

И. В. КОЖАНЧИКОВ

О СПЕЦИФИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОБМЕНА НАСЕКОМЫХ К ДИХЛОРДИФЕНИЛТРИХЛОРМЕТИЛМЕТАНУ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 27 III 1947)

Многие виды насекомых обнаруживают необычайную устойчивость к разнообразным и сильным ядам, например, к сероуглероду, синильной кислоте, парадихлорбензолу и другим. Одним из препаратов, используемых в современной практической энтомологии, является дихлорфенилтрихлорметилметан (ДДТ). Изучение влияния этого вещества на обмен насекомых дало новые факты для характеристики специфики его.

Был использован химически чистый ДДТ в 5% смеси с порошковидным тальком, из расчета 0,01% чистого ДДТ на единицу живого веса насекомого. Препарат вносился сухим в форме порошка на поверхность тела насекомого, через которую всасывался. Для исследования служили разные виды насекомых в разные фазы развития. Так, были исследованы медленно и быстро растущие виды, потребители детрита, древесины, низших растений, зеленых растений, животного белка или многоядные виды. Воздействию подвергались насекомые в разных состояниях: в период роста, эмбриогенеза, метаморфоза, до созревания половых продуктов, в период половой деятельности, в состоянии диапаузы, в момент линьки. Для общей характеристики действия ДДТ на каждый объект изучался не менее, чем на нескольких десятках особей, для которых принят средний летальный срок его действия. Для большинства видов в таких экспериментах использовано 100—300 особей в ряде повторных экспериментов. Почти все эксперименты проведены при 20°С. Влияние ДДТ на обмен изучалось в модифицированных приборах Баркрофта и Винтерштейна.

Ядовитое действие ДДТ на насекомых специфично. В любой фазе развития насекомые могут быть убиты этим веществом, или оно может быть для них безвредно. Вполне устойчивы к ДДТ, например, жуки *Spondylis buprestoides*, гусеницы *Hyponomeuta (evonymellus)* и *malinellus*, куколки *Gastroidea*. С другой стороны (табл. 1 и 2), очень быстро погибают имаго *Calliphora*, *Musca* или *Anisoplia*, личинки *Agelastica* или гусеницы совки *Barathra*. Точно так же от действия ДДТ погибают куколки *Vanessa*, *Calliphora* и *Pieris*, но лишь в последних стадиях метаморфоза. Это же наблюдается и для яиц саранчи (*Locusta migratoria*) и листоеда (*Agelastica*), но также лишь в последних стадиях эмбриогенеза. Наибольшую устойчивость к действию ДДТ проявляют куколки и яйца насекомых, ядовитое влияние на которых если и наблюдается, то лишь на конечных стадиях развития.

Чувствительность к ДДТ может быстро сменяться устойчивостью к нему при смене физиологического состояния особи. Энергично растущие личинки листоеда *Agelastica* или личинки мухи *Calliphora* чувствительны к ДДТ, тогда как с момента прекращения питания и

окончания роста они к нему устойчивы. Точно так же в период линьки насекомые не чувствительны к действию ДДТ, хотя после нее могут реагировать иначе. Специфичное отношение насекомых к ДДТ не может быть объяснено характером их покровов. Так, толстые и прочные покровы жуков оказываются для него проницаемыми, тогда как куколки жуков (*Cetonia*) к нему устойчивы, несмотря на тонкие и нежные покровы. Но прочные покровы пуария мух и куколок бабочек оказываются проницаемыми для ДДТ.

Таблица 1

Устойчивость к ДДТ некоторых насекомых

Название вида	Устойчивость к действию		Интенсивность потребления кислорода, в мм ³ на 1 г живого веса в 1 час
	ДДТ, в часах	эфира, в минутах	
Имаго			
<i>Agelastica alni</i> (незрелые самки)	50 (17—92)	5	1472
<i>Agelastica alni</i> (зрелые самки)	20 (3—22)	5	1267
<i>Agelastica alni</i> (зрелые самцы)	32 (9—67)	5	1283
<i>Platystomus allinus</i> (после диапаузы)	576 (до 600)	15	54
<i>Spondilis buprestoides</i>	не гибнут	30	2896
<i>Cetonia aurata</i>	75 (51—114)	30	895
<i>Anisoptia austriaca</i>	3 (3—4)	—	—
<i>Calliphora erythrocephala</i>	3 (3—4)	10	1250
Куколки			
<i>Gastroidea viridula</i>	не гибнут	30	600
<i>Cetonia aurata</i>	» »	не гибнут	119
<i>Spondilis buprestoides</i>	» «	» »	2318
<i>Calliphora erythrocephala</i>	гибель лишь в последней стадии	более 180	350

