الباب الأول

علم السموم (التوكسيكولوجي)

obeikandl.com

obeikandl.com

علم السموم (Toxicology) : هو فرع من العلوم المختص بدراسة تأثير الجرعات المختلفة من السموم علي النشاط البيولوجي (Biological activity) و فاعلية وظائف أجهزة الجسم المختلفة من حيث :

- دراسة تأثيراتها المختلفة و التي غالبا ما تكون عكسية (Adverse effects) و تتراوح في حدتها بين تأثيرات بسيطة (Slight effects) إلي تأثيرات حادة (Sever effects) و لا تحدث تلف مستمر في وظائف أعضاء الجسم المختلفة المتأثرة بها(Not-permanent damage) .
- دراسة تأثيراتها الغير عكسية (Not-adverse effects) حيث تحدث تأثيرات تؤدي إلي تلف مستمر في أعضاء أجهزة الجسم فلا تعود لحالتها الطبيعية مرة أخري و غالبا ما تنتهي بالموت خاصة إذا ما كان تأثير المادة علي خلايا أنسجة الجهاز العصبي و التي لاتستطيع الإنقسام أو الإحلال و تبقي تأثيراتها حتي بعد تخلص جسم الكائن المعرض منها و من متبقياتها .
- دراسة تأثيراتها المختلفة و التي غالبا ما تكون علي عضو معين أو قد تؤدي إلي سمية عامة (Generalized toxicity) حيث تتأثر بها عدة أجهزة بالجسم .
- دراسة آلية : ميكانيكية تأثيرها (Mode : Mechanism of action) .
- تقييم فاعلية السموم و الملوثات البيئية و تحليلها و تحليل متبقياتها (Residues) و ممثلاتها (Metabolites) لتعين حد الأمان (Safety level) .
- ولاتحدث مثل هذه التأثيرات بالنظام /الأنظمة البيولوجية بالجسم المعرض إلا بعد وصول المادة السامة أو نواتج تمثيلها لمكان الفعل (Site of action) وبتركيز مناسب وفي الصورة المناسبة مع توافر الوقت الكافي للتعرض لها .
- وقد تتطور تأثيرات السمية سريعا عقب التعرض أو قد تتأخر ظهورها لفترة من الوقت (٥-٣٠ سنة) كما بحالة الأورام السوطانية أو قد تقصر حسب نوعية وشدة التأثير والمادة المؤثرة ومكان التأثير . فبعض الأمهات الحامل و المتعاطية لمادة داي ايثيل ستيل بسترول

(Diethyl stilbestrol : DES) تظهر أورام سرطانية في مهبل و رحم أنسالها التالية ، كذلك ظهور أعراض حالات السمية المتأخرة (Delayed neurotoxicity) عقب التعرض لبعض أفراد مجموعة السموم الفوسفورية العضوية مثل مركب تترااورثو كريزول فينول (TOCP) .

- وقد تحدث بعض المواد تأثيرها في مكان التعريض وهنا تسمي تأثيراتها بالتأثيرات الغير حركية (Non-Kienetic effects) كتأثير ملامسة الأحماض و القلويات القوية لسطح الجسم المعرض وهنا تتوقف شدة التأثير علي خواص المادة الكيميائية والطبيعية ومكان التعرض ومدي حساسية التلف الناجم ونوع الكائن المعرض ومدي التركيز المستخدم وهنا يمكن ايقاف فعلها (تفاعلهاالكيميائي) بإزالتها أو متبقياتها من علي السطح المعرض ويطلق علي التوكسيكولوجست القائم بمثل هذه النوعية من الدراسات بالتوكسيكولوجست اللاتمثيلي (Non-metabolic toxicologist) في حين يطلق علي مثيله والقائم بدراسات السمية علي مواد ذات تأثيرات حركية بالتوكسكولوجست الحركي أو التمثيلي (Kinetic : Metabolic toxicologist) فمثل هذه السموم والملوثات البيئية تنفذ وتنتقل خلال أغشية جدر الجسم وتمثل لنواتج تمثيل ترتبط طبيعيا أو كيميائيا أو تخزن في أماكن تخزين خاصة (Specific depots) أو يتم إفرازها أو إخراجها مع البول (كجزيئات السموم والملوثات البيئية القطبية) أو مع البراز (كجزيئات السموم والملوثات البيئية الغير قطبية) أو أثناء التنفس (كجزيئات السموم والملوثات البيئية المتطايرة) .

فالسم هو مادة تسبب تأثيرات ضارة في أي كائن حي متعرضة له سواء بقصد أو عرضيا بدون قصد و تأثيره يرتبط أساسا بقيمة الجرعة (Dose) أو التركيز المتعرض لها حيث أن أي مادة سامة عند جرعة منخفضة لا تحدث تأثيرات ضارة في حين أن معظم المواد إن لم تكن جميعها تحدث تأثيرات ضارة عند التعرض لجرعات عالية منها.

أما المواد الغريبة (Foreign compounds) عن المواد الناتجة عن عمليات التمثيل (Metabolism) في جسم الكائن الحي فيطلق عليها إصطلاح

(Xenobiotics) و عليه فالمواد السامة يمكن و أن تكون مـــواد غريبـــة عـــن الجسم أو نواتج داخلية المنشأ (Endogenous) بما فيها نواتج التمثيل الوسطية (Intermodiate products) إذا ما نتجت بتركيز عالي نتيجة خلل أو مـــرض مـــا في الجسم مثل الجلوتامات و الـــهرمونات كالثيروكســـين أو عنـــد إعطائـــها بجرعات عالية .

حيث يقوم التوكسيكولوجست (Toxicologist) الاختصاصي بعلم الســموم : السمومي وهو الشخص الفنـــي المتمـــرن و المتمـــرس بجـــانب دراســـته (والمتلقي لتدريبات متقدمة خاصة من حيث طرق الفحص و تحديد طبيعـــة التأثيرات الضارة العكسية و الغير عكسية و تقديـــر إحتمـــالات حدوثـــها و تنوعها و اتساع حدودها و مجالها) بدراسة أثر مثل هذه السموم ومتبقياتـــها و ممثلاتها علي الكائنات الحية داخل الجسم (In-vivo) أو خارج الجســـم فـــي أنبوب اختبار (In-vitro) لتحديد وتعريـــف و تقنيـــن الضـــرر النســـبي لـــها (Relative hazards) أنسجة عضو بجهاز ما أو علي جهاز مستهدف بكائن حـــي ما (Target system) .

