مجلة جامعة الملك سعود، م١٦، *العلوم الزراعية* (٢)، ص ص ١٧٧- ١٩٦
(١٤٢٤هـ/٢٠٠٤م)

حركية هلاك الطور الكامل واليرقي لحشرة الخنفساء المنشارية تحت تأثير الإجهاد الحراري المباشر

الحسين محمد معلوي عسيري
كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض

(قدم للنشر في ١٤٢٣/٧/١هـ: وقبل للنشر في ١٤٢٤/١/١٦هـ)

ملخص البحث. يهدف هذا البحث عموما إلى استقصاء تأثير الإجهاد الحراري كطريقة للتحكم في بعض أنواع الحشرات التي تصيب تمور النخيل، وكمدخل الى معرفة مقاومة الحشرة عند معاملة التمور المصابة بالصعق الكهربائي. وبالتحديد دراسة تأثير الإجهاد الحراري في حركية قتل الطورين الكامل واليرقي لحشرة خنفساء الحبوب المنشارية *(Oryzaephilus surinamensis: Silvanidae)* وذلك بتلامسهما المباشر مع نسب مختلفة من تركيز محلول ملح كلوريد الصوديوم الساخن (٠%، ٠,٠١%، ٠,٥% و ١,٠% للحشرة الكاملة و٠,٠ % بالنسبة للطور اليرقي) وعند ثلاثة مستويات من درجات الحرارة (٤٥ و٥٠ و٥٥م). وتبين النتائج أن رتبة تفاعل قتل الحشرة يمكن التعبير عنه بتفاعل من الدرجة صفر سواء للطور الكامل أو اليرقي، كما أن الطور الكامل للحشرة أكثر مقاومة من الطور اليرقي، وكان ثابت معدل القتل عند تركيز ٠,٠% من ملح كلوريد الصوديوم ٠,٠١٠٩ ، ٠,١٠١٢ و٠,٩١٤٢٩ ثانية$^{-1}$ للحشرة الكاملة عند درجات حرارة ٤٥، ٥٠، ٥٥م على التوالي، بينما كانت قيم ثابت معدل القتل بالنسبة للطور اليرقي ٠,٠٣٥٨، ٠,١٤٣٣، و١,٠٣٥٧ ثانية$^{-1}$ عند درجات حرارة ٤٥، ٥٠، ٥٥م على التوالي.

ويمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة بعلاقة أرهينياس، ويعتبر كلا الطورين حساسا لتغير درجة الحرارة حيث وصلت طاقة التنشيط للقتل إلى ٣×١٠° (كجول/كجم.مول). كما أن زيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم يكون ذا أثر واضح على قتل الحشرة الكاملة عند درجة الحرارة ٥٥°م، وليس له تأثير معنوي عند درجتي الحرارة ٥٠ و٤٥°م.

مقدمة

نظرا لما تمثله التمور من أهمية كمحصول ذي فوائد عديدة تغذوية أو تجارية، فإن إنتاج التمور في المملكة يزداد من عام لآخر، حيث تبين إحصائيات وزارة الزراعة والمياه (١٤٠٧هـ و١٤١٦هـ(أن الإنتاج عام ١٩٨٥م كان ٤٥٦ ألف طن وارتفع الإنتاج إلى ٥٦٨ ألف طن في عام ١٩٩٤م م[٢،١]. وبلغ أكثر من ٦٤٩ ألف طن لعام ١٩٩٦م [٣]. وأن عدد المصانع المنتجة حتى عام ١٤١٧هـ بلغ ٢١ مصنعا بطاقة إنتاجية قدرها ٩١,٣ ألف طن من التمور [٤]. كما أن عدد التراخيص لمصانع لم تدخل مرحلة الإنتاج بلغ حتى نهاية ١٤١٧هـ ٢٧ ترخيصا [٤]. و يدل هذا على تطور الطاقة الإنتاجية للمصانع القائمة واحتمال دخول المصانع الأخرى المرخص لها إلى السوق الإنتاجية. وهذه المصانع تواجه مشكلة القضاء على الحشرات والتي غالبا ما تكون متواجدة في التمر الخام عند استلامه. حيث إن الطريقة المتبعة في مكافحة حشرات التمور هي باستخدام غاز بروميد الميثيل السام. وكفاءة المعالجة بهذه الطريقة (التبخير) تعتمد على تركيز الغاز، وطول فترة المعاملة، ودرجة حرارتها [٥]. وهذا الغاز يعتبر من الغازات الضارة بالبيئة عموما وكذلك الصحة العامة حيث إن له تأثيرا مباشرا في طبقة الأوزون، ولذلك تم الاتفاق على حظره دوليا وعدم تداوله مع بداية العام ٢٠٠١م [٦]. ولايزال السوق يحتوي على كميات متداولة

ومستخدمة، ولكنها في طريقها إلى النفاذ. ولهذا، فإنه بات من الضروري البحث عن بديل مناسب لعملية التبخير بغاز بروميد الميثيل. والمعاملة بالإجهاد الحراري سواء برفع درجة حرارة الوسط المحيط بالتمور أو باستخدام تقنيات الصعق بالتوصيل الكهربائي أو التسخين بالميكروويف أوالبخار الساخن وغيرها قد تكون أحد البدائل المحتمل نجاحها. وهذا البحث هو جزء من دراسة تهدف إلى استخدام الصعق الكهربائي للتمور في محلول ملحي ومدى تأثيره في قتل الحشرات بداخل التمور، حيث يمكن القيام بعملية غسيل التمور وكذلك قتل الحشرات في إجراء واحد. ولأجل معرفة هذا التأثير الحراري فإنه من الضروري تقدير مقاومة بعض الحشرات التي تصيب التمور للحرارة، ومعرفة درجات الحرارة الفعالة في قتل هذه الحشرات، وبالتالي يمكن التنبؤ بزمن المعاملة الحرارية اللازم لهلاك هذه الحشرات. ونتائج مثل هذه الدراسة سوف تكون في غاية الأهمية لإجراء أبحاث لاحقة في عملية الاختراق الحراري للتمور ومعرفة مدى إمكانية استخدام الصعق الكهربائي أو الغمر الساخن في مكافحة حشرات التمور، أو في تصميم وحدات عمليات أخرى مناسبة لمصانع التمور.

