

DDTの殺虫力と温度との関係

山崎輝男

(東京大学農学部)

DDTの殺虫力は薬量を適当に選べば、低温の方が高温より有効だということは、多くの研究者によつて報告されている。例えば、イエバエ、ワモンゴキブリ、ハマダラカ、ミツバチ、ナンキンムシ、コクヌストモドキ、キアシバツタ、コフキコガネなど数多くの昆虫について、このことが実証されている。また更に興味あることは、DDTによる中毒症状は温度に関して可逆的であるということである。即ち、中毒症状が余り進行しないうちならば、15°C位の低温で中毒症状の現われている虫を、30°C位の高温に移すと中毒症状は消失する。しかし、この虫を再び低温に移すと症状はまた現われる。このようにDDTは低温の方が有効である理由、即ち負の温度係数(negative temperature coefficient, 以下 n. t. c. と略記)をもつのは何故であるかということについては、種々な観点から説明が行われている。これらについて解説を試みることにする。

種々な観点というのは、大きく分けると、(1)皮膚吸着、浸透、(2)解毒、(3)脂肪内貯蔵、(4)新活性物質、(5)生理的感受性(特に神経感受性)の五つに分けられる。

(1) 皮膚吸着、浸透：これはいわゆる皮膚説である。最初 Fan 一派がネツタイシマカ幼虫は DDT 懸濁液中では低温が効き、注射すると高温が有効であ

つたことから、低温の方が高温より皮膚吸着が多いためであると説いた。しかし、ワモンゴキブリでは topical application (局所施用)でも、注射でも低温の方が有効であつたことから、Vinsonその他はアイソトープの入つた DDT を用いて皮膚浸透を調査したところ高温の方が低温より浸透がよいことが判明した。従つて皮膚浸透因子は殺虫力の温度係数を正(positive)に向かわせているわけである。Vinsonの結果から計算した DDT の皮膚浸透力の Q_{10} 値(温度 10°C 上る時、反応速度が何倍になるかを示す値)も第 1 表に示すように 1.41~1.58 を示している。

このような次第で、皮膚説では DDT の n. t. c. を説明することはできない。

(2) 解毒：DDT は周知のように昆虫体内で分解され DDA (dichloro diphenyl acetic acid) とか DDE (dichloro diphenyl dichloroethylene), その他未知の無毒物質に変ることが知られており、またこの分解解毒は昆虫体内にある酵素作用によると考えられている。従つて当然低温より高温の方が解毒が盛んであることが予想される。そこで DDT は低温の方がよく効き、高温の方が効かないと解釈するのがこの解毒説である。事実 Vinson その他は、解毒は 15°C より

第 1 表 ワモンゴキブリに対する DDT 作用の Q_{10} 値

DDT の 作用	温度(°C)	Q_{10}	計算の資料			
皮膚浸透力	15~35	1.414~1.581	Vinson & kearns ('52)			
解毒力 注射後 12 時間	薬量 4 r/g " 8 " " 12 " " 20 " " 20 "	15~35	1.024	} 同上		
		"	1.113			
		"	1.500			
		" 18 "	" 20 "	"	1.457	} 同上
		" 30 "	" 20 "	"	1.906	
殺虫力 (1/LD50) 注 射 Topical application	15~35	0.377~0.277	} 同上			
	"	0.365~0.223				
中毒症状発現力	15~35 16~30	<0.258 0.3167 > Q_{10} > 0.1177	同上 山崎・石井 ('54)			
神経感受性 (train 発現力)	16~30	0.1813	同上			

※筆者は講演の時は殺虫剤の作用機構と題して、作用機構に関する総合的な話を行つたが、ここでは紙数の関係上、講演中の DDT の殺虫力と温度との関係の項についてのみ記載した。この点ご了承願いたい。

30°Cの方が強いことをワモンゴキブリを用いて実験的に証明している(第1表参照), イエバエでも同様なことが証明されている。従つて解毒力は高温の方が強い, 即ち正の温度係数(Positive temperature coefficient, 以下 p. t. c. と略記)であることは, 結果的には殺虫力が n. t. c. を示す一因となつている。しかし, これはあくまで一因で温度による解毒力の相違だけで殺虫力の n. t. c. を説明することはできない。即ち, もし低温の方が有効なのは解毒力が弱いためであるとすると, 中毒症状の可逆性を説明するには, 解毒反応が可逆的であり, しかもその平衡点が温度によつてずれると考えねばならない。ところが, DDTの分解物と考えられる DDE や DDA を虫に注射しても DDT は合成されないことが Sternburg 一派により確認されている。このことから考えても解毒反応が可逆反応であるとはいえない。従つて解毒は殺虫力の n. t. c. の一因として説明することはできるが, これだけでは十分に説明することはできない。