Не дает оснований для понимания действия ДДТ и строение нервной системы, так как действие его может быть очень различным при тождественном строении нервной системы в разные моменты жизни особи. Примером могут служить личинки *Agelastica* и *Calliphora*, устойчивые в разные моменты развития (табл. 2). Напротив, биология разных видов дает определенную связь с их устойчивостью к ДДТ. Почвенные насекомые, потребители детрита и древесины, а также фазы развития, мирящиеся с недостатком кислорода, как куколки и яйца, обнаруживают значительную или полную устойчивость к действию ДДТ. При этом нет простой связи устойчивости насекомых к ДДТ с интенсивностью обмена. Энергично потребляющие кислород гусеницы *Hyponomeuta* (*evonymellus* и *malinellus*) или личинки *Hylemyia* так же устойчивы к ДДТ, как и имеющие низкий обмен личинки жуков *Spondilis* или долгоножек *Tipula* (табл. 2). Тем не менее, в онтогенезе одного и того же вида всегда есть связь интенсивности обмена со степенью убывающего действия ДДТ.

Более определенные указания на причины устойчивости насекомых к ДДТ дают эксперименты. При отравлении ДДТ диапаузирующих яиц азиатской саранчи (*Locusta migratoria*) или куколок капустной белянки (*Pieris brassicae*) гибели не наблюдается, но после окончания диапаузы они гибнут (рис. 1 и 2). Что в период диапаузы ДДТ не нарушает нормального состояния организма, можно видеть на рис. 1. Подсушивание диапаузирующих яиц саранчи в одинаковой степени снижает обмен как яиц, отравленных ДДТ, так и нормаль-

ных. После увлажнения и те и другие вполне восстанавливают обмен. Но после окончания диапаузы наступает подавление обмена влиянием ДДТ. Обмен куколок несколько более устойчив к влиянию ДДТ и даже после диапаузы ДДТ не оказывает влияния на обмен. Гибель куколок наступает после возрастания газообмена их почти до максимума (рис. 2).

Приведенные кривые показывают, что ДДТ не подавляет обмена, устойчивого к синильной кислоте. Работами Bodine (2) установлено, что яйца саранчового *Melanoplus* в состоянии диапаузы типичны устойчивостью обмена к синильной кислоте, тогда как после диапаузы она

подавляет обмен развивающегося эмбриона. Таково же действие ДДТ на диапаузирующие яйца азиатской саранчи. Но полной аналогии между действием ДДТ и синильной кислоты, может быть, и нет. Обмен развивающихся куколок тормозится синильной кислотой, но в то же время он вполне устойчив к ДДТ, за исключением иногда лишь последних моментов метаморфоза. Следует, впрочем, отметить, что изученность степени влияния синильной кислоты на обмен куколок насекомых еще пока недостаточна. Среди насекомых есть достаточно примеров высокой устойчивости к HCN даже в стадии имаго, как то известно для *Curculionidae* из *Coleoptera*, или *Anthroceridae* из *Lepidoptera* (8). Это подтверждается также значительной и ли полной устойчивостью куколок некоторых видов насекомых (*Cetonia*, *Spondilis*, *Calliphora*) к наркозу серным эфиром. Последнее нужно особенно подчеркнуть, так как этот факт указывает, что не только в состоянии диапаузы, но и во время развития насекомых система дегидрирующих ферментов отлична от обычной схемы Виланда-Тунберга (4).

Черты влияния ДДТ на обмен насекомых, сближающие его в известной степени по физиологическому действию с синильной кислотой, связаны, повидимому, с некоторыми его физическими свойствами. ДДТ растворим в липоидах, но совершенно не растворим в воде. Контакт липоидов и плазмы в клетках и на их поверхностях должен всегда создавать условия для локализации действия ДДТ на поверхностях раздела. Возможно поэтому ДДТ и выступает ингибитором только системы структурного катализа и, может быть, здесь даже более ограниченным, чем синильная кислота.

Отмечено множество видов насекомых, гибнущих от ДДТ, но без достаточной характеристики условий действия препарата. Некоторые более точные работы содержат факты, согласные с тем, что изложено выше. Так, Barnes (1) указывает на большую устойчивость постельного клопа (*Cimex lectularius*) в состоянии окончивших рост и голодных особей, и при низкой температуре по сравнению с растущими личинками, в момент созревания половых продуктов у имаго, и при высокой температуре.