تصاب التمور بكثير من الحشرات، غير أن حشرة خنفساء الحبوب المنشارية(*Oryzaephilus surinamensis: Silvanidae*) تعتبر من أهم الآفات التي تؤثر في جودة وقيمة التمور. والحشرة صغيرة الحجم ومفلطحة ذات لون بني غامق يبلغ طولها ٣ مم، ويعيش الطور الكامل منها عادة من ٦-١٠ شهور. وتضع الأنثى الواحدة ٤٥-٢٨٥ بيضة خلال حياتها. يفقس البيض إلى يرقات بعد فترة ٣-٥ أيام من وضعه، واليرقات حرة الحركة، وبعد اكتمال نمو اليرقة الذي يستمر لمدة أسبوعين تنسج شرنقة ثم تتحول في داخلها إلى عذراء تخرج منها الحشرة الكاملة. ويأخذ دور العذراء حوالي أسبوع واحد،

ودورة حياة الحشرة من البيضة حتى خروج الكاملات تأخذ فترة من ٢٥-٣٥ يوما [٧]. ولعدم توافر بيانات حول مقاومة هذه الحشرة للإجهاد الحراري في وسط ملحي ساخن بالتلامس المباشر مع الحشرة وعن حركية قتلها، كانت هذه الدراسة. ومعرفة بيانات حركية قتل الحشرة يمكن استخدامها في تطوير بعض النماذج الهندسية المهمة لتصميم وحدات معالجة مناسبة تخدم مصانع التمور. ولهذا فإن هذا البحث يهدف عموما إلى دراسة تأثير عملية الإجهاد الحراري في قتل بعض أطوار إحدى الحشرات التي تصيب التمور، وبالتحديد دراسة حركية قتل الطور الكامل والطور اليرقي لحشرة خنفساء الحبوب المنشارية *(Oryzaephilu surinamensis: Silvanidae)* بالتلامس المباشر مع وسط مائي ساخن. وكذلك تأثير تركيز ملح كلوريد الصوديوم في عملية القتل ومعرفة رتبة تفاعل القتل وثابت معدل القتل وطاقة التنشيط للقتل.

خلفية علمية

يمكن تطبيق الأسس الهندسية لحركية التفاعلات على قتل حشرات التمور من خلال معرفة رتبة التفاعل وثابت معامل التفاعل وتحديد طاقة التنشيط، ومدى تأثر هذه العوامل بظروف التفاعل على النحو التالي:

رتبة التفاعل

يمكن استخدام المعادلة العامة لمعدل التفاعل وذلك لتحديد رتبة تفاعل قتل الحشرة الكاملة والتي يمكن كتابتها كما يلي [٨]:

$$-\frac{dN}{dt} = k\ N^n \qquad (١)$$

حيث إن:

(dN): التغير في عدد الحشرات.

(dt): التغير في الزمن.

(k): ثابت معدل القتل للحشرة.

(N): عدد الحشرات.

(n): رتبة التفاعل.

وبأخذ لوغاريتم المعادلة (١) فإنه يمكن صياغتها بالصورة التالية:

$$-Log\left(\frac{dN}{dt}\right) = Log\ k + n\ Log\ N \qquad (٢)$$

حيث إن قيمة رتبة التفاعل (n) المتعلق بالتغير في عدد الحشرات (ΔN) يمكن أن يحسب بتقدير قيمة ميل d(ΔN)/dt مع (ΔN) على رسم بياني لوغاريتمي [٩]. حيث يعبر ميل الخط من الشكل البياني عند تقريبه إلى أقرب رقم صحيح صفر أو واحد عن رتبة التفاعل. وبناء على ذلك فإن المعادلة الصفرية لحركة قتل الحشرة يمكن أن تكتب بالصيغة الموضحة بالمعادلة رقم (٣).

$$N_O - N = k\,t \qquad (٣)$$

حيث إن:

(No): عدد الحشرات الأولى قبل المعاملة عند زمن صفر.

(N): عدد الحشرات عند أي زمن.

(k): ثابت معدل القتل للحشرة [1/sec].

(t): زمن المعاملة [sec].

أما في حالة أن رتبة التفاعل من الدرجة واحد فإن معادلة حركة قتل الحشرة يمكن أن تكتب بالصيغة الموضحة بالمعادلة رقم (٤).

$$Ln\left(\frac{N_O}{N}\right) = k\,t \qquad (٤)$$

تأثير درجة الحراة

يمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة في ثابت معدل القتل باستخدام معادلة أرهينياس (Arrhenius equation) والموضحة بالمعادلة رقم (٥) [٩]:

$$k = A\,Exp(-Ea/RT) \qquad (٥)$$

حيث إن:

(k): ثابت معدل القتل [1/sec].

(A): ثابت معامل التواتر[1/sec].

(Ea): طاقة التنشيط لتغير عدد الحشرات الكلي [kJ/kg.mole]. والتي يمكن تقديرها بمعرفة ميل الخط لقيم Ln(k) مقابل مقلوب درجة الحرارة المطلقة للمعاملة.

(R): الثابت العام للغازات [kJ/kg.mole ^{o}K].

(T): درجة الحرارة المطلقة [^{o}K].

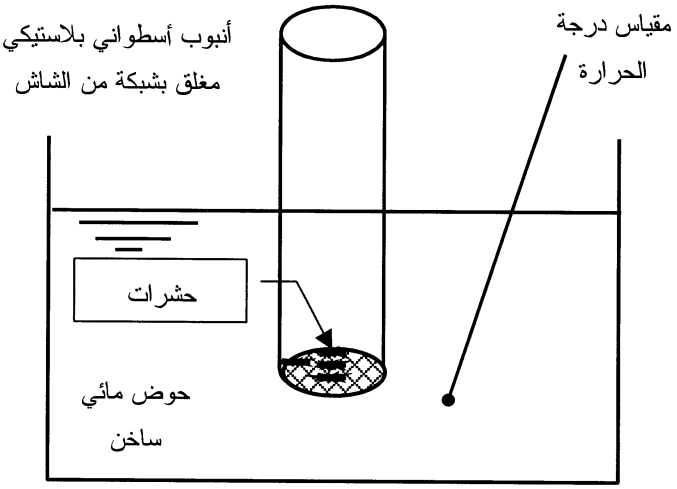
المواد وطريقة التجربة

تم تنمية حشرة خنفساء الحبوب المنشارية في مستعمرات باستخدام حضانات عند درجة حرارة ثابتة ٣٠°م ورطوبة نسبية تتراوح بين ٦٠-٧٠%. وذلك بعدوى تمور نقية من الحشرات تم الحصول عليها من مصنع تمور المحمدية (الرياض) بعد تبخيرها. وبعد ذلك أجريت تجارب لاختبار مقاومة الحشرة للإجهاد الحراري بالتعريض المباشر لمحلول ملحي ساخن.