(3) 脂肪内貯蔵 : Hurst や Munson その他によつて唱えられている説で, DDT は体内脂肪に貯えられ, その貯蔵が高温の方が多量で低温の方が少ない。そのため高温だと DDT は脂肪に貯えられ作用点まで届かず効かなくなり, これが低温になると析出してきて作用点に働いて効くというのである。また Munson は, 同一昆虫でも DDT 処理前に保たれた温度(例えば飼育温度)で, 体脂肪の性質(沃素価即ち不飽和度)が異なつてくるので, DDT を溶かして貯える能力も当然異なつてくる。従つて処理前に昆虫がどんな温度におかれていたかということで DDT の殺虫力の n. t. c. の程度も異なることを指摘している。いまこの脂肪貯蔵説をワモンゴキブリを例にとつて考えてみると, この虫の体重は大体: 1g, 脂肪含有量は 2~3% であるから, 3% としても 30mg, それに DDT が溶けるのは 35°C 位で 20~30% であるから, これを 30% として約 10mg である。このような多量な DDT が 1 匹の虫体内に入ることは考えられない。そうでないと考えるとこのように多量でなくても, どこか特別の場所の脂肪体に DDT が選択的に貯えられ, これが温度によつて貯えられたり, 放出されたりすると考えねばならない。しかし, これらの点については現在のところ何も立証されていない。

(4) 新活性物質 : Sternburg や Kearns らが唱えた説で, DDT 中毒で痙攣期にあるワモンゴキブリの血液中には DDT 以外の毒素が見出され, この毒素の出現や消失が, 温度の変化による中毒症状の出現や消失と密接な平行関係にあるという新活性物質説であ

る。この毒素が何であるか, その化学的性質については不明であるが, これは全く新説である。毒素の出現消失が可逆的で, しかも中毒症状の可逆性と一致しているのは興味ある事実である。しかし, この説については現在のところ, 未だ不明な点が多い。

(5) 生理的感受性(特に神経感受性) : ワモンゴキブリを適当な葉量で注射処理し, ある時間経過してからゴキブリ体内に残存している解毒されない DDT の絶対量を, 処理後低温(15°C)においたものと, 高温(35°C)においたものについて比べてみると, 35°Cの方が, はるかに DDT 量が多い時でも中毒症状を示さず, 15°C のものは中毒症状を示している。即ち高温区の虫体内には低温区の虫に中毒症状を現わさしめるに充分な DDT があるにも拘らず中毒症状を示さない。また, このような場合, 低温区の虫を高温区に移すと症状は消失し, これを再び低温に戻すとまた症状が現われる。このように, 中毒症状を起させる葉量が温度によつて異なることも, 前述の解毒説だけでは説明できない一因である。これによつて, Vinson や Kearns らは DDT の毒作用の n. t. c. は, 温度によつて "the intrinsic susceptibility of some physiological system to DDT" が異なるためであろうと推論した。即ち, 温度によつて DDT に対する昆虫の生理的系統の感受性が異なるためであるとしたのであるが, この生理的系統とは何であるかについては何ら言及していないのである。そこで筆者ら(山崎, 檜橋)は生理的系統として神経系統を取り上げ, 神経の DDT 感受性が温度によつて相違することをワモンゴキブリを用いて実証した。

DDT の作用点は神経, 特に神経細胞(neuron soma)の部分であり, その一次的作用は興奮性の増大であることが既に明らかにされている。例えばワモンゴキブリを DDT で処理し, 脚の感覚神経の活動電位の変化をオシログラフで電気的に調べると, train(連続した反復興奮波)の発生が認められる(スライドで説明)。このように興奮性が増大するとシナプス(神経と神経との接続部)における興奮伝達の様相が変化し, 中毒初期症状である拳動変調や, 運動失調が起り, それに続いて中毒症状の痙攣や麻痺が神経の二次的機能障害として起り, 終にその症状の延長として死が起ると考えられる。

DDT の中毒症状は, 温度に関して可逆的であることは前述の通りであるが, この train の発生は中毒症状の発現と密接な関係があつて, 低温の時に発生し, 高温に移すと消失し, また低温に戻すと発生するというように, 可逆的であることも実証された(スライド

で説明)。

温度による神経の DDT 感受性の相違は、このように定性的に train の発生状態によつて利用したばかりでなく、定量的にも比較的満足すべき値が得られている。即ち第 1 表の如く、中毒症状発現力は $0.3167 > Q_{10} > 0.1177$ で、train 発現力 (神経感受性) の Q_{10} 値は 0.1813 でほぼ同じ値を示している。

以上のような結果から、DDT は低温の方がよく効くということと、中毒症状が温度に関して可逆的であるということは、神経の DDT に対する感受性が低温で大でありかつ温度に関して可逆的であるということが、最も大きな要因であると結論したい。

低温の方が DDT による train が発生しやすいのは

何故であるかが問題であるが、一般に神経や筋肉は低温の方が反復興奮を起しやすいことは周知の事実である。従つて低温の方が神経は反復興奮しやすい状態にあり、それに一次的作用として反復興奮性を増大させる DDT が作用するので一層強く現われるものと考えられる。

また、神経の DDT 感受性が何故 n.t.c. を示すかは、今後の研究にまたねばならないが、ただ考えられることは DDT が神経原形質膜に直接働いて、イオン例えば Na とか K などの透過性を変化せしめるためか、或いは原形質膜を通してのイオンの移動に関係のある諸因子に生化学的影響を与えるためではなからうかということである。