Полученные результаты показывают, что использование ДДТ для истребления вредных насекомых целесообразно лишь в отношении видов с высокой интенсивностью метаболизма, и даже далеко не всех. Факт быстрой смены физиологического состояния у насекомых при глубоких изменениях обмена делает необходимым длительный

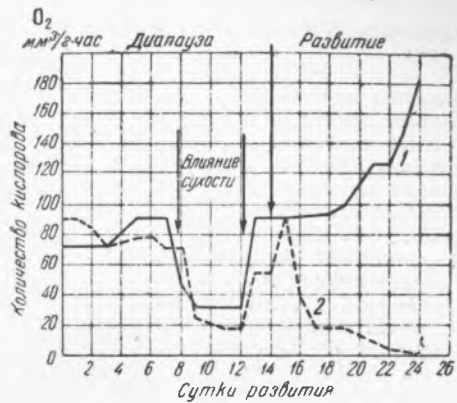


Рис. 1. Влияние ДДТ на газообмен яиц азиатской саранчи в период диапаузы и после нее (пунктирная линия). Сплошная линия — контроль

Устойчивость к ДДТ личинок некоторых видов насекомых

Название вида	Стадия	Устойчивость к действию		Интенсивность потребления кислорода, в мм ³ на 1 г живого веса в 1 час
		ДДТ, в часах	эфира, в минутах	
<i>Agelastica alni</i>	2	28 (18—45)	15	—
» »	3	49 (3—75)	10	1290
» »	про-	не гибнут	10	—
<i>Spondylis buprestoides</i>	нимфы	» »	20	231
<i>Cetonia aurata</i>	1	36 (30—40)	—	445
<i>Cetonia aurata</i>	3	не гибнут	4	282
<i>Agrotis lineatus</i>	3	264 (240—280)	—	15
<i>Aihous niger</i>	3	192 (180—200)	—	134
<i>Barathra brassicae</i>	5	16 (10—38)	—	687
<i>Lasiocampa quercus</i>	5	120 (48—148)	—	587
<i>Hyponomeuta evonymellus</i>	5	не гибнут	20	909
<i>Vanessa urticae</i>	5	» »	20	947
<i>Tipula</i> sp.	3	» »	10	499
<i>Hylemyia antiqua</i>	3	» »	14	1262
<i>Calliphora erythrocephala</i>	1	21 (18—24)	10	—
» »	2	80 (72—85)	20	—
» »	3	150 (140—120)	40	—
» »	про-	не гибнут,	—	—
	нимфы			

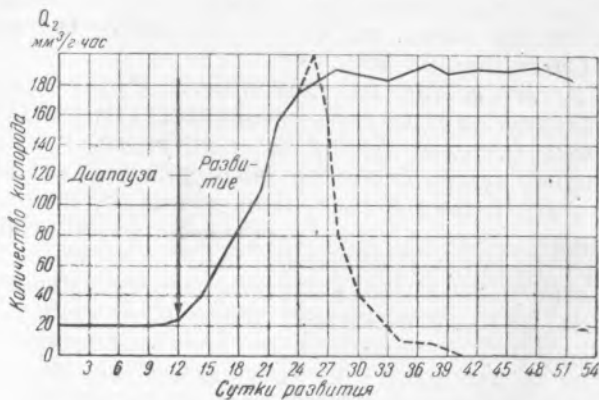


Рис. 2. Влияние ДДТ на газообмен куколки капустной белянки в период диапаузы и после нее (пунктирная линия). Сплошная линия — контроль

контакт объекта с препаратом, а потому, конечно, специфических условий его применения.

Изложенный материал показывает также на большую сложность конкретных условий действия токсических веществ в организме насекомых. Руководящими моментами здесь могут быть прежде всего конкретные черты тканевого обмена, как то, например, рисует Кейлин (4) или Винтерштейн (3), но не общие физико-химические схемы.

Зоологический институт
Академии Наук СССР

Поступило
27 III 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ S. Barnes, Bull. Entom. Res., 36, 419 (1946). ² J. Vodine, J. Cell. Comp. Physiol., 4, 397 (1934). ³ Винтерштейн, Усп. совр. биол., 5, 940 (1936). ⁴ Д. Кейлин, там же, 5, 309 (1936) ⁵ O. Kestner u. R. Plaut, Handb. vergl. Physiol., 2, 968 (1924). ⁶ И. Кожанчиков, ДАН, 27, 81 (1940). ⁷ И. Кожанчиков, Журн. общ. биол., 7, 49 (1946). ⁸ U. Rossi, Z. allgem. Physiol., 16, 42 (1914).