أجريت تجارب المعاملة بالإجهاد الحراري المباشر على الطور الكامل من الحشرة حيث تم وضع ١٠ حشرات داخل أنبوب بلاستيكي قطره ١,٥ سم وطوله ١٠ سم ومغلق من نهايته بواسطة شبكة من الشاش كما هو

موضـــح بالشكل رقم (١). وحضر محلول ملح كلوريد الصوديوم عند تركيزات (٠,٠، ٠,١، ٠,٥، ١,٠%). حيث يتم تسخين المحلول الملحي في حمام مائي (Memmert, Model,854 Schwabach, W. Germeny) إلى ثلاثة مستويات من درجات الحرارة الثابتة وهي ٤٥ و٥٠ و٥٥°م. واختيرت هذه المستويات من درجة الحرارة بعد القيام ببعض التجارب الاختبارية للمدى الفعال لقتل الحشرة خلال درجات حرارة من ٣٠°م إلى ٦٠°م. كما تم التأكد من ثبات درجة الحرارة بقياس درجة الحرارة بجوار العينة باستخدام مجس حراري من نوع T-type مرتبط بجهاز عرض رقمي (Mejdaf Digital Multimeter, Model DT 9208, Taiwan)، حيث إن تذبذب درجة الحرارة حول أي من درجات حرارة المعاملة المذكورة سابقا لم يتعد ٠,٦°م. وعند كل درجة حرارة ثابتة تغمر الحشرات لفترات زمنية متفاوتة (٢، ٤، ٦، ٨، و١٠ ثانية عند ٥٥°م، ولفترات زمنية قدرها ١٥، ٣٠، ٤٥، ٦٠، ٧٥، و٩٠ ثانية عند ٥٠°م، ولفترات زمنية قدرها ٩٠، ١٨٠، ٢١٠، و٢٤٠ ثانية عند ٤٥°م). وتكرر التجربة مرتين، وفي كل معاملة يكون هناك عينتان تعاملان عند نفس الظروف من الزمن ودرجة الحرارة. ثم تغمر الحشرات بعد انتهاء المعاملة مباشرة في ماء عند درجة حرارة ٢٠°م لفترة زمنية تتراوح ما بين ١٥ و٣٠ ثانية بقصد التبريد المفاجيء، بعدها تجفف على أوراق ترشيح. ثم يتم تسجيل عدد الحشرات الحية بعد ٢٤ ساعة من المعاملة.

أما اختبار مقاومة الطور اليرقي لعملية الإجهاد الحراري المباشرفتمت عند نفس درجات الحرارة السابقة، وهي ٤٥ و٥٠ و٥٥°م في ماء مقطر للمقارنة. وعوملت بنفس الطريقة التي تمت على الحشرة الكاملة كما ذكر في الفقرة السابقة.



الشكل رقم (١). تجربة الإجهاد الحراري بالغمر في حوض مائي ساخن.

النتائج والمناقشة

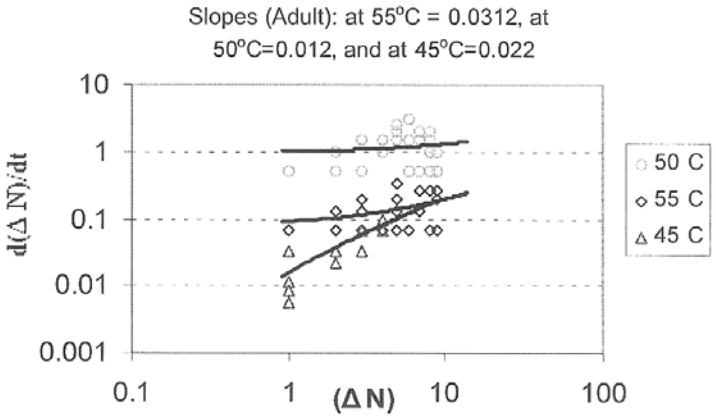
يقصد بالإجهاد الحراري المباشر قياس مقاومة طور محدد من الحشرة لدرجة حرارة ثابتة عند تلامسها مباشرة مع وسط ساخن لفترة زمنية معينة. ويمكن نقاش ذلك أولا بالنسبة للطور الكامل، وثانيا للطور اليرقي ثم مقارنة بين الطورين من خلال النقاط التالية:

أولا: حركية قتل الطور الكامل

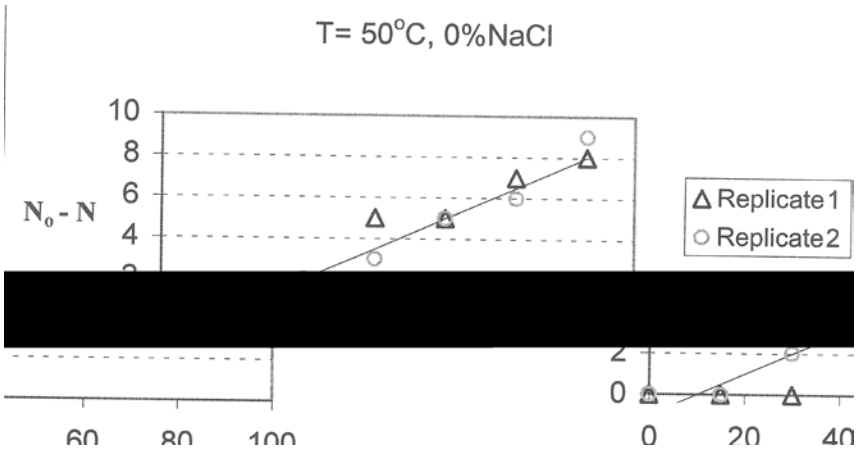
تحديد رتبة التفاعل

بعد تعريض عينتين تحتوي كل عينة منهما على ١٠ حشرات للتلامس المباشر مع محلول ساخن عند درجات حرارة ثابتة ٤٥ و٥٠ و٥٥°م ولفترات زمنية متفاوتة (كما أشير لذلك سابقا في طريقة إجراء التجربة)، تم أخذ المتوسط لعدد الحشرات الحية للعينتين تحت نفس الظروف ولتكرارين، استخدمت هذه البيانات لتحديد رتبة التفاعل وحساب معدل ثابت القتل وقياس طاقة التنشيط وتقييم تأثير تركيز ملح كلوريد الصوديوم في عملية القتل.

