

極超短波加熱による貯穀害虫の殺虫試験

小林 寛・山本 正宗・上甲 和道
神戸植物防疫所国際課

ま え が き

極超短波（マイクロ波）加熱の特徴は、内部発熱、高能率の加温、および簡単な操作にあるが、最近急速に普及した家庭用電子レンジを、空港・海港で頻繁に旅客が携帯する少量の穀類、漢方薬等に附着する害虫の殺虫に利用できないかどうか検討を行なった。高周波による貯穀害虫の殺虫については、山本ら（1954）の報告があるが、筆者らは、出力 600W の家庭用電子レンジ（シャープ KK 製、ターンテーブル型、周波数 2450 MHz）による若干の知見を得たので、その概要を報告する。

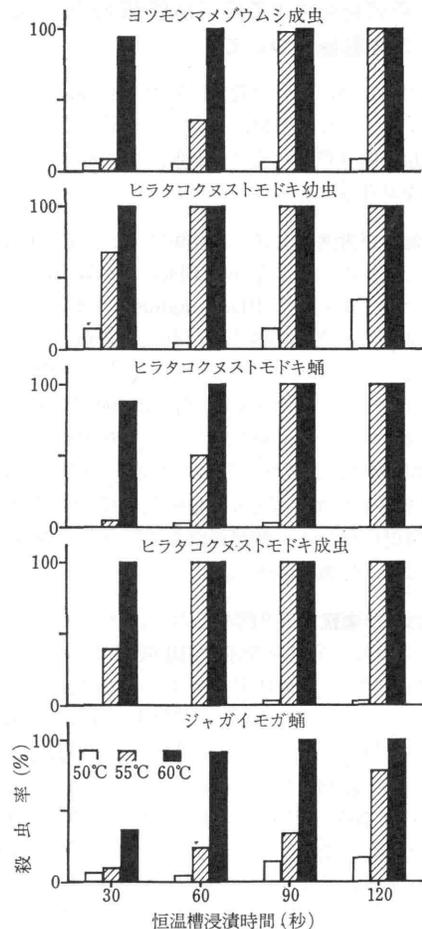
この試験を行なうにあたり、御指導、御援助いただいた横浜植物防疫所調査課川本登、神戸植物防疫所長岩切嶺、同国際課長江口照雄の諸氏に謝意を表する。

I 貯穀害虫の致死温度と時間の関係

加温による殺虫方法を植物検疫に適用する場合、出来るだけ短時間・低温度が望ましい。したがって、対象とする害虫の致死温度と時間を知る必要がある。よって電子レンジを用いる前にまず、恒温槽を用い、以下の試験を行なった。

材料および方法 供試虫は当所で累代飼育中のヨツモンマメゾウムシ *Callosobruchus maculatus* FABRICIUS (卵・成虫)、ヒラタコクスストモドキ *Triborium confusum* JACQUELIN DU VAL (幼虫・蛹・成虫)、およびジャガイモガ *Phthorimaea operculella* ZELLER (蛹) とした。各供試虫は、各態ごとに 30 個体（ヨツモンマメゾウムシの卵は、平均 3 卵産卵されたアズキ 10 粒）を 1 区とし、極薄膜質のゴム製袋に入れて、所定温度（45°C・50°C・55°C・60°C）に調節した恒温槽にそれぞれ 30 秒・60 秒・90 秒・120 秒間浸漬し、直ちに 25~28°C の水中で放冷し、ゴム製袋から供試虫をとり出し、ヨツモンマメゾウムシの成虫はアズキ 10 粒とともに、卵は産卵したアズキのまま、ヒラタコクスストモドキの

各態は小麦粉約 5g とともに、ジャガイモガの蛹は飼料を入れず、それぞれ試験管に入れて、28°C、75%RH で飼育し、成虫の羽化数を調べた。また、ヨツモンマメゾウムシとヒラタコクスストモドキの成虫については、処



第1図 3種昆虫の致死温度と浸漬時間の関係

理1日後に生死鑑別を行ない、その間飼料中に産卵された次世代の羽化成虫を調べた。なおヒラタコクヌストモドキ蛹については9回、その他については6回の反復を行なった。

結果および考察 第1図のとおり、(1)、ヨツモンマメゾウムシの成虫は、55°C・120秒および60°C・60秒の処理によって完全に死滅した。55°C・90秒および60°C・30秒において生存した成虫は、産卵能力を失ない、次世代成虫の羽化は認められなかった。