وعليه يقوم علم السموم بالدراسة النوعيـــة (Qualitative studies) و الكمية (Quantitative studies) للتأثيرات الضارة(Hazard effects) سواء أكـــانت تأثيرات عكسية أو تأثيرات غير عكسية (Reversible or Irreversible effects) لمواد الطبيعية و المركبات الكيميائية خاصة السموم و الملوثات البيئية .

أما علم السموم البيئية (Environmental toxicology) فهو فرع مـــن علـــم السموم ويهتم بدراسة التأثيرات السامة للسموم والملوثات البيئية (Toxicants & Environmental Pollutants) و آثارها الســـامة الجانبيـــة (Toxic side effects) والناجمة عن الأنشطة البشرية و المصادر الطبيعية في مكونات النظام البيئـــي (Ecosystem components) كالهواء والتربـــة و الترســـبات والمـــاء (أنـــهار و بحيرات وبحار و بحيرات و محيطات) و الكتلة الحية (Biomass) كالنبات و الحيوان و الإنسان و بأكثر تحديداً مكونات طبقة الهواء الجـــوي البيوســـفير (Biosphere) التي يعيش فيها البشر والكائنات الحية الأخري والمتأثرة تـــأثيراً مباشراً وغير مباشراً بمدي التلوث ، أي دراسة التأثيرات الضارة العكســـية و الغير عكسية للملوثات والسموم البيئية علي الحياة البرية وكيفية تأثيرها علـــي النظام البيئي .

فنقص مصادر الغذاء الآن و الناجمة عن موت الأسماك لتسمم و موت البلانكتون (Plankton) و ذلك نتيجة تلوث مياه المسطحات المائية (Water surfaces) بأنواعها المختلفة بمتبقيات و أبخرة السموم و العناصر الثقيلة (Heavy elements) كالرصاص و الكادميوم أو نتيجة فعل تفاعلات الأكسدة الضوء كيميائية : الطبخن (Photochemical oxidation : Smog) و تأثيرها علي التوازن الطبيعي و البيولوجي (Bionatural Balance : BB) و الإستجابة الطبيعية و الفسيولوجية للكائنات الحية لها خاصة البشر (Human natural physical & physiological response) و التي يمكن و أن تنشأ نتيجة التأثيرات الضارة الناجمة في كائنات أخري يعتمد عليها الإنسان في النهاية : السلاسل الغذائية (Food chains) و هو ما يشار إليه بالسمية البيئية (Ecotoxicity) . و عليه يكون الهدف الرئيسي (Main task) للتوكسيكولوجست البيئي هو تقييم و قياس المخاطر (Risk evaluation & assessment) الناجمة من تفاقم وجود و تواجد الملوثات البيئية و من قبل المحافظة علي منع وصول هذه الملوثات و السموم البيئية إلي مستويات خطرة (Harmful levels) أو محاولة الحد من أخطارها لحدودها الدنيا (Minimizing level) خاصة عند بلوغها الحدود القصوى حيث تتوقف حدة تأثيراتها الضارة علي حث :

- درجة السمية الأصلية للمركب (Inherit toxicity) .
- معدل الأمتصاص و النفاذية و التخلل خلال جسم الكائن الحي (Absorption . Penetration & permeability) .
- مقدار ما يفقد من سمية المركب قبل أن يمتص و يتوزع إلي مكان التأثير (Detoxification) .
- مقدار ما يفقد من سمية المركب من خلال طرحه خارج الجسم (Elimination) .
- الحالة الفسيولوجية للكائن المتعرض .

أما علم السموم الشرعي (Forensic toxicology) فيتناول نواحي السمية و إعتباراتها بجانب النواحي القانونية و المرضية حيث يختص بدرجة أكبر بالأدلة و بالظواهر المتعلقة بمسببات الموت في الحالات الغير عادية .

ولقد بدأ هذا الفرع بالإهتمام بالتأثيرات الضارة لبعض النباتات والمعادن وكيفية علاجها . وعليه فهو العلم المهتم بالتشريعات الطبية الخاصة بالتأثيرات الضارة للمركبات الكيميائية علي الإنسان والحيوان حيث تكون مهمة التوكسكولوجست هنا هي تحديد مسببات التسمم والمرض الناجم .

أما علم السموم التو كسيني (Toxinology) فيتعلق بدراسة السموم التي تنتجها الكائنات الحية كالتوكسينات (Toxins) و التي ينجم عنها أضرار في الكائنات الحية مثل :

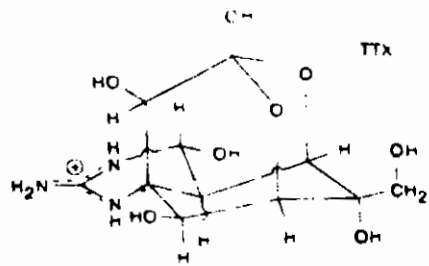
- سموم الثعابين (Snake poisons : Venom's)
- سموم العناكب (Spider poisons) مثل سم الأرملة السوداء (Black widow) .
- سموم الحشرات كسموم النحل و الدبابير .
- سموم بكتيرية مثل البوتيولنيم و المستخرج من البكتريا و الذي يوقف إفراز الموصل العصبي الأسيتيل كولين و تحلل كروماتيني (Chromatolysis) و زيادة في مستوي حمض الريبونيوكليك (RNA) يتبعه زيادة في مستوي حمض الريبونيوكليك الريبوسومي .
- سموم فطرية و أحسن مثال لذلك هو توكسين فطر الفيوزاريوم ، المكون الرئيسي في المستخلص الكحولي (T2-Fusarium toxin) لمزارع فطر *Fusarium sporotrichiods* و هو المسؤول عن السمية الناجمة عن الخبز المصنع من حبوب مخزونة تحت ظروف تخزين سيئة ويؤدي إلي فرط إستنساخ : هيبربلاسيا (Hyper placia) في الفئران و في بعض الحالات يؤدي إلي أورام في القناة المعد معوية . أما التوكسين الموجود في بعض أنواع من عيش الغراب : المشروم (Mushroom) فيحتوي علي هيدرازينات مطفرة (Mutagenic) و مسرطنة (Carcinogenic) .
- سموم سوطيه : مثل ساكسي توكسين (Saxi toxin STX) و المستخرج من السوطيات *Gony laulax* فعند تغذية المحار علي البلانكتون المحتوي علي مثل هذه السوطيات فإن المحار يصبح سام للإنسان حيث تؤدي لسد المرشح الإختياري (Sf) و ترتبط بالموقع السالب الشحنة مثل الصوديوم (التلوث البيئي و السموم الديناميكية و إستجابة الجهاز العصبي لهما للمؤلف).

