث أن المادة تتكون من ذرات وجزيئات منها المتعادل والكثير منها قطبي فعند تطبيق مجال كهربائي لهذه الجزيئات فإنها تسلك سلوك

المخلص: هناك العديد من الآفات التي تصيب التمور قبل وبعد الحصاد وتسبب خسائر كبيرة لواحد من أهم المحاصيل في الوطن العربي وهو محصول التمر. لحماية المحصول من الآفات فإن عملية التدخين تعتبر من أهم الطرق لمكافحة آفات التمور في المخازن وذلك باستخدام غاز بروميد الميثيل، ونظراً للمشاكل البيئية الناجمة عن عملية التدخين باستخدام بروميد الميثيل، فإن إنتاجه سيتوقف على مستوى العالم بنهاية عام 2015. لذا أصبح البحث عن بديل مناسب لبروميد الميثيل لمكافحة آفات المخازن أصبح ضرورة وطنية. هناك العديد من البدائل لمكافحة آفات المخازن والتي تعتبر فراشة التمر *Ephestia cautella* من أهم هذه الآفات وأخطرها والتي تصيب التمور في مراحلها المختلفة من المخزن إلى المصنع. ولعل أهم المبيدات المستخدمة في مكافحة آفات المخازن بروميد الميثيل وفوسفيد الألومنيوم ولكن أهم عيوب مبيد فوسفيد الألومنيوم أنه يحتاج فترة زمنية تتراوح بين 3-7 أيام حتى يتحلل كاملاً معتمداً على نسبة الرطوبة في الجو وهذه الفترة غير مناسبة لمصانع التمور في المملكة نظراً لتكدس التمور في



شكل (3): تأثير الأوزون بتركيز 2 جزء في المليون على فراشة التمر عند فترات زمنية مختلفة.

et al 2011 أنه تم تطبيق الأوزون الناتج من مولد أوزون معلمي بتركيز 2 جزء في المليون ولمدة 12 ساعة على الحشرات الكاملة واليرقات والبيض لفراشة التمر حيث أوضحت النتائج أن الحشرات الكاملة كانت أكثر حساسية لهذا التركيز من الأوزون حيث كانت نسبة الموت 90 % ، بينما نسبة الموت في اليرقات كانت 30 % ، أما بيض فراشة التمر كان أقل تأثراً بهذا التركيز من الأوزون حيث وصلت نسبة فقس البيض 90 % وبمعنى آخر فإن البيض الذي تأثر بالأوزون كان 10 % فقط عند التعرض لـ 2 جزء في المليون من الأوزون ولزمن تعريض قدره 12 ساعة وربما التركيز الأعلى من الأوزون يحقق نسب موت أعلى لجميع أطوار فراشة التمر وعليه يمكن استنتاج أن نتائج الأوزون على فراشة التمر واعدة وتحتاج إلى المزيد من الدراسات لتطبيق تركيزات أعلى مع أخذ الحيطة الكاملة حيال تأثير مثل هذه التركيزات على التمور ويمكن وضعه في الاعتبار كأحد عناصر مكافحة الهامة لعديد من آفات الحبوب المخزونة وآفات التمور.

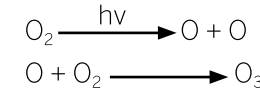
ثالثاً: الإسراع من تحلل فوسفيد

زمنية تتراوح بين 4-7 أيام حتى يتحلل كاملاً معتمداً على نسبة الرطوبة في الجو وهذه الفترة غير مناسبة لمصانع التمور في المملكة نظراً لتكدس التمور في فترة زمنية محددة، لذا فالبدل هو وجود مبيد فعال وفي نفس الوقت لا يحتاج إلى زمن طويل لذا فإن الفكرة هي عملية إسراع تحلل مبيد فوسفيد الألومنيوم

الألومنيوم بإضافة مانحات البروتون مكافحة فراشة التمر (Ephestia cautella) التي تصيب التمر في مراحل المختلفة من المخزن إلى المصنع تعتمد على مبيدين لهما استخدام عالمي في مكافحة آفات المخازن هما بروميد الميثيل وفوسفيد الألمنيوم. لكن أهم عيوب فوسفيد الألومنيوم أنه يحتاج فترة



شكل (4): فحص التمور وإجراء الإعداد لعملية التبخير داخل غرف التدخين بمصنع تعبئة التمر بالأحساء.