حيث استخدمت المعادلة رقم (٢) ورسمت البيانات كما هو موضح بالشكل رقم (٢). وبتحديد ميل الخط، على الرسم اللوغاريتمي الكامل، يتضح أن الميل أقرب إلى الصفر، وعليه فإن رتبة قتل الحشرة يمكن التعبير عنها بمعادلة حركية من الرتبة صفر كما هو موضح بالمعادلة الرياضية رقم (٣). وهذه النتائج تتوافق مع رتبة التفاعل التي سجلت لحشرة الفاكهة [١٠،١١]. والشكل رقم (٣) يوضح التوافق بين النتائج التجريبية والنموذج البياني للمعادلة رقم (٣) وذلك عند درجة حرارة ٥٠م في ماء مقطر، حيث إن ميل الخط يعبر عن ثابت معدل القتل.



الشكل رقم (٢). عينة من البيانات المستخدمة لتحديد رتبة حركية قتل الحشرة كاملة النمو بالتعريض المباشر للإجهاد الحراري.



الشكل رقم (٣). نموذج يبين توافق النتائج التجريبية لتغير عدد الحشرات مع الزمن عند درجة حرارة ٥٠°م و٠,٠% تركيز ملح كلوريد الصوديوم لتكرارين عند تطبيق معادلة من الدرجة صفر.

حساب ثابت معدل القتل

وبحساب متوسط ثابت معدل القتل للطور الكامل للحشرة لتكرارين عند درجات حرارة مختلفة ونسب مختلفة من تركيز محلول كلوريد الصوديوم يمكن تلخيص النتائج كما هو موضح بالجدول رقم (١). ويلاحظ أن متوسط قيم معامل الارتباط (R^2) مقبولة على العموم ماعدا في بعض المعاملات خاصة عند الغمر في ماء المقطر عند درجة حرارة ٤٥°م، حيث إن هذه الدرجة لم تكن فعالة في القتل، وقد يكون سبب القتل عند هذه الدرجة ليس تأثير فعل الحرارة ولكن قد يكون بسبب الاختناق. وكما يتضح من البيانات فإن قيم ثابت معدل قتل الحشرة تتراوح مابين ٠,٠١٠٩ ثانية$^{-1}$ كقيمة دنيا عند درجة حرارة ٤٥°م وأقصى قيمة كانت ١,٣ ثانية$^{-1}$ عند درجة حرارة ٥٥°م.

الجدول رقم (١). متوسط ثابت معدل القتل الحراري والانحراف المعياري، للطور الكامل للحشرة عند درجات حرارة مختلفة ونسب مختلفة من تركيز محلول كلوريد الصوديوم.

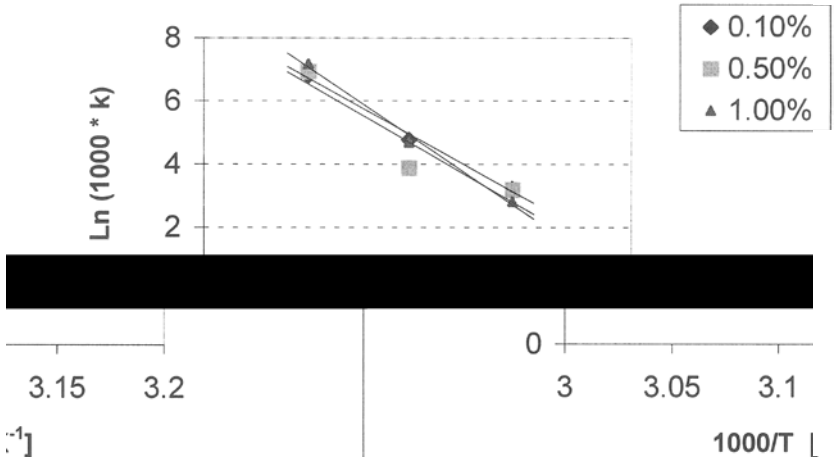
درجة الحرارة	تركيز محلول	متوسط ثابت معدل القتل ±	معامل التحديد

Temperature [°C]	كلوريد الصوديوم NaCl [%]	الانحراف المعياري k ± STDEV [sec^{-1}]	R^2
٤٥	٠	٠,٠٠٣٢ ± ٠,٠١٠٩	٠,٥٦
	٠,١	٠,٠٠٥ ± ٠,٠٢٥٠	٠,٨٩
	٠,٥	٠,٠٠٤٧ ± ٠,٠٢٤٣	٠,٩٠
	١,٠	٠,٠٠٦٧ ± ٠,٠١٦٧	٠,٧٨
٥٠	٠	٠,٠٠١٧ ± ٠,١٠١٢	٠,٩٣
	٠,١	٠,٠ ± ٠,١١٦٢	٠,٩٢
	٠,٥	٠,٠٢٢٩ ± ٠,٠٤٨٦	٠,٨٩
	١,٠	٠,٠٦٤ ± ٠,١٠٨١	٠,٧٧
٥٥	٠	٠,٠٤٠٤ ± ٠,٩١٤٣	٠,٩١
	٠,١	٠,٠ ± ٠,٩٠٠٠	٠,٩٦
	٠,٥	٠,٠٣٥٤ ± ١,٠٢٥٠	٠,٩٥
	١,٠	٠,٠٧٠٧ ± ١,٣٠٠	٠,٨٣