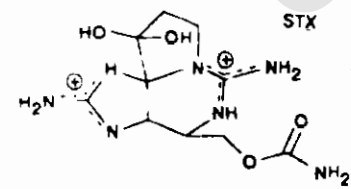
- سموم نباتية(Phyto toxins) كالهيدرازينات والفلافونويدات (Flavonoids) كاليورستين (Uercetin) بالقهوة والشاي (Kaempferol) وكلاهما لهما تأثير سام وراثيا كذلك السيكلامات والسكارين والتي تتحول بفعل البكتيريا إلي سيكلو هكسيل أمين المسرطنة للمثانة (Carcinogenic to bladder) .
- كذلك أيضا الجليكوسينولات الموجودة بالكرنب والتي تستهدف الغدة الدرقية و النيتريت و النترات التي تختزل بدورها إلي نتريت ببكتريا الأمعاء الموجودة في السبانخ و التي تسبب ميثيموجلوبينيميا .
- كذلك تحتوي بعض الحشائش البحرية مثل حشيشة البحر الأحمر (Red sea weed والتي يستخرج منها مركب كاراجينان و التي تنهار في الأمعاء الدقيقة لنواتج إنهيار تكون قرح .كذلك مركبات الدكستران (Dextrin sulfate وهي مركبات كبريتية للجلاكتوز عديد السكريد و توجد بمختلف أنواع الحشائش البحرية وتستخدم في أدوات التجميل Cosmetics) (و بعض العقاقير الجلدية (Plarmia coattails) و تستخدم أساسا كمواد مثبتة و مستحلبة .
- أما ألكالويدات الفنكا خاصة ألكالويد فينرستين (Vinerstin) فيسبب أضرار في محاور الألياف العصبية (Neurofibrils) وهو ما يوقف عملية النقل في بلازما المحور (Exoplasmic transport) . وفينبلاستين (Vinblastine) و المستخرجة من نبات *Vinblastine vineristins* و كلاهما يستخدم لوقف نشاط الخلية البيولوجي (Cytostatic action) والمستخدمة في علاج السرطان الدموي لكنها في نفس الوقت تؤدي لإلتهابات بالأعصاب الطرفية وإضطرابات في الإحساس وضمور الأعصاب الحركية و العضلات مع تجمعات وتراكم خيوط سيتوبلازم الخلية (Argenlophilic) بالوحدات العصبية الخلفية بقاع المخ والحبل الشوكي.

• سموم حيوانية : مثل إستروريد باتراكوتوكسين (Batrachotoxine BTX) و الموجود في جلد الضفادع في أمريكا الشمالية و المؤدي لزيادة نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم في الحالة المستقرة مما يؤدي بدوره الي تحول الكهربية الموجبة إلي كهربية سالبة و لهذا ففي غياب الصوديوم لا يكون له تأثير علي العصب .أما سم العقرب (Aa H II) فله نفس تأثير الساكسيتوكسين (STX) والتترادوتوكسين (TTX) مع أيونات الهيدروجين في سد المرشح الإختياري (Sf) و ترتبط بالموقع السالب الشحنة مثل أيونات الصوديوم حيث تجعل مادة تراي ميثيل أكسونيم (TMO) غير مثارة للتترادوكسين (TTX) و تختزل نفاذيتها للصوديوم فترتبط مادة تراي ميثيل أكسونيم مع أيونات الهيدروجين السالب الشحنة الثاني بنهاية قناة الصوديوم.

أما علم السموم البيوكيميائي (Biochemical toxicology) فهو العلم المعني بتقديم الطرق و المعلومات الأساسية و الحيوية و المستندة عليها فروع علم التوكسكولوجي الأخرى . ويهتم بالتأثيرات التي والظواهر التي تحدث علي المستوي الجزيئي (Molecular toxicology) نتيجة تتداخل جزيئات المركبات السامة مع الكائنات الحية موضع الإختبار وهو ما يؤدي بدوره لتفهم أعمق للعمليات الناشئة و المؤدية لحدوث التسمم (حاد أو مزمن) في نفس الوقت لها أهميتها في كيفية الوصول للطرق العلاجية و تقييم الأخطار الناجمة .

ومن هنا يمكن القول بأن التوكسيكولوجست البيوكيميائي يهتم بدراسة جميع مراحل التسمم عدا مرحلة التعرض (Exposure) أو المسار أو الطريق الذي يجعل الكائن المتعرض جزء من البيئة المحيطة و المحتوية علي المادة السامة . فمرحلة التوزيع (Distribution) و المتضمنة تقنية نقل جزيئات السموم عبر خلايا أنسجة أعضاء الجسم وأيضا مرحلة التمثيل (Metabolism)





والحادثة في معظم خلايا انسجة أعضاء الجسم المختلفة خاصة الكبد و الذي يقوم بهدمها في الغالب إلي ممثلات قد تساهم في كيفية إحداث الأثر السام بجانب المركب الأصلي كذلك المرحلة التي تليها و المتضمنة إعادة التوزيع (Redistribution) ثم مرحلة تداخل جزيئات متبقيات المركب و ممثلاته مع المستقبل الحيوي أو البيوكيميائي لإحداث الفعل كذلك مرحلة خروج بعض هذه النواتج بعد وصولها لأعضاء الإخراج كالكلي و الرئتان و المراحل السابقة كلها يتضمنها علم السموم البيوكيميائي . مما سبق نجد أن أنشطة الاحتراف للتوكسيكولوجست تقع في إحدى مصاف المراتب التالية :