الأوزون مادة مؤكسد قوية لها العديد من التطبيقات النافعة في الحياة فهو يستخدم في معالجة المياه للتخلص من الكائنات الدقيقة مثل البكتريا وإزالة الروائح والطعم واللون والتخلص من المبيدات وكذلك المركبات العضوية وغير العضوية (EPA, 1999). في المجال الزراعي يستخدم الأوزون في عمليات حفظ والمحافظ على الخضروات والفاكهة وإزالة التلوث لأسطح الخضروات القابلة للتلف وتعقيم الأجهزة والمواد المستخدمة في التعبئة، كما يستخدم الأوزون في المجال الطبي في تعقيم غرف العمليات قبل إجراء الجراحة للإنسان والحيوان. كما وله دور في صناعة الأمن الغذائي حيث يستخدم في صوامع الغلال لمكافحة الآفات التي تصيب الحبوب مثل القمح والشعير وغيرها. ولعل من أهم الأسباب التي تدعم من استخدامه وتزيد من أهميته أنه سهل التحطم وينتج عن تحطمه تكوين جزيئات الأكسجين وليس له أثر باقي للأوزون. وقد أشار Kells et al., 2001 أن استخدام الأوزون بتركيز 50 جزء في المليون لمدة ثلاثة أيام كانت كافية لقتل 92%-100% للحشرات الكاملة لخنفساء الذرة Sitophilus zeamais ، ويرقات فراشة الحبوب الهندية Plodia interpunctella ، والحشرات الكاملة لخنفساء الدقيق Tribolium castaneum . وقد أشار أبوالسعد وآخرون Abo-El-Saad

الأكريلاميد في جهاز الهجرة الكهربائية وذلك لفصل جزيئات البروتين الذائب المعرض للميكروويف وغير المعرض وذلك في شكل حزم بروتينية متدرجة في أوزنها الجزيئية وكتافتها وأوضحت الدراسة أيضاً أن الحزم البروتينية المفصلة بالهجرة الكهربائية للعينات المعرضة للميكروويف أنها لا تتأثر لذلك ظهرت هذه الحزم البروتينية مشابه تماماً لتلك التي لم تتعرض لأشعة الميكروويف (Abo-El-Saad et al., 2011)

تأثير أشعة الميكروويف على السكريات في التمور:

تم عزل السكريات من التمور المعرض للميكروويف وغير المعرض وذلك باستخدام التحليل الكروماتوجرافي في السائل عالي الأداء HPLC حيث أوضحت الدراسة أن السكريات الأساسية الموجودة في التمور الفركتوز والجلوكوز والسكروروز لا يتأثر تركيزها بالتعرض للميكروويف حيث كان تركيز السكريات الثلاثة في العينات غير المعاملة على النحو التالي 32.9%، 44.9 ، 09.0% على الترتيب بينما عند تعريض التمور إلى 15 ثانية عند قوة 100% كان تركيز هذه السكريات 55.9%، 74.9 ، 09.0% على الترتيب.