(2)、ヒラタコクヌストモドキの幼虫と成虫は、55°C・60秒、60°C・30秒ですべて死滅し、蛹は55°C・90秒、60°C・60秒ですべて死滅した。なお100%致死に到る各態の各温度と時間における生存率から、各態の温度感受性には、幼虫<成虫<蛹の関係が認められた。ジャガイモガの蛹は、60°C・90秒ですべて死滅した。

II 極超短波による高温が豆類の発芽におよぼす影響について

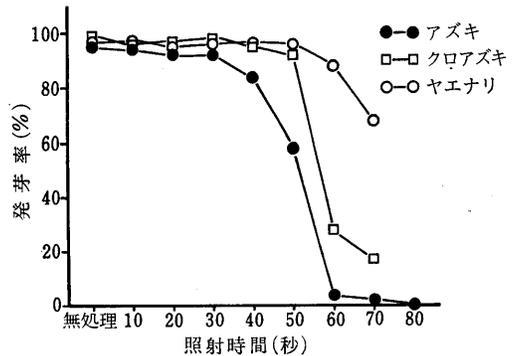
極超短波を照射された穀類に障害が生じることは好ましくない。よって、照射による豆の温度を調べ、さらに貯穀害虫の完全殺虫に要する照射が豆に障害を与えるかどうかを発芽率によって調べた。

材料および方法 供試した豆類は、アズキ(北海道産大納言)、黒アズキ(韓国産 Black Small Bean)およびヤエナリ(タイ国産 Black matpe)であって、各種ごとに事務用美濃表紙製円筒(直径4.5cm、高さ10.0cm、下から3.5cmのところをガーゼを張って底としたもの)に50gを入れたもの4個、計200gを1区とし、これをターンテーブル中央において、10秒から80秒まで10秒間隔で、各種類ごとに1区ずつ照射し、照射後30秒間サーミスターにより容器中央の豆の温度を測定した。照射した豆は、測温後直ちに放冷し、28°Cの定温器中において発芽させた。

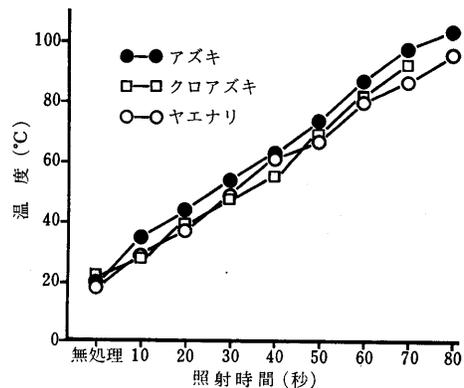
結果および考察 第2図のとおり、20%の発芽障害、すなわち80%の発芽率を示す照射時間は、ヤエナリでは64秒、アズキでは41秒、黒アズキでは52秒であった。これによると、20%の発芽障害を受ける照射時間は、豆の種類によって著しく異なることがわかる。

第3図に照射時間と豆の温度上昇を示した。第2図より得られた20%の発芽障害を示す照射時間における豆の温度は、第3図からヤエナリでは81°C、アズキでは62°C、黒アズキは71°Cであることがわかる。

ヨツモンマメゾウムシの致死温度、およびその時間は、試験Iのとおり55°C・120秒か、60°C・60秒である



第2図 極超短波加熱が各種豆類の発芽能力におよぼす影響



第3図 照射時間と豆の温度

ので、この程度の処理では、ここに供試した3種の豆類に対し、顕著な障害を与えないと思われる。

III 極超短波によるヨツモンマメゾウムシとヒラタコクヌストモドキの殺虫

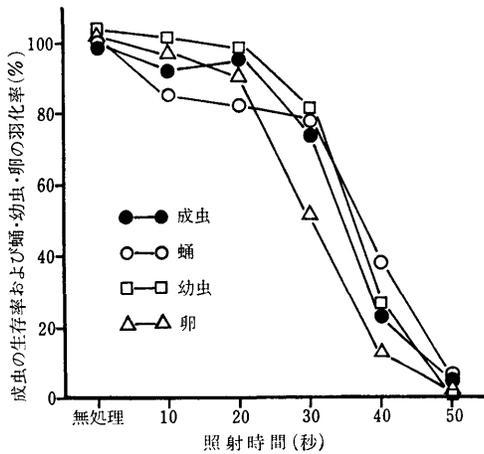
試験Iのとおり、ヨツモンマメゾウムシ成虫とヒラタコクヌストモドキの成虫・蛹・幼虫は55°C・90秒または60°C・30秒の処理で、すべて死滅するか、次世代生産能力を失うことから、この2種類の貯穀害虫が穀類に寄生・附着した状態で処理した場合の、照射時間と発熱温度および殺虫効果を、次の方法によって調査した。