- **توكسيكولوجست وصفي (Descriptive toxicologist)** و هو المضطلع بصفة خاصة في تصميم و تخطيط إختبارات السمية بناء علي معلومات تمكنه من تقويم الأخطار العكسية و الغير عكسية الناجمة عن التعرض للمركبات الكيميائية في البيئة سواء للإنسان أو الطيور و الأسماك سواء أكانت مواد كيميائية و إضافات أغذية و عقاقير طبية وكيماويات المصانع .
- **توكسيكولوجست تقنني (Technical toxicologist)** وهو المضطلع في تقنيات السمية المتقدمة من حيث السموم و طريقة تأثيرها علي الكائن الحي و بهذا تقود نتائج دراسته دائما إلي تطوير التقنيات المستخدمة و زيادة درجة حساسيتها لإمكانية التنبؤ بأخطار هذه السموم خاصة التفهم العميق لآلية الفعل تساهم في المعرفة الأساسية لعلم الفسيولوجي و البيولوجي و الصيدلاني .
- **أما التوكسيكولوجست التشريعي** فهو الشخص المضلع بمسؤولية سن التشريعات و القوانين و اتخاذ القرار التي نوه عنها التوكسيكولوجست الوصفي لمادة أو عقار له أخطار سواء بوقف أو استمرار استخدام مثل هذه المادة كما تفعل منظمة الغذاء و الدواء (Food & Drug Administration : FDA) و المسؤولة عن تداول و منع تداول المواد الغائية (اضافات الأغذية) و العقاقير و مواد التجميل كذلك حماية البيئة (Environmental Protection Agency : EPA) و المسؤولة عن تنظيم التعامل مع المواد الكيميائية ذات الطابع الخاص كمبيدات الآفات بأنواعها .

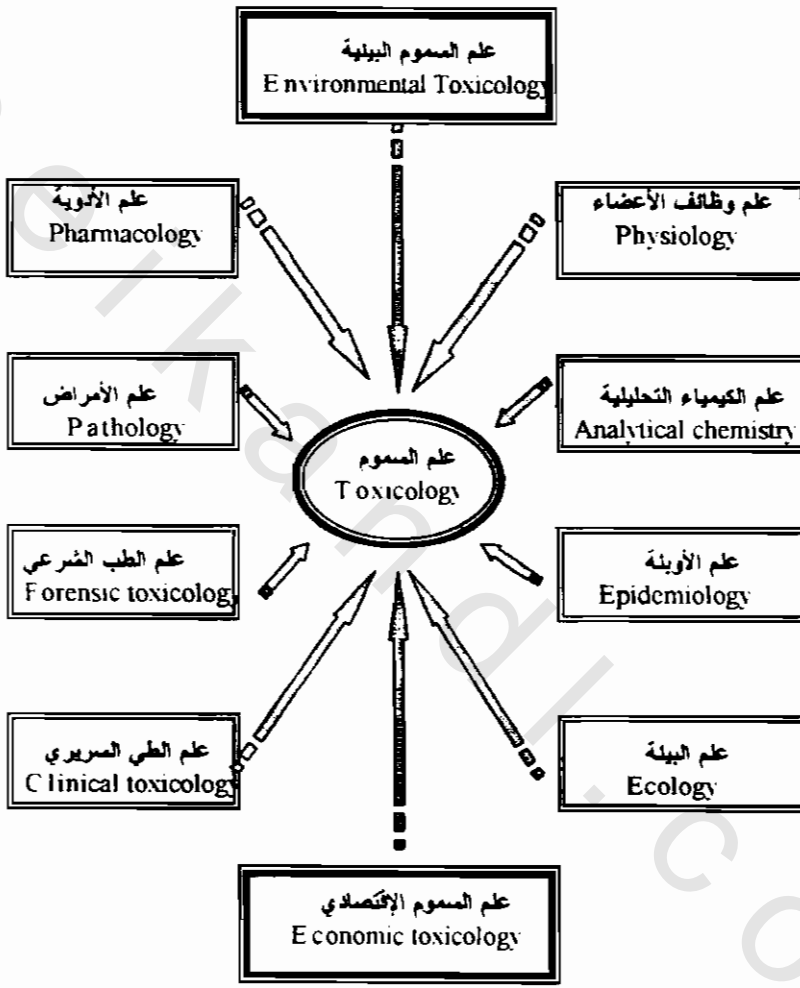
ويهدف علم السموم إلي الكشف وكما أشير عن السموم وإستعمالاتها المختلفة لصالح البشرية وهو ما له علاقة بكثير من العلوم الأخرى شكل رقم (١-١) مثل :

- علم وظائف الأعضاء : الفسيولوجي (Physiology) : والذي يدرس وظيفة أعضاء الجسم المختلفة والعوامل المؤثرة عليها .
- علم الكيمياء الحيوية (Biochemistry) : حيث تسهل تمحيص الوصف العلمي الدقيق لأي تغير في الحالة الفسيولوجية و السلوكية .
- علم الطب السريري (Clinical toxicology) : ويهتم بتطوير تشخيص حالات التسمم الناجمة عن السموم والعقاقير خاصة حالات التسمم الحاد والمزمن (Acute & Chronic Poisoning) و طرق علاجها و تطوير الترياق (Antidote) الخاص بها و طرق التحليل الدقيق لمتبقيات و ممثلات هذه السموم بالعينات البيولوجية وهنا يأتي دور الكيمياء التحليلية ، كذلك دراسة طرق دخول و أمتصاص و نفاذ و سريان و إنتقال جزيئات السموم و آليات إنتقالها و حركيتها.

- علم البيئة (Ecology) و هو العلم المهتم بدراسة

- علم الأمراض الوبائية (Epidemiology) : و يهتم بدراسة الأمراض الوبائية و التي تعد الحشرات ناقلات هامة لها (Vectors) خاصة الأمراض المؤثرة علي الصحة العامة كالتيفود و الكوليرا و الطاعون و الملاريا وأخري لا يعلمها إلا الله .
- علم السموم الشرعي (Forensic toxicology) وهو العلم المختص بدراسة الجانب القضائي لإستخدام و تداول السموم مع تشخيص الأعراض و التحاليل الكيميائية و الطبية الخاصة بإثبات تواجد متبقياتها وممثلاتها أو تأثيراتها من خلال تطوير و تنمية الوسائل التحليلية لتقدير متبقياتها وهنا يأتي دور الكيمياء التحليلية للمرة الثانية .
- علم السموم الاقتصادي (Economic toxicology) : ويهتم بدراسة و تطوير السموم و أستخداماتها لينطبق عليها مبدأ الربح و الخسارة حيث يجب و أن تكون الخسارة الناجمة عن الإصابة بعد إستخدام المركب أقل ما يمكن أي عملية إنتقاء الأحسن والأكثر مناسبة للإصابة أو الآفة أو

الوباء المنتشر من حيث الفاعلية البيولوجية مع قلة التكـــاليف و إنعـــدام الأثر الجانبي .