حساب طاقة التنشيط ومعرفة تأثير درجة الحرارة

يمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة في ثابت معدل القتل للحشرة الكاملة باستخدام معادلة أرهينياس (Arrhenius equation) والموضحة بالمعادلة رقم (٥) سابقا. ويلخص الشكل رقم (٤) علاقة أرهينياس للحشرة كاملة النمو عند ثلاثة مستويات من تركيز محلول كلوريد الصوديم. كما يوضح الجدول رقم (٢) قيم طاقة التنشيط وثابت معامل التواتر للطور الكامل للحشرة. ويلاحظ أن قيم طاقة التنشيط متقاربة غير أن طاقة التنشيط تزداد مع زيادة تركيز المحلول الملحي، وهذا يدل على أن الحشرة أكثر حساسية لتغير درجة الحرارة عند تركيزات عالية من المحلول الملحي، وربما ذلك راجع إلى التأثير الأسموزي للملح عند تعرض أنسجة الحشرة للحرق مما يزيد من تأثير درجة الحرارة. كما تدل القيم العالية لطاقة التنشيط على حساسية

الحشرة للتغير في درجة الحرارة، فعند مقارنة الإبادة الكاملة للحشرة عند درجات حرارة ٤٥ و٥٠ و٥٥°م نجد أن الزمن المكافىء اللازم للحصول على القتل الكامل عند هذه الدرجات هو ٦٥٥ ثانية و١٠٥ ثانية و١٨ ثانية على التوالي وذلك باستخدام النموذجين الرياضيين المشار إليهما في المعادلتين ٣ و٥ عندما يكون N=0. وبناء على ذلك فإنه يمكن التنبؤ بدرجة الحرارة اللازمة لقتل الحشرة عند الملامسة اللحظية لفترة زمنية تقدر بثانية واحدة، وهي ٦٣°م.



الشكل رقم (٤). علاقة أرهينياس عند ٠,١% و٠,٥% و١,٠% من تركيز ملح كلوريد الصوديوم.

الجدول رقم (٢). قيم طاقة التنشيط وثابت معامل التواتر لقتل الحشرة الكاملة عند نسب مختلفة من تركيز محلول كلوريد الصوديوم.

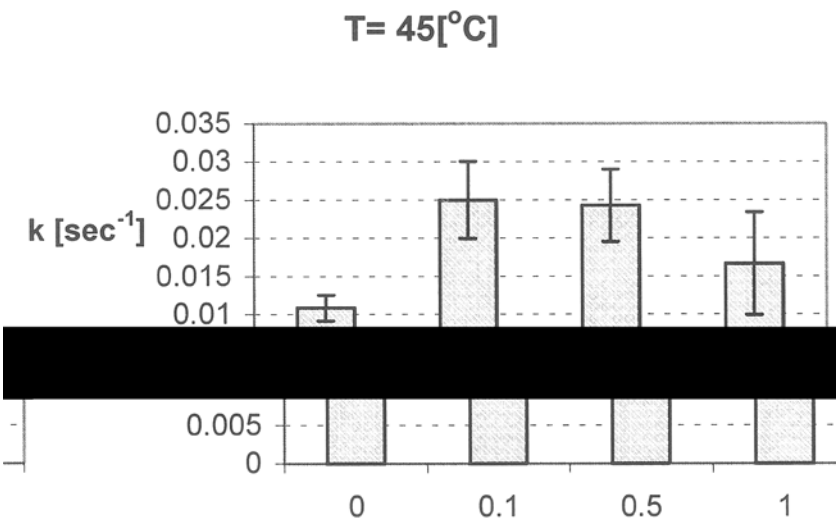
تركيز محلول كلوريد الصوديوم NaCl [%]	طاقة التنشيط Ea [kJ/kg mole]	معامل التواتر A [sec^{-1}]	معامل التحديد R^2
٠,١	٣,١٢ × ١٠ ^{٥}	٢,٣١ × ١٠ ^{٤٩}	٠,٩٩
٠,٥	٣,٢٥ × ١٠ ^{٥}	٢,٢٣ × ١٠ ^{٥١}	٠,٨٨

١,٠	٣,٧٩ × ١٠ ^{٥}	١,٥٣ × ١٠ ^{٦٠} ٠,٩٩

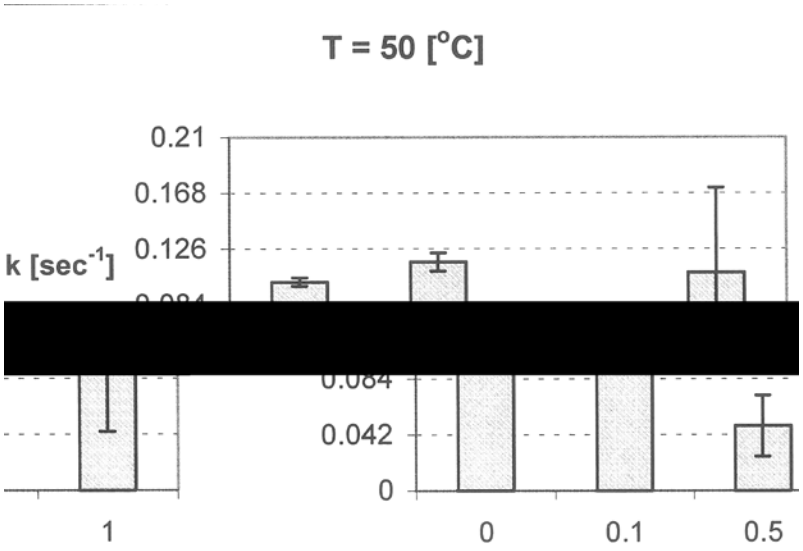
تأثير تركيز ملح كلوريد الصوديوم

توضح البيانات الخاصة بثابت معدل القتل عند درجات حرارة ٤٥°م و٥٠°م و٥٥°م كما في الأشكال أرقام (٥، ٦، و٧) على التوالي أنه لايوجد تأثير معنوي لنسبة ملح كلوريد الصوديوم عند نسبة ثقة ٩٥% عند درجتي الحرارة ٤٥°م و٥٠°م على ثابت معدل القتل. بينما تدل النتائج على أن هناك تأثيرا معنويا عند درجة حرارة ٥٥°م. ويمكن الحصول على علاقة خطية بين تركيز الملح وثابت معدل القتل عند درجة حرارة ٥٥°م للحشرة الكاملة كما يتضح من الشكل رقم (٨)، والتي يمكن التعبير عنها بالنموذج الرياضي التجريبي التالي:

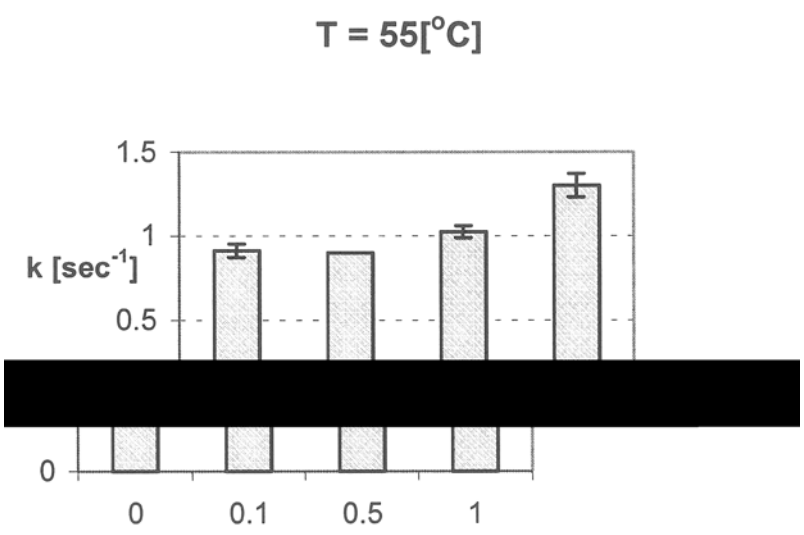
$$k_{55^{o}C} = 0.398\ NaCI\ [\%] + 0.8756, \quad R^2 = 0.95 \qquad (٥)$$



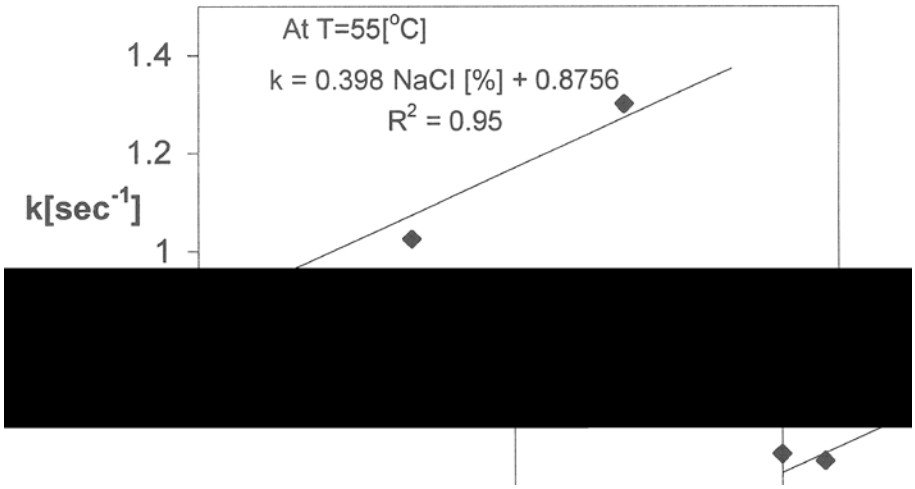
الشكل رقم (٥). قيم ثابت معدل القتل الحراري عند تركيزات مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم وعند درجة حرارة ٤٥°م، وعند مستوى ثقة ٩٥%.



الشكل رقم (٦). قيم ثابت معدل القتل الحراري عند تركيزات مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم وعند درجة حرارة ٥٠°م، وعند مستوى ثقة ٩٥%.



الشكل رقم (٧). قيم ثابت معدل القتل الحراري عند تركيزات مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم وعند درجة حرارة ٥٥°م، وعند مستوى ثقة ٩٥%.



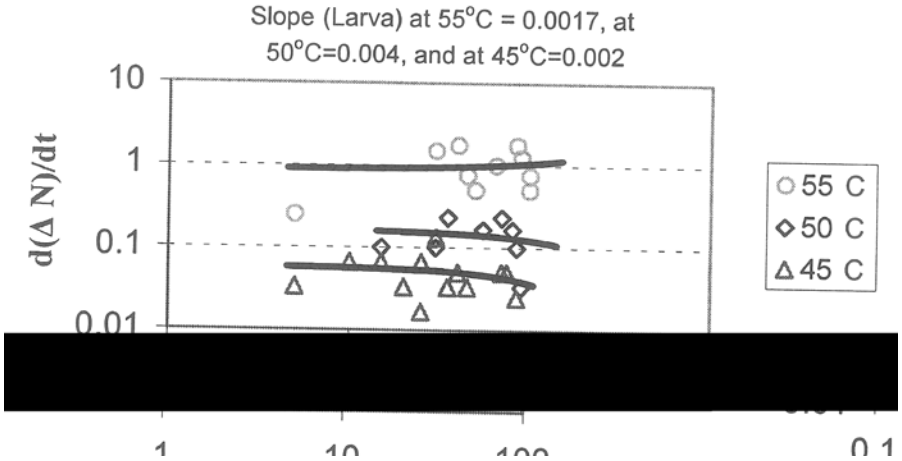
الشكل رقم (٨). العلاقة بين ثابت معدل القتل ونسبة تركيز محلول كلوريد الصوديوم عند درجة حرارة ٥٥°م.