材料および方法 供試虫は、前記と同じヨツモンマメゾウムシおよびヒラタコクヌストモドキとし、試験IIと同じ事務用美濃表紙製円筒に、ヨツモンマメゾウムシ成虫はアズキ50gの中に30個体を放飼し、上面をガー

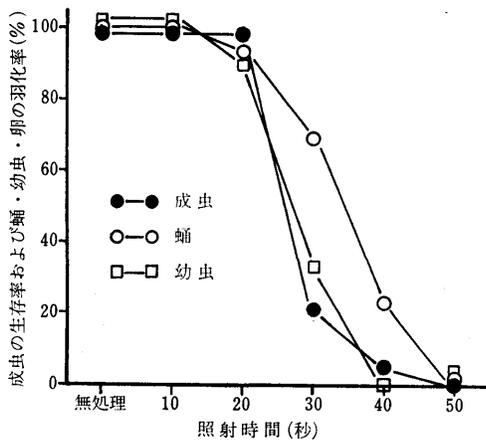
ぜで覆ったものを1区とし、卵・幼虫・蛹については寄生アズキ 30粒を他のアズキと混合して 50g としたものを各1区として用い、ヒラタコクヌストモドキでは、各態ごとに 30 個体を 50g の小麦粉に放飼・混合して、上面をガーゼで覆ったものを各1区として用い、別に 50g (1個) を加えて照射した。照射時間は 10 秒、20 秒、30 秒、40 秒、50 秒であった。

この試験に用いたアズキの含水率は、17.0~18.0%、小麦粉は 12.5~13.0% であった。

結果および考察 第4図のとおり、アズキ 200g と共に照射したヨツモンマメゾウムシに対する殺虫効果は、30 秒照射区 (温度 51.0~56.0°C, 平均 53.9°C) から



第4図 極超短波加熱によるヨツモンマメゾウムシ各態の殺虫効果



第5図 極超短波加熱によるヒラタコクヌストモドキ各態の殺虫効果

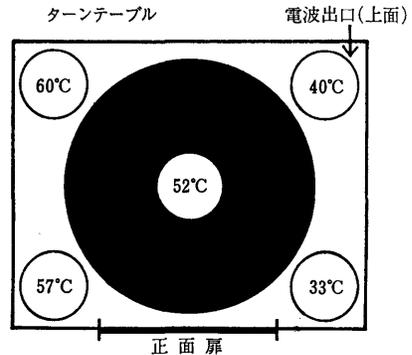
あらわれはじめ、50 秒照射 (温度 67.0~76.0°C, 平均 72.4°C) ではほぼ完全に殺虫された。

しかし、この 50 秒照射について、5 回行なった試験のうち、卵・幼虫で各1回少数ながら (卵 5.3%, 幼虫 3.8%) 生存虫を認め、蛹では 2回 (8.1%, 15.6%) 生存虫を認めた。成虫では 3回反復したうち 1回に 8.5% の生存虫が認められた。

ヒラタコクヌストモドキでは、第5図のとおり、効果は 30 秒照射からあらわれはじめ、幼虫では 40 秒 (温度平均 61.0°C)、蛹および成虫では 50 秒 (温度平均 70.5°C) ですべて死滅し、殺虫効果は完全であった。本試験での致死温度は、幼虫は 61.0°C、蛹・成虫は 70.5°C と、試験 I と比較し 5~10°C 高い温度であった。しかし、各態の温度感受性の傾向は、ほぼ同じであった。

IV 電子レンジ作動中の温度測定と加熱速度の調節

試験 2 および 3 から当レンジによる発熱については、穀類の種類によって異なり、また第6図のとおり、レンジ内の位置によっても発熱の差が認められる。極超短波照射においては、レンジの作動と同時に急速に温度が上昇し、被照射物中に挿入した棒状水銀温度計の水銀柱の上昇がこれに追従することができないため、被照射物内の温度を正確に測定することが困難である。また被照射物が少量の場合、オープン内の温度上昇が早いため、焦げることがある。このため、オープン内の温度上昇をある程度抑える必要がある。これには、電波吸収材として水を容器に入れ、これをオープン内に配置することが考えられる。本試験では、水を電波吸収材として使用し、水の量、露出面積、温度について指示温度になるまでの