شكل رقم (١-١) : شكل توضيحي يبين مدي الإرتباط القوي بين علم السموم و العلوم الحيوية الأخرى

وتقسم السموم والملوثات البيئية إلي عدة مراتب تقسيمية وذلك تبعا لتركيبها الكيميائي ومصدرها وطريقة دخولها إلي الجسم وطريقة تأثيرها و إستخداماتها الأساسية :

١-تقسيم السموم والملوثات البيئية حسب تركيبها الكيميائي :

حيث تقسم السموم والملوثات البيئية حسب طبيعة تركيبها الكيميائي إلي :

١-١-سموم وملوثات بيئية غير عضوية (Inorganic poisons) :

١-١-١-مجموعة السموم الزرنيخية (Arsenious poisons)

١-١-٢-مجموعة السموم الفلورونية (Fluoronic poisons)

١-١-٣-مجموعة السموم الكبريتية (Sulfur poisons)

١-١-٤-مجموعة السموم النحاسية (Copper poisons)

١-١-٥-مجموعة السموم الزئبقية (Mercury poisons)

١-١-٦-مجموعة السموم القصديرية (Tin poisons)

١-١-٧-مجموعة السموم الكلورات (Chlorate poisons)

١-٢-سموم وملوثات بيئية عضوية (Organic poisons) :

١-٢-١-مجموعة السموم و الملوثات الهيدروكربونية العضوية الكلورونية (Chlorinated hydrocarbons) .

١-٢-٢-مجموعة السموم والملوثات الفوسفورية العضوية (Organophosphorus : OB.s) .

١-٢-٣-مجموعة السموم والملوثات الكرباماتية العضوية (Carbamates) .

١-٢-٤-مجموعة السموم والملوثات الفينولية و النيترو فينولية & Phenols) Nitrophenols) .

١-٢-٥-مجموعة السموم والملوثات النيتروجينية الحلقية المتجانسة (Homocyclic nitrogenous) كمشتقات اليوريا .

١-٢-٦-مجموعة السموم والملوثات النيتروجينية الحلقية الغير متجانسة (Homocyclic nitrogen`s) كمشتقات الترايأزينات .

١-٢-٧-مجموعة السموم والملوثات من مشتقات حمض البنزويك .

١-٢-٨-مجموعة السموم والملوثات الزئبق العضوية .

١-٢-٩-مجموعة السموم والملوثات السيانيدية .

١-٢-١٠-مجموعة السموم والملوثات من الثيوسيانات .

obeikandl.com

١-٢-١١-مجموعة السموم و الملوثات من السياناميدات .
١-٢-١٢-مجموعة السموم و الملوثات من الكاربامیدات .

١-٣-سموم و ملوثات بيئية طبيعية (Natural poisons) :

وهي مجموعة من السموم النباتية أو البترولية مثل :

١-٣-١-مجموعة السموم النباتية (Botanical poisons) :

و هي مجموعة من السموم النباتية المصدر و تستخرج من الأجزاء النباتية المختلفة كالأوراق و السوق و الجذور مثل :

١-٣-١-١-مجموعة السموم النباتية الألكالويدية (Botanical alkaloid poisons) : كالنيكوتين والنور نيكوتين والأناباسين والمستخرجة من نبات التبغ والمورفين من نبات الخشخاش والكوليسيثين من نبات اللحلاح والهيوسيامين من نبات الداتورة والأكونتين من نبات خانق الذئب والبيريثرينات من نبات البيريثرم والدرس من جذور نبات الدرس والهيوسين من نبات السكران .

١-٣-١-٢-مجموعة السموم النباتية جليكوسيانوجين (Botanical Glycocyanogen poisons): و تستخرج من بذور التفاح واللوز المر والكمثري والمشمش والذرة .

١-٣-١-٣-مجموعة السموم النباتية جليكوستيرويدية (Botanical Glycosteroide poisons): و تستخرج من نبات الدفلة والحنظل و الديجاتاليس .

١-٣-١-٤-مجموعة السموم النباتية جليكوكومارينية (Botanical Glycocoumarine poisons): و تستخرج من نبات الدفنة و الحندقوق وكستنة الحصان .

١-٣-١-٥-مجموعة السموم النباتية البروتينية (Botanical protein poisons) : مثل الريسيسين و تستخرج من بذور نبات الخروع .

١-٣-٢-مجموعة السموم الفطرية (Phyto Toxins): وهي مواد سامة تنتجها الفطريات مثل الأماتوكسين (Amatoxin) والبيسيلوسيبين (Psilocybin) والمسسيميد (Muscimide) و المسكرين (Muscrine) .

١-٣-٣-مجموعة السموم الزيتية كزيوت البترول و نواتج تقطيرها و تكريرها و التي تقتل سواء عن طريق صفاتها الطبيعية : أسفكسيا الخنق و كذلك السموم القطرانية .

٢-تقسيم السموم و الملوثات البيئية حسب طريقة دخولها الجسم (Mode of Entry) :

و هذا التقسيم غير حقيقي حيث لا يوجد حد فاصل بين طريقة دخول جزيء المركب السام إلي جسم الكائن و طريقة تأثيره (Mode of Action) فعلي سبيل المثال مركب النيكوتين سم معدي (Stomach poison) لدخوله عن طريق الفم (Oral administration) للجهاز الهضمي مع الغذاء في نفس الوقت له تأثير لامس (Contact poison) عند ملامسته لسطح الجسم الخارجي (جلد/جليد) كما أن له تأثير مدخن كمادة مدخنة (Fumigant) و ذلك عند دخول أبخرته من الفتحات التنفسية أو الثغور التنفسية في الحشرات كذلك كان الحال مع مركبي الهبتاكلور (Heptachlor) و السيكلوهكسان (Cyclo hexane) .