ثانياً: الأوزون:

الأوزون عبارة عن ناتج اتحاد جزئ أكسجين مع ذرة أكسجين كما هو موضح بالشكل 2 والمعادلة التالية:



شكل (2): جهاز مولد الأوزون

100 % كانت نسبة الموت 80 % ، 97 % وعند القوة 80 % كانت نسبة الموت 40 %، 77 % . ويزيادة زمن التعريض إلى 15 ثانية وقوة الميكروويف 90 % وصلت نسبة الموت إلى 100 % (شكل 1)

وبدراسة تأثير الميكروويف على بيض الحشرة وجد أنه عند تعريض البيض إلى 5 ثواني وعلى أقصى قوة فإن التأثير على فقس البيض ضعيف ويزيادة زمن التعريض إلى 10 ، 15 ثانية وعند نفس القوة فإن التأثير على البيض ازداد وعليه نسبة الفقس وصلت إلى 4 % (البيض غير الفقس 96%) وبحساب قيم السمية والتي يعبر عنها بالتركيز القاتل LC50) أو التركيز القاتل لـ 95 % (LC95) وجد أن (LC50) لكل من البيض واليرقات والحشرات الكاملة كان على النحو التالي 1.1، 76.53، 76.43 % على الترتيب بينما (LC95) 50.180، 82.75، 85.54 % وذلك عند زمن تعريض قدره 15 ثانية.

تأثير الميكروويف على البروتين المعزول من التمور:

تم عزل البروتين الذائب من التمور التي تم تعريضها إلى أشعة الميكروويف لأزمنة مختلفة ثم تم تقدير هذا البروتين باستخدام أجهزة الطيف المرئي (Bradford, 1979) حيث أوضحت الدراسة أن أشعة الميكروويف ليس لها أي تأثير على البروتين الذائب حيث كانت تركيز البروتين الذائب في عينات التمور غير المعرضة للميكروويف 0,876 ملليجرام/مل، بينما في العينات التي تعرضت للميكروويف لمدة 5، 10، 15 ثانية كان تركيز البروتين بها 0,876، 0,872، 0,877 ملليجرام/مل وذلك عند قوة ميكروويف قدرها 100 % . بذلك يمكن استنتاج أن الميكروويف عند أقصى قوة وهي 2450 ميغا هرتز لا تؤثر على تركيز البروتين الذائب الموجود في التمور وتم تأكيد هذه النتائج بوضع البروتين المعزول من التمور المعرضة للميكروويف على مادة

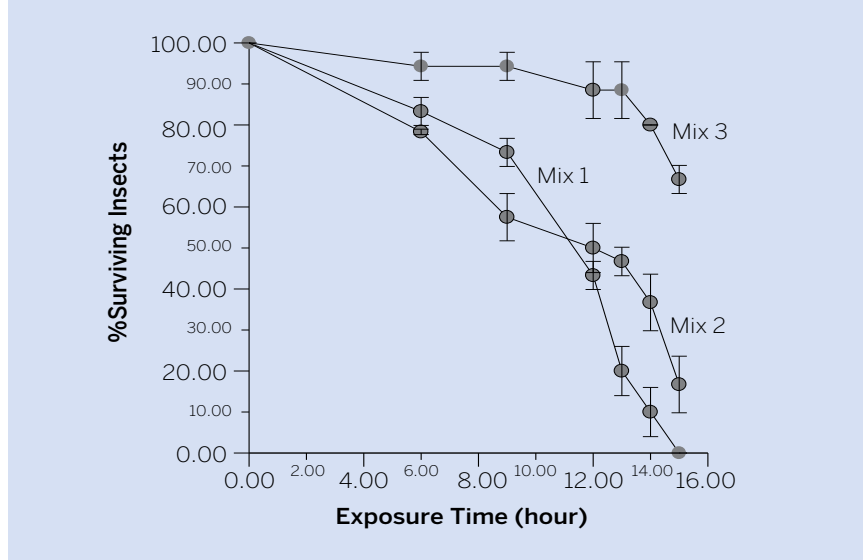
خامساً: مكافحة الحيوية:

لعل تطبيق المكافحة الحيوية أو بمعنى آخر استخدام الكائنات النافعة للقضاء على الحشرات الضارة من أهم الأولويات البحثية في هذا المجال بحثاً عن بديل مناسب لبروميد الميثيل وفي نفس الوقت يكون آمن على المستوى البيئي. ومن أهم الطفيليات الحشرية النافعة في هذا المجال طفيل الترايكوجراما *Trichogramma cordubensis* ضد بيض حشرة دودة التمر والتي تتطفل على هذا البيض مما تمنع فقس هذا البيض، وذلك عن طريق مهاجمة البيض بوخزه ثم وضع بيضها داخل بيض الآفة، والذي يفقس إلى يرقات الطفيل الذي بدوره يتغذى على بيض الآفة ويحطمه ثم تتحول هذه اليرقة لحشرة نافعة تعيد الدورة مرة أخرى وهكذا كما هو مبين بالشكل رقم 7. وهذه التجارب لها جانب تطبيقي هام جداً سواء على مستوى المخازن التي يخزن بها التمور أو الجانب الحقلي حيث تهاجم الحشرة التمور في الحقل أثناء تواجد التمر على أشجار النخيل.

تم تقدير نسبة التطفل لطفيل الترايكوجراما على بيض فراشة دودة التمر حيث أوضحت النتائج أنه عند جرعة 2 طفيل/كرت بيض كانت نسبه التطفل 50% وبزيادة الجرعة إلى 10 طفيل/كرت بيض وصلت نسبة التطفل إلى 90% وأظهرت النتائج أن قيم LD50، LD95 كانت 4، 23، 39، 10 فرد بعد التعريض لمدة أربعة أيام. كما أوضحت النتائج أن خصوبة طفيل الترايكوجراما حديث الفقس قد وصلت إلى أعلى قيمة خلال الثلاثة أيام الأولى وبالتحديد كانت أعلى خصوبة خلال اليوم الأول حيث وصلت نسبة التطفل إلى 80%.

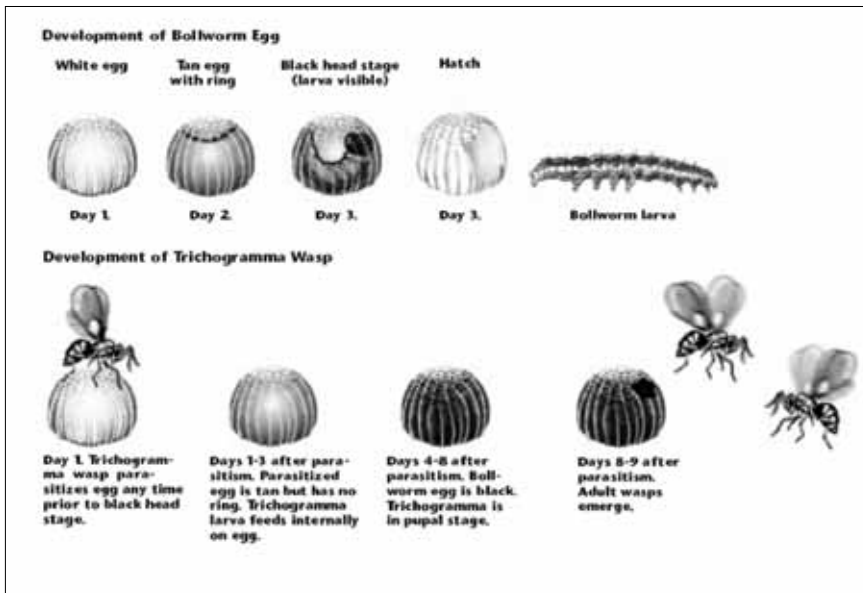
تم تقدير نسبة التطفل لطفيل البراكون على يرقات دودة التمر. عند تعريض براكون واحد لعدد ثابت من اليرقات وصلت نسبة التطفل إلى 46% وبزيادة عدد الطفيل لـ 2، 3، 4 كانت نسبة التطفل تزداد تدريجياً وليست بشكل متناسب لتصل إلى 48%، 58%، 72% لمدة

بزيادة زمن التعريض حيث أظهرت النتائج أنه لا يوجد فقس مع mix 2 بعد 20 ساعة من التعريض بينما mix 1، mix 3 أعطت نسبة فقس 7%، 8% على الترتيب عند نفس زمن التعريض وكانت قيم الـ LT50 للمخاليط الثلاثة mix 1، mix 2، mix 3 على البيض 1، 30، 5، 37، 2، 45 على الترتيب بينما LT95 كانت 168، 2، 96، 6، 112 ساعة على الترتيب.