第6図 電子レンジ内各部の発熱の差異
オープン内に水 200cc を入れたビーカー 5 個を 240 秒間照射した場合の水溫

昇温時間および処理後の被照射物の温度を調査した。

材料および方法 測定器として棒状水銀温度計、電波吸収材として水、被照射物として大豆（アメリカ産、含水率12.1%）100gを用い、温度測定の方法は、当レンジの天井中央に孔を開け、アルミ箔で被覆した温度計を挿入してアースをとり、温度計の先端を被照射物に入れて測温し、被照射物が温度計の示度で60°Cになるまで照射したのちとりだし、120秒間測温した。

結果および考察 極超短波照射処理においては、被照射物の温度が指示温度になり、さらに指示温度への昇温時間の長いことが望ましい。

第1表、第2表に、照射室内に配置した水の露出面積、量、温度が照射を受ける大豆の昇温時間に与える影響ならびに処理後の大豆の温度変化について示した。

第1表によれば、水の量を多くするにしたがって、被照射物の昇温時間が長くなる。しかし、同量の水においては、水の露出面積が大きくなって、昇温時間には一定の傾向はみられない。

水の露出面積が小さい時には、処理後の大豆温度は、水の量が増加するにつれて低くなるが、露出面積が大き

い時には、水の量に関係なく、大体同じであった。よって第1表より水の量、露出面積について一般的効果を述べることはできないが、露出面積173cm²で2000mlの場合が、昇温時間、処理後の変化とも一番よい結果を得ることができた。水の温度と昇温時間との関係は、第2表よりほとんどないといえる。

V 極超短波加熱と検疫殺虫

現在市販の電子レンジをそのまま植物検疫に使用する目的のもとに、空港・海港に頻繁に携帯され、殺虫処理も面倒である韓国産薬用乾燥朝鮮人蔘を対象とし、次の試験を行なった。

材料および方法 供試した朝鮮人蔘は厚紙製箱（縦23cm、横15cm、高さ4.5cmで、上蓋は薄いアルミラミネート印刷紙が貼ってある）、に乾燥した人蔘（含水率13.2~14.2%）300gが収容された総重量約500gのものであって、内袋（アルミ箔製）を取り除いて、箱にいれたまま1箱ずつ照射した。供試虫は1箱につき、ヒラタコクヌストモドキの各態を第7図のように10個体

第1表 照射室内に配置した水の露出面積および量が照射を受ける大豆の昇温時間に与える影響ならびに処理後の温度変化

水の露出面積	水の量	試験回数	処理前の温度		昇温時間 ⁽¹⁾	処理後の大豆の温度変化			
			水	大豆 ⁽²⁾		30秒後	60秒後	90秒後	120秒後
173 ⁽³⁾	1000 ^{cc}	10	12.0 ^{°C}	15.0 ^{°C}	202 ^秒	69.0 ^{°C}	74.0 ^{°C}	75.0 ^{°C}	74.0 ^{°C}
	2000	10	14.0	18.0	359	61.5	64.5	63.0	63.0
	3000	10	15.0	17.5	499	54.5	57.0	57.0	56.0
750 ⁽⁴⁾	500	3	14.5	16.0	187	64.0	65.0	65.0	64.0
	1000	3	14.0	16.0	195	59.0	65.0	65.0	65.0
	2000	3	13.5	17.0	407	65.0	65.0	65.0	63.5

注 (1) 極超短波照射による昇温時間はオープン内の大豆の温度が60°Cに昇温するまでの照射時間である

(2) 大豆は1回に100gを使用した

(3) 内径10.5cmのガラス容器2コをターンテーブルに配置

(4) 内径31.0cmの大型シャーレをターンテーブルに配置

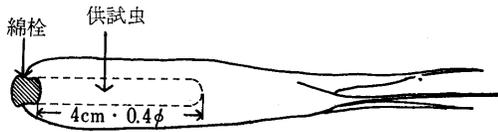
第2表 照射室内に配置した水の温度が、照射を受ける大豆の昇温時間に与える影響ならびに処理後の温度変化

水の温度	水の量 ⁽³⁾	試験回数	処理前の大豆の温度	昇温時間 ⁽¹⁾	処理後の温度変化			
					30秒後	60秒後	90秒後	120秒後
4.0 ^{°C}	2000 ^{cc}	4	17.0 ^{°C}	393 ^秒	63.0 ^{°C}	66.0 ^{°C}	66.0 ^{°C}	68.0 ^{°C}
	3000	2	18.0	483	51.5	54.0	55.0	54.0
30.0	2000	3	17.0	382	62.0	65.0	65.0	64.5
	3000	3	18.5	458	51.0	54.0	55.0	54.0