فجزيئات المواد الغريبة كالسموم و الملوثات البيئية تتواجد في الجسم في صورة إتزان مع السوائل البيولوجية بالجسم فالمعدة و الأمعاء تفرز حوالي ثلاثة لترات من السوائل يوميا و عليه فمعدل توزيع جزيئات السم بين السوائل و البلازما له دوره سواء في عملية إمتصاصها بالنقل النشط في القناة الهضمية أو التخلص منها تبعا لدرجة قطبيتها و حجم الجزيء و درجة تأينه و تركيز أيون الهيدروجين للسائل البيولوجي .

وعموما يمكن تقسيم السموم و الملوثات البيئية تبعا إلي طريقة دخولها الجسم إلي :

٢-١-سموم معدية (Stomach poisons) :

وهي مجموعة السموم و الملوثات البيئية التي يتم دخولها للجسم من خلال تناولها عن طريق الفم (Oral administration) مع الغذاء أو مع مياه الشرب فتصل إلي القناة المعد معوية (Gastrointestinal duct) حيث يتم نفاذها و تخللها ثم إمتصاصها بسرعة و ذلك نتيجة رقة جدر أغشية الخلايا و خلوها من الكيتين فتؤثر علي الخلايا المبطنة للأمعاء فتؤدي إلي ترسيب البروتين الخلوي كما في حالة السموم الزرنيخية و الفلورونية .

وغالبا ما يتمتع جزيء السم المعدي بالصفات التالية :

- له معدل ذوبان نسبي (Relative solubility) حتي يتسنى لجزيء السم و يتمكن من القيام بفعله و لكن لا يجب و أن يزيد معدل ذوبانه إلي الحد الذي يسمح بغسيله (Washing) من الأسطح المتعرضة له أو لمتبقياته . كذلك يجب تمتع مترسباتها (Depositors) و مخلفاته (Residues) بقدرة ذوبان معينة في الطبقات الليبوفيلية حتي تتمكن من الإنتشار في صورة فيلم رقيق (Thin film) لا يزال سريعا من الأسطح المعاملة بها بفعل العوامل الطبيعية و الميكانيكية .

أما من حيث ثباتها أمام الكائنات الحية الدقيقة (Flora) الموجودة بالأمعاء و التي تقوم بإختزال مجاميع النيترو (Nitro group) في المركبات : النترات (Nitrate) و النتريت (Nitrite) إلي أمينات خاصة إذا ما كانت أمينات حلقية ذات التأثير المسرطن (Carcinogenic effect) فتتحول النترات الملوثة لمياه الآبار بواسطة بكتريا *E. coli* المتواجدة في معدة الأطفال ذات الحامضية العالية إلي نتريت فتسبب ميثيموجلوبينيميا (Methemo globinemia) علاوة علي تأثيرها المسرطن للأمعاء و إضطراب الغدة الدرقية . كذلك تتحول الأمينات الثانوية (Secondary amines) المتواجدة في الخضروات و الأسماك و الفواكه أو النتريت المضافة كمادة حفظ في الأسماك المدخنة و اللحوم إلي نواتج مسرطنة . كذلك يجب تمتع جزيئاتها بدرجة ثبات أمام العصارة المعدية الحامضية و إنزيماتها ، فحمض الهيدروكلوريك الموجود بمعدة الثدييات في حين يوجد حمض الفوسفوريك بالجهاز الهضمي بالحشرات فتتحول مثلا جزيئات مركب زرنيخات الرصاص السامة إلي فوسفات رصاص غير ذائبة .

- يتناسب معدل إمتصاص جزيئات السموم المعدية مع معدل ذوبانها في الماء ذلك بالإضافة إلي عامل حجم الجزيئات الكبيرة كما أن حركة جدر الأمعاء تزيد من معدل الإمتصاص لجزيئات السموم بطيئة الحركة (السعة الإمتصاصية) . كذلك فالمعدة و الأمعاء الخاوية من الغذاء يزداد نسبة و سرعة الأمتصاص بها حيث أن وجود كتلة الغذاء بها يؤدي إلي تخفيف الجرعة حيث تمتص كتلة الغذاء بعض من جزيئات السم و لهذا يفضل تجويع (Starvation) الحيوانات المستخدمة في الإختبار قبل المعاملة بستة ساعات .

- يتمتع بطعم مستساغ و رائحة غير منفرة (Good taste & No-repel odor) خاصة مع الكائنات المستهدفة (Target organism) فلا تبعدها أو تنفرها من السطح المعامل و المتعرضة لها خاصة و أن لبعض هذه الكائنات المقدرة علي رفض تناول الطعام الملوث بها أو الإمتناع عن الإستمرار في تناوله مع تقيئ (Vomiting) ما تم تناوله .
- في نفس الوقت يعد الجهاز الهضمي هنا مسؤول عن التخلص من جزيئات عنصر الكادميوم عن طريق مخاط الأمعاء و المعدة أو الصفراء و هنا يجب الأخذ في الإعتبار أن إخراج الصفراء لبعض جزيئات السم يعتمد علي حجم الجرعة و درجة الحرارة حيث يزداد معدل ما تخرجه منه بزيادة حجم الجرعة و أرتفاع درجة الحرارة .
- أما جزيئات الزئبق و التي تعد كسم بروتوبلازمي فتمتص بالقناة المعدة معوية و ترتبط مع مجاميع الكبريت : مجاميع السلفهيدريل (-SH) في جزيئات البروتين و لا تتركز في الكبد وعليه فأي تركيزات ضئيلة من الزئبق يتم التخلص منها ببطيء عن طريق عصارة الصفراء و تظهر في البراز ، حيث يرجع ظهور جزيئات السموم ذات التأثير المعدي في البراز إلي :

*عدم الأمتصاص الكامل لها .

*إفرازها في الصفراء بالأمعاء الدقيقة ثم تخرج مع البراز أو بالبنكرياس

*طردها عن طريق الكحة أو الكحة المتكررة(السعال) أو العطس من الجهاز التنفسي إلي البلعوم فتبتلع من جديد (Swallowed). هذا بجانب عمليات القيء (Vomiting) عقب تناول المواد المقيئة و التي تزيل جزء كبير منها .

- أما بالنسبة للسيلنيم و البريليم (Selnium & Beryllium) فتمتص خاصة البريليم في حين يتطاير حوالي ٣٠ % من السيلينيم و تخرج عن طريق الرئة و الباقي في البراز في حين يخرج البريليم مع البول .
- أما جزيئات الرصاص فتختلف درجة أمتصاصها تبعا للعمر حيث تبلغ النسبة الممتصة بالأطفال حوالي ٥٠ % من الجرعة الفمية بينما تنخفض كثيرا في البالغين فتصل النسبة الممتصة إلي ٥-١٠ % .