شكل (6): تأثير الجو المعدل بتطبيق ثلاثة مخاليط من الغازات على فراشة التمر عند فترات زمنية مختلفة من التعريض

تطفل الترايكوجراما على بيض حرشية الأجنحة

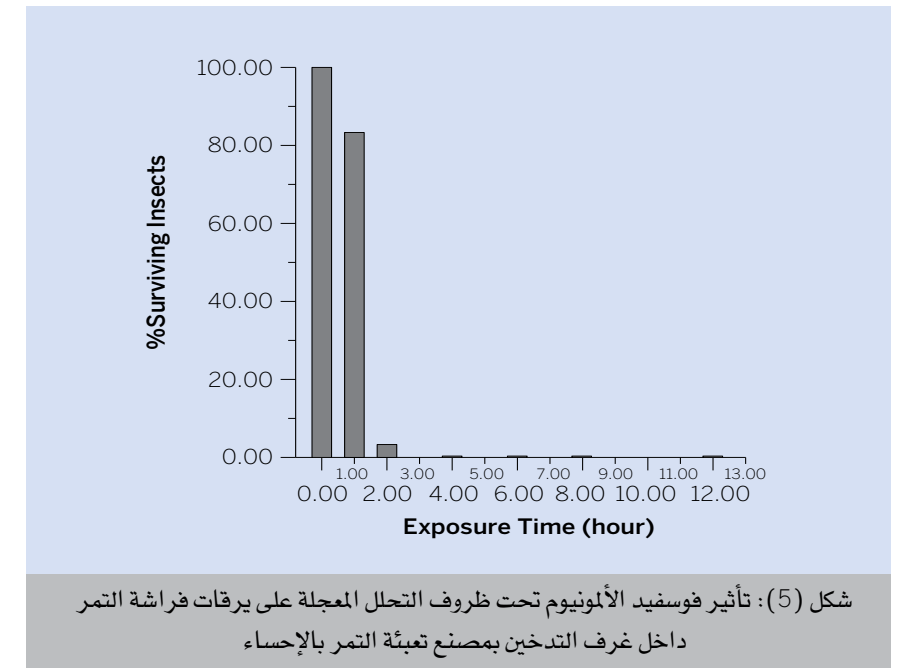


شكل (7): مراحل تطور طفيل الترايكوجراما على بيض العائل (adapted from Knutson 2005)

التمر *E. cautella* حيث وجد أن ثاني أكسيد الكربون يزيد من فاعلية المخلوط المستخدم في القضاء على الآفة. ومن أهم المميزات لاستخدام مخاليط الغازات في الأجواء المعدلة هو عدم بقاء أي متبقيات ضارة على صحة الإنسان أو الحيوان لتلك الغازات المستخدمة. وقد أشار أبو السعد وآخرون (Abo-El- Saad et al 2012) إلى أنه تم تطبيق ثلاثة مخاليط من الغازات مخلوط (1 mix) عبارة عن 20% ثاني أكسيد الكربون، 80% نيتروجين، صفر % وأكسجين، مخلوط 2 (2 mix) 20% ثاني أكسيد الكربون، 75% نيتروجين، 5% وأكسجين، مخلوط (3 mix) 30% ثاني أكسيد الكربون، 55% نيتروجين، 15% وأكسجين حيث تم المعاملة في أطباق بلاستيكية خاصة بجهاز تغليف وخلط الغازات والذي يطلق عليه tray sealing machine VC999 وعلى عدة أطوار لدوده التمر. النتائج أوضحت أن mix 1 كان أكثر المخاليط تأثيراً على الحشرة الكاملة مقارنة بـ mix 2، mix 3، حيث وجد أن نسبة الموت تزداد بزيادة زمن التعريض لتصل إلى 80%، 90%، 100% بعد التعريض لمدة 13، 14، 15 ساعة على الترتيب (شكل 6)، بينما mix 2 أعطى 53%، 63%، 84%، بينما mix 3 كان أقل تأثير حيث أعطى نسبة موت قدرها 11%، 20%، 33% عند نفس زمن التعريض. بالإضافة لذلك تم تقدير قيم LT50 (الزمن اللازم لقتل 50% من الحشرات المعاملة) حيث كانت 4، 9، 10، 8، 18 ساعة لكل من mix 1، mix 2، mix 3، على الترتيب.