ثانيا: حركية قتل اليرقات

بعد معاملة عينتين تحتوي كل عينة منهما على ١٠ يرقات عند درجات حرارة ثابتة لفترات زمنية معينة أخذ المتوسط لعدد الحشرات الحية بعد المعاملة، ثم كررت نفس التجربة مرة أخرى عند نفس الظروف. واستخدمت هذه البيانات لتحديد رتبة التفاعل ومعرفة معدل ثابت القتل وقياس طاقة التنشيط على عملية قتل الطور اليرقي كالتالي:

رتبة التفاعل

بعد تحليل البيانات الخاصة باليرقة (Larva)- كما بين سابقا في تحديد رتبة التفاعل بالنسبة للحشرة الكاملة- عند درجات حرارة ٤٥ و٥٠ و٥٥°م، وفي عدم وجود أي تركيز ملحي، أي باستخدام الماء المقطر، وبعد استخدام المعادلة رقم (٢) أمكن الحصول على نموذج بياني كما هو مبين بالشكل رقم (٩) حيث يتضح أن درجة قتل اليرقة يمكن التعبير عنها بمعادلة من الدرجة صفر، حيث كان ميل المنحنى أقرب إلى الصفر. وهذا مشابه لدرجة قتل الحشرة كاملة النمو كما سبق نقاشه.



الشكل رقم (٩). عينة من البيانات المستخدمة لتحديد رتبة حركية قتل الطور اليرقي بالتعريض المباشر للإجهاد الحراري على مقياس لوغاريتمي كامل.

تأثير درجة الحراة

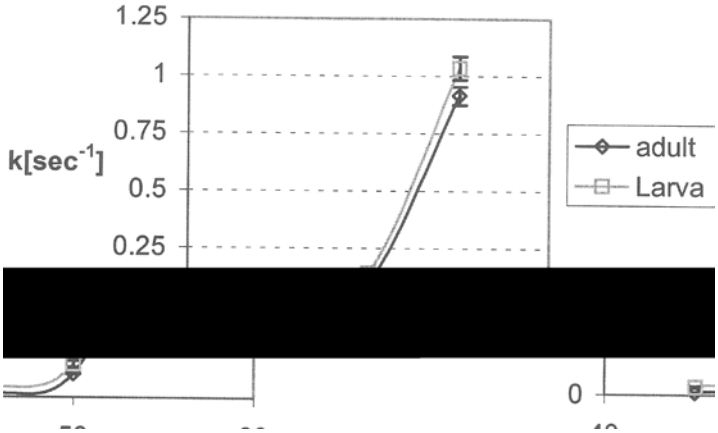
الجدول رقم (٣) يوضح متوسط ثابت معدل القتل الحراري للطور اليرقي عند ثلاثة مستويات من درجات الحرارة. ويلاحظ من معامل الارتباط أن العلاقة الصفرية لمعدل القتل يمكن أن تصف معدل القتل بشكل مقبول حيث إن $R^2 \geq 0.95$. ويمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة على معدل ثابت القتل الحراري لليرقة بمعادلة أرهينياس رقم (٥) المشار إليها سابقا.

الجدول رقم (٣). متوسط ثابت معدل القتل الحراري للطور اليرقي للحشرة عند درجات حرارة مختلفة في ماء مقطر.

درجة الحرارة Temperature [°C]	متوسط ثابت معدل القتل ± الانحراف المعياري K ± STDEV [sec^{-1}]	معامل التحديد R^2
٤٥	٠,٠٠٣٥ ± ٠,٠٣٥٨	٠,٩٦
٥٠	٠,٠١٤١ ± ٠,١٤٣٣	٠,٩٥
٥٥	٠,٠٥٠٥ ± ١,٠٣٥٧	٠,٩٨

ثالثا: مقارنة الإجهاد الحراري للحشرة الكاملة وللطور اليرقي

يمكن مقارنة الإجهاد الحراري للطور الكامل والطور اليرقي بالنظر إلى درجة التفاعل، وثابت معدل القتل، وطاقة التنشيط عند استخدام الماء المقطر. فيلاحظ أنه يمكن وصف معدل القتل لكل من الطور الحشري الكامل والطور اليرقي بمعادلة حركية من الدرجة صفر، أما ثابت معدل القتل الحراري فواضح أنه أكبر بشكل معنوي عند نسبة ثقة ٩٥% بالنسبة للطور اليرقي عنه في الطور الكامل عند درجة الحرارة ٥٥°م وكما هو مبين بالشكل رقم (١٠)، وهذا يعني أن معدل القتل لليرقات أعلى منه في الحشرة الكاملة عند نفس الظروف. وقد يكون هذا راجعا إلى مقدرة الحشرة الكاملة على التحمل وكذلك وجود الغطاء الكاروتوني المكتمل الذي قد يساعد في حماية الحشرة الكاملة. وبمعنى آخر فإن الحشرة الكاملة أكثر مقامة للإجهاد الحراري بالتلامس المباشر من اليرقة. أما بالنسبة لحساسية الطور الكامل لتغير درجة الحرارة فهو أعلى بالنسبة للطور الكامل بشكل بسيط عنه في الطور اليرقي كما هو موضح بالجدول رقم (٤)، فطاقة التنشيط للطور الكامل تساوي ٣,٨٦×١٠^{٥} (ك. جول/كجم. مول) بينما طاقة التنشيط بالنسبة للطور اليرقي أقل من تلك بمقدار بسيط وهو ٠,٩٤×١٠^{٥} (ك. جول/كجم. مول). وهذا يعني أن التغير في ثابت معدل القتل عند تغيير درجة الحرارة بمقدار ثابت يكون أعلى في حالة الحشرة الكاملة منه في حالة اليرقة.



الشكل رقم (١٠). مقارنة قيم ثابت معدل القتل الحراري للحشرة الكاملة ولليرقة عند درجات حرارة مختلفة.

الجدول رقم (٤). طاقة التنشيط وثابت معامل التواتر للطورالكامل واليرقي للحشرة في ماء مقطر.

الطور Phase	طاقة التنشيط E_a [kJ/kg mole]	معامل التواتر A [sec^{-1}]	معامل التحديد R^2
حشرة كاملة Adult	٥ ١٠×٣,٨٦	٦١ ١٠×١,٥١	٠,٩٩
يرقــة Larva	٥ ١٠×٢,٩٢	٤٦ ١٠×٢,٤٧	٠,٩٩

النتائج والتوصيات

يمكن تلخيص أهم النتـائج لمعاملـة الحشرة واليرقـة للتعريض المباشر للإجهاد الحراري وذلك بالتلامس المباشر مع محلول مائي في النقاط التالية:

١- أن رتبة التفاعل لقتل الحشرة الكاملـة أو اليرقـة يمكن التعبير عنها بمعادلة حركية من الدرجة الصفرية.