٢-٢-سموم بالملامسة (Contact poisons) :

وهي مجموعة من السموم تقتل بالملامسة المباشـــرة للجلـد أو الجليـد المحيط بجسم الكائن الحي حيث يتم تخلل و نفاذ جزيئاتـــه و أمتصاصـــها و إنتقالها خلال أغشية جدر الجسم : الحواجز (Barriers) ومن هنا يتبيـــن لنـا أهمية عامل النفاذية و الأمتصاص كصفة مميزة لهذة المجموعة من الســموم والتي تؤدي عملها في الغالب كســموم عصبيـة مثـل مجموعـة السـموم الهيدروكربونية العضوية الكلورونية ومجموعة السموم الفوسفورية العضويـة و مجموعة السموم الكرباماتية العضوية وكذلك الســموم الطبيعيـة النباتيـة كالبيريثرينات و الروتينون و الثيوسيانات والتي لها في نفس الوقـت تـأثير تخديري (Narcotic) أو الصدمة العصبية (Knock down) وهنا يتمتع جـزيء السم بالملامسة بالصفات التالية :

- لون ورائحة غير منفرة أو طاردة و التي تضفي عدم الإحساس مـن قبل الكائن لإستمرارية التلامس و التعرض له و هنـا يتسـني وصـول التركيز الكافي منه لداخل الجسم .
- سهولة مرور جزيئاته عبر طبقات أغشية جدر الكائن الحـي (جلـد أو الجليد) خاصة الأماكن رقيقة السمك الخالية من التغلظ و التصلب و لـهذا يجب و أن يتمتع جزيئات المركب السام بالملامسة بدرجة نعومـة مناسـبة للحبيبات لتلتصق بقوة بالسطح المرغوب .
- تتمتع مترسباته (Depositors) ومتبقياته (Residues) بـأثر بـاقي طويـل (Long residual effect) فمعدل ثباتها عامل هام وإستيراتيجي لتحقيق هدفـها ومن هنا تتبلور أهمية العوامل البيئية المحددة لبقائها .

٢-٣-سموم تنفسية : مدخنات (Respiratory poisons : Fumigants) :

و هي مجموعة السموم الغازية و التي تقتـل بصورتـها الغازيـة أو الأبخرة أو الإيروسولات (Gases . Fumes & Aerosoles) مـن خـلال دخولـها لجسم الكائن الحي عبر الفتحات التنفسية بالثدييات (أو مـن خـلال الثغـور التنفسية بالحشرات) ومنها للقصبـة الهوائيـة (Trachea) ثـم القصيبـات (Tracheoles) فالرئتين (Lungs) و لهذا تلعب درجة الحرارة دورها خاصة مـع السموم المتطايرة منها (ضغط بخاري > ١٠ $^{-٣}$ مم ز) أو تكون في صورة

صلبة تتسامي بسرعة للحالة الغازية فيكاد يتشابه تأثيرها مع السموم بالملامسة و ينحصر الفرق بينهما في الصفات الطبيعية .

و الإيروسولات جزيئات سامة صلبة في صورتها النقية ومذابة في غاز سائل تحت ضغط عالي وعندما يخفف عنها الضغط تنطلق جزيئاتها مندفعة بسرعة و تنتشر في الهواء بصورة جزيئات دقيقة تعلق بالجو لفترة من الزمن حيث تكون جزيئات المادة الفعالة في التجهيزة (Formula) في صورة مركزات زيتية (Oil concentrate) و بتركيز يتراوح بين ١٠-٥٠ % و مذابة في زيت أليفاتي أو عطري .

و تتوقف نسبة (تركيز) السموم التنفسية الداخلة إلي الرئة علي نسبتها في الهواء الداخل للرئة (جم / د) و بتجميع الجرعة علي مدي الزمن المتعرضة له الرئة يمكن حساب الجرعة المستنشقة مع مراعاة نمط التنفس (راحة -جري -عمل) .

في حين يتوقف حجم الجرعة الداخلة علي حجم فيدال (Fidal vollium)و هو الحجم الذي تحدث له تهوية أثناء التنفس (٥٠٠ سم ^{٣}) حيث :

التهوية الحويصلية (الهواء الطازج) =
حجم فيدال(٥٠٠)-الحجم المتبقي(١٥٠)X عدد مرات التنفس(١٥/د) =٥٢٥٠ سم ^{٣} .
(ديناميكية السموم والملوثات البيئية
وإستجابة الجهاز التنفسي والدوري لها للمؤلف)

حيث يتقارب حجم الغاز المتبادل مع حجم الدم الذي يملأ الرئة وهذا التكافؤ مهم لتحقيق تبادل سليم للغازات و الأكسيجين بالدم .

ويتوقف مكان ترسبها و إستقرارها تبعا لحجم جزيئاتها و التي بناء عليها تتفاوت درجة ترسبها و إستقرارها أثناء تدفقها و إندفاعها مع الهواء المستنشق و نوعية تركيبها الطبيعي و الكيميائي:

- فالجزيئات ذات الحجم الأكبر من ١٥ ميكرون تستقر و تنطبق في التجويف الأنف بلعومي و تظل مترسبة حتي تزال منه بالتنظيف أو العطس أو تبتلع أثناء الكحة و تصل إلي القناة المعد معوية .
- الجزيئات و التي يتراوح حجمها بين ٣-٥ ميكرون فغالبا ما تترسب و تستقر بالشعيبات (Tracheo bronchiolar) و تتحرك بالحركة السلمية بأهدابها (١ملم / د) و لهذا فالكحة المتكررة أو السعال و العطس عوامل هامة لطردها خارج الجسم أو تبتلع و تصل للقناة الهضمية .