على الجانب الآخر وجد أن mix 1 أكثر تأثيراً على اليرقات بينما mix 3، mix 2 كانت أقل تأثيراً على اليرقات حيث أعطت نسبة موت 100%، 7، 16%، 40% على الترتيب بعد 48 ساعة من التعريض وكانت قيم LT50 6، 20، 61، 5، 84 ساعة على الترتيب.

كما وجد أن نسبة فقس البيض انخفضت



شكل (5): تأثير فوسفيد الألومنيوم تحت ظروف التحلل المعجلة على يرقات فراشة التمر داخل غرف التدخين بمصنع تعبئة التمر بالإحساء

PH3 عن طريق تقدير كمية الفوسفور غير العضوي في عينات التمر المعاملة وغير المعاملة حيث أوضحت النتائج أنه ليس هناك فروق معنوية في كميات الفوسفور غير العضوي بين العينات المعاملة والمقارنة.

رابعاً: الأجواء المعدلة:

هي عبارة عن تغيير في الغازات المكونة للهواء في المخازن وتشمل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والتي وجد أن هذا التغيير يلعب دور جوهري في القضاء على آفات المواد المخزونة (Soderstrom et al. 1990)، حيث وجد أن ثاني أكسيد الكربون من أهم الغازات التي تستخدم كبديل لبعض المدخات الكيماوية مثل بروميد الميثيل أو الفوسفين (Jay, 1986). التجارب العملية أوضحت فاعلية مخاليط الغازات المكونة من 5-30% ثاني أكسيد الكربون و 2-8% أكسجين على آفات المواد المخزونة (Navarro et al., 1998, Calderon et al., 1980) والتي أدت إلى نسبة موت وصلت أكثر من 80% ومن أهم الآفات التي تم اختيارها دودة

لكي نحصل على نفس النتيجة في القضاء على الآفة وإيجاد بدائل لبروميد الميثيل الذي سوف يوقف إنتاجه عالمياً في بحلول عام 2015 ولعل أهم بدائل بروميد الميثيل هو استخدام فوسفيد الألومنيوم تحت ظروف كيماوية تسرع من عملية تحلله وذلك بإضافة مانحات البروتون مثل حمض الهيدروكلوريك المخفف (2N) أو حامض الخليك (5%) أو الماء العادي والتي إذا أضيفت إلى مبيد فوسفيد الألومنيوم بنسبة 1:1 وبمجرد إضافة إحدى هذه المواد إلى مبيد فوسفيد الألومنيوم فإنه يحدث تحلل كامل في خلال 3-5 دقيقة. وتطبيق هذه الطريقة ضرورية في مصانع التمور (شكل 4) نتيجة لتكدس أطنان التمور الواردة من أنحاء المملكة العربية السعودية والتي تتطلب وسيلة سريعة وفعالة لعمليات التدخين في فترة زمنية قصيرة. وقد أوضحت النتائج أن نسبة موت اليرقة تصل إلى 100% بعد 4 ساعة من زمن التعريض (شكل 5) بعد إضافة مانحات البروتون إلى مبيد فوسفيد الألومنيوم وتعتبر هذه طريقة جديدة في مجال مكافحة دودة التمر. كما تم تقدير متبقيات غاز الفوسفين