注 (1) 極超短波照射による昇温時間はオープン内の大豆の温度が60°Cに昇温するまでの時間である

(2) 大豆は1回に100gを使用した

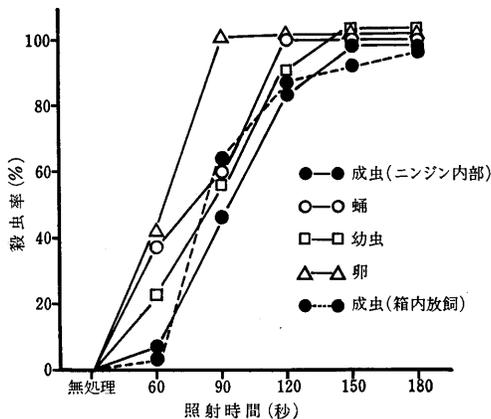
(3) 水の露出面積は173cm²で、内径10.5cmのガラス容器2コをターンテーブルに配置



第7図 朝鮮人参内に封入した殺虫効果判定用供試虫

(卵は薄い和紙で包む) ずつ人参の中に封入し、箱内対角線上3個所に配置し、さらに成虫30個体を箱内に放飼したものを1区とし、ターンテーブル中央部に蓋を上にして置き、60秒から180秒まで5段階の各時間1区ずつ照射した。照射60秒後に箱内空間の温度を測定し、直ちに開封して放冷し、供試虫を取り出し、各態ごとに28°C・75%RHの定温器内で飼育し、卵は処理2週間、他は1週間後に生存虫・死虫の個体数を調べて殺虫効果を判定した。

結果および考察 朝鮮人参1箱を180秒間照射することにより、すべての供試虫は死滅し、かつ、人参の外見上の変化も認められなかった。照射時間別の殺虫効果については、60秒照射区から人参内の卵・蛹・幼虫・成虫の順に殺虫効果があらわれはじめ、90秒では卵が、120秒では蛹が、150秒では幼虫と成虫がすべて死滅したが、箱内に放飼した成虫は120秒、150秒照射区で少数生存していた。これらの生存虫は、全て、箱の隅に附着したものであった。これは、その部分の電波特性によるものか、あるいは箱内の熱拡散が箱の隅までゆきわたらなかったためと思われる。



第8図 箱入り朝鮮人参の各部に設置したヒラタコヌストモドキ各態の殺虫効果

ま と め

極超短波加熱による貯穀害虫の短時間加熱殺虫を植物検疫に利用する目的のもとに、家庭用電子レンジ(シャープKK製、ターンテーブル型、出力600W、周波数2450MHz)を用い、その実用化の可否につき各種試験を行なった結果、次のことが明らかとなった。

(1) 貯穀害虫の致死温度と時間について、供試虫をゴム製袋で包み、恒温槽に浸漬し調べたところ、ヨツモンマメゾウムシの成虫と、ヒラタコヌストモドキの幼虫・蛹・成虫は、55°C・120秒または、60°C・60秒ですべて死亡した。参考までに用いたジャガイモガ蠅は、60°C・90秒ですべて死亡した。

(2) 極超短波照射による高温が豆類の発芽におよぼす影響について、20%の発芽障害を生じるのは、ヤエナリでは81°C、アズキでは62°Cで、黒アズキは71°Cであった。

(3) 極超短波照射によるヨツモンマメゾウムシとヒラタコヌストモドキ各態の穀類に寄生した状態での殺虫効果は、ヨツモンマメゾウムシ各態では、アズキ200gとともに照射し、50秒照射(平均72.4°C)によりほぼ殺虫されたが、少数の生存虫が各態に認められた。ヒラタコヌストモドキでは、幼虫は40秒照射(平均61.0°C)で、蛹と成虫は50秒照射(平均70.5°C)ですべて死亡した。

(4) 電子レンジ作動中に被照射物の温度測定方法を考察した結果、棒状水銀温度計にアルミ箱を被覆して、電子レンジの天井から被照射物中に挿入し、被照射物が少量の場合は、水を電波吸収材として入れればその测温が可能となることが明らかとなった。

(5) 極超短波加熱を植物検疫の実用に供するため、箱入り朝鮮人参(人参300g入り、総重量約500g)1箱ずつについて、照射時間と殺虫効果を、ヒラタコヌストモドキの各態を用いて調べたところ、180秒照射により、人参の内部に、および箱内空間に放飼したすべての供試虫は殺虫され、人参に外観上の変化も認められないことから、十分実用に供しうらと思われる。

引用文献

- 山本 勇, 山下不二雄, 川崎倫一, 川本 登 (1954) 高周波による貯穀害虫の駆除, 山本勇編 最新の高周波応用(第3集) 144~149 pp. コロナ社 東京