- الجزيئات التي حجمها أقل من ١ ميكرون تنتشر خلال عملية التبـــادل الغازي (التنفس) و تترسب و تستقر في النهاية بـــالحويصلات الهوائيـــة (Olveolar) و ربما تمتص بـــالدم أو تنظـــف بالتـــأثير التنظيفـــي الخلـــوي (Macrophagus) أو تمتص بالنسيج الطلائي بها أو يعاد امتصاصها منها للدم مرة أخري فيحملها و يوزعها علي باقي أعضاء الجسم .
- وتنقسم إلي :

أ-سموم تنفسية مخدرة (Narcotic respiratory poisons) :

وهي سموم لها القدرة علي النوبان في دهون جدر الرئة و تصل إلـــي حالة التشبع بالدم ثم تنتقل ذائبة للأنسجة حيث يكـــون إنتشـــارها بمعـــدلات مختلفة التركيز . ومن أمثلتها رابع كلوريد الكربون (CCl_4) وثاني كـــبريتيد الكربون (CS_2) و حمض الهيدروسيانيك (HCN) .

حيث تسبب إثارة (Excitation) ثم شلل (Paralysis) ثم الموت (Death)

ب-سموم تنفسية مهيجة (Irritant respiratory poisons) : وهي سموم لـــها القدرة علي الدخول عبر الفتحات التنفسية و تنطلق منها أحماض سامة بداخـــل الجسم . ومن أمثلتها الكلوربكرين و الميثيل بروميد وثاني أكسيد الكبريت.

فهي تؤثر علي حركة القلب حيث يخضع معدل و مدي النبـــض (Amplitude beat) للتحكم العصبي .

حيث تسبب إثارة (Excitation) ثم تشنج (Convulsion) ثم المـــوت بـــدون ظهور أعراض الشلل .

٣-تقسيم السموم حسب طريقة فعلها (Mode of Action) :

تختلف طريقة تأثير المركب و فعله حسب تركيبته الكيميائية

٣-١-سموم بروتوبلازمية (Protoplasmic poisons) :

وهي مجموعة السموم التي لها القدرة علي ترسيب بروتين البروتوبلازم الموجود في طبقة الخلايا الطلائية المبطنة للأمعـــاء مـــن خـــلال تفاعلـــها الكيميائي مع مجاميع السلفهيدريل (-SH) الموجـــودة بالأحمـــاض الأمينيـــة المكونة للبروتين .

ومن أمثلتها السموم الزرنيخية و الزئبقية و النحاسية و الفلوريدات و الفلوسيليكات و البورات والعادن الثقيلة و الدلائل القلوية و الألكالويدات و النيتروفينولات و النيتروكريزولات و الأحماض الأمينية .

٣-٢-سموم طبيعية (Physical poisons) :

وهي مجموعة السموم و التي تؤثر من خلال خواصها الطبيعية أكثر من خواصها الكيميائية حيث يكون تأثيرها المباشر غير مصحوب بتفاعلات كيميائية أو بيولوجية و لكن بطريق طبيعي فقط مثل :

٣-٢-١-زيوت معدنية و قطرانية (Heavy mineral oils & tar) :

حيث تحدث تأثيرها من خلال أسفكسيا الخنق حيث تعمل غشاء رقيق عازل يحيط بالكائن الحي فيعزله عن الجو الخارجي فيعوق عملية التبادل الغازي (Gas exchange) ونظراً لأن كثافة الزيت أقل من كثافة الماء لذا تستخدم بنجاح في مكافحة البعوض الناقل للملاريا من خلال رش طبقة رقيقة من هذه الزيوت علي المسطحات المائية كالبرك والمستنقعات ذات المياه الراكدة بدون حركة (الغير مفتوحة : المغلقة) فتعزل حوريات البعوض عن الهواء الخارجي وتمنع وصول الهواء وملامسته لسطح الماء وذوبانه فيه، ويزيد من درجة تأثيرها القاتل وجود شوائب غير مشبعة بالزيت .

٣-٢-٢-مساحيق خاملة كاشطة (Abrasive Inert powder) :

و هي مساحيق خاملة كيميائيا و ذات تأثير طبيعي يظهر في فقد رطوبة الجسم فتعرضه للجفاف حيث لها القدرة علي كشط (Abrasive) و تمزيق الطبقة الخارجية لجدار الجسم مما يؤدي بدوره إلي نفاذ رطوبة الجسم للجو الخارجي وهو ما يحدث مع أكسيد الألومنيوم .

٣-٢-٣-مساحيق خاملة هيجروسكوبية (Hygroscobic inert powder) :

و هي مساحيق خاملة كيميائيا وذات تأثير طبيعي تظهر في فقد رطوبة جسم الكائن الحي و تعرضه للجفاف من خلال قدرتها علي الامتصاص الشره لماء الجسم مثل الفحم و السيليكا جيل .

وتوجد بعض المساحيق الخاملة كيميائيا و تجمع بين الخاصيتين السابقتين كمادة كاشطة و في نفس الوقت شرهة لأمتصاص الماء من الجسم لهيجروسكوبيتها العالية .

٣-٣-سموم عصبية (Nervous poisons) :

و هي السموم المؤدية لخلل بالجهاز العصبي فتحدث :

- شلل إرتخائي بالعضلات (Flacid muscle paralysis) كما في حالة التعرض للروتينون .
- شلل إنقباضي بالعضلات (Tetanic muscle paralysis) كما في حالة التعرض لمركب الددت .

وتأثير هذه المركبات يكون مصحوب بسرعة ومعدل ذوبانها في الدهون علاوة علي مقدرتها العالية علي النفاذية السريعة خلال الأغشية الدهنية المسؤولة عن حماية الجهاز العصبي وتنظيم مستوي الأسيتيل كولين (Acetyl choline : A. Ch) بمناطق الشبك العصبية (Synabsis) المسؤولة عن قوة السيالات العصبية (النبض) والتي يتم تحليلها مباشرة بعد تأدية و ظيفتها بواسطة إنزيم الأسيتيل كولين استيريز.

وتتمثل أعراض هذه المجموعة من السموم في أربعة مظاهر عرضية هي :

- إثارة زائدة (Hyper excitation)
- تشنج (Convulsion)
- شلل (Paralysis)
- الموت (Death)

ومن أمثلة السموم العصبية :

أ-و المثبطة للإنزيم : مجموعة السموم الفوسفورية العضوية و مجموعة السموم الكرباماتية العضوية .

ب-و المؤثرة علي نفاذ الأيونات : مجموعة السموم الكلورونية العضوية و البيريثرينات و المركبات الحلقية الكلورونية (سيكلوداينات) .

ج-و المؤثرة علي المستقبلات العصبية : مجموعة السموم الطبيعية النباتية و النيكوتينية .