٢- أن الحشـرة الكاملـة أعلـى مقاومـة للإجهـاد الحـراري مـن الطـور اليرقي، حيث يتراوح قيمة ثابت معدل القتل للطـور الكامل مـا بين ٠,٠١٠٩ ثانية$^{-١}$ و١,٣ ثانية$^{-١}$.

٣- يمكن وصف تأثير درجة الحرارة في معدل القتل لكل من الحشرة الكاملة وكذلك اليرقة بعلاقة أرهينياس بشكل جيد.

٤- لايؤثر مستوى تركيز المحلول الملحي (٠% إلى ١% من كلوريد الصوديوم) في ثابت معدل القتل عند درجـات حـرارة منخفضـة ٤٥ و٥٠م، تـأثيرا معنويـا، وعلـى خـلاف ذلـك يكـون التـأثير معنويـا عنـد درجـة حـرارة ٥٥م.

٥- يمكن وصف العلاقة بين تركيز المحلول الملحي وثابت معدل القتل الحراري بعلاقة خطية عند درجة حرارة ٥٥م.

٦- أن الحشرة وكذلك اليرقة حساستان جدا لارتفاع درجة الحرارة.

ونظرا لأن التمور المصابة يتواجد بداخلها الحشرات واليرقات، فإنه من الضروري دراسة معدل الاختراق الحراري للثمار المختلفة، ومن ثم معرفة مدى تأثير الإجهاد الحراري في الحشرات بداخل الثمر. ثم مقارنة بيانات حركية قتل الحشرة تحت تأثير فعل الإجهاد الحراري للحشرة في حالة غمر الثمار في ماء يغلي بالتسخين التقليدي وفي حالة غمر الثمار في ماء يغلي بسبب التوصيل الكهربائي. ومعرفة ماإذا كان هناك فارق بين القتل بالفعل الحراري والقتل بالفعل الحراري المصاحب لتيار كهربائي. ومن أجل القيام بهذه الدراسة فإنه من الضروري دراسة بعض الخواص الحرارية والكهربائية المهمة للنظام قبل بدء المعاملة.

المراجع

[١] وزارة الزراعة والمياه. *مؤشرات إحصائية عن وزارة الزراعة والمياه في المملكة العربية السعودية*. الرياض: إدارة الدراسات الاقتصادية والإحصاء، ١٤٠٧هـ.

[٢] وزارة الزراعة والمياه. *مؤشرات إحصائية عن وزارة الزراعة و المياه في المملكة العربية السعودية*. الرياض: إدارة الدراسات الاقتصادية والإحصاء، ٤١٦هـ.

[٣] وزارة الزراعة والمياه. *مؤشرات إحصائية عن وزارة الزراعة والمياه في المملكة العربية السعودية*. الرياض: إدارة الدراسات الاقتصادية والإحصاء، ١٤١٩هـ.

[٤] الدار السعودية للخدمات الاستثمارية. *تطوير صناعة التمور ومشتقاته*. الرياض: إدارة هندسة الإنتاج والمنتج، الإدارة العامة للهندسة الصناعية، ١٤١٩هـ.

[٥] منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. *إنتاج التمور ووقايتها*. روما: سلسة دراسات الإنتاج النباتي ووقاية النباتات (٣٥)، الفصل الحادي عشر، ١٩٩٢م.

[٦] Obewlander, H; Silhacek, D.L.; Shaaya, E.; and Ishaaya, I. "Current Status and Perspectives of the Insect Growth Regulators for the Control of Stored Future Product Insects." *J. Stored Prod. Res*., V.33 (1), (1997), 1-6.

[٧] العزاوي، عبدالله فليح ومهدي، محمد طاهر. *حشرات المخازن*. الجمهورية العراقية: وزارة التعليم والبحث العلمي، ١٩٨٣م.

[٨] Nunes, R. V.; Rhim, J. W.; and Swartzel, K. R. "Kinetic parameter evaluation linearly increasing temperature profiles: integral method." *J. Food Sc*., .56, with (1991), 1433-7.

[٩] Levenspiel, O. *Chemical Reaction Engineering*. 2ed. John Wiley and Sons, New York, (1972), 41-86.

[١٠] Jang, E. B. "Thermal Death Kinetic and Heat Tolerance in Early and Late Third Instars of the Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae)." *J. Econ Entomol*, 84(4), (Aug., 1991), 1298-1303.

[١١] Jang, E. B. "Thermal Death Kinetic in Eggs and Larvae of Bactrocera Latifrons (Diptera: Tephritidae) and Comparative Thermotolerance to Three Other Tephritid Fruit Fly Species in Hawaii." *J. Entomol*., 92(3), (June, 1999), 684-690.

Destruction Kinetics of Adult and Larva Stages of Silvanidae Insects by Direct Exposure to Heat Stress

A. M. Assiry
Agricultural Engineering Department, Collage of Agriculture,
King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

(Received 1/7/1423; accepted for publication 16/1/1424H)

Abstract. The goal of this study was to investigate the thermal stress as a method to control insects that attack palm date. In specific, it was to study the thermal stress on the kinetics of destruction of adult and larva stages of Oryzaephilus surinamensis: Silvanidae insects by direct exposure to hot solution of 0.0, 0.01, 0.5, and 1.0% NaCl for the adult stage, and 0.0% NaCl for larva stage. The temperature levels were 45, 50 and 55 ^{o}C. Results reveal that zero order kinetic model can describe the destruction successfully in both stages. Adult stage was more resistant to heat stress than larva stage. The killing rate constants at 0.0% NaCl for the adult stage were 0.0109, 0.1012 and 0.9143 sec^{-1} at 45, 50 and 55 ^{o}C respectively. On the other hand, the killing rate constants for the larva stage at the same concentration of NaCl were 0.0358, 0.1433 and 1.0357 sec^{-1} at 45, 50 and 55^{o}C respectively. Arrhenuis relation can be applied to describe the effect of temperature. Both stages were sensitive to temperature changes where the activation energy approached 3×10^{5} [KJ/kg.mole]. Increasing the NaCl concentration resulted in a higher killing rate at 55^{o}C; however, at 50 and 45^{o}C, there was no significant effect of salt concentration on the rate constant for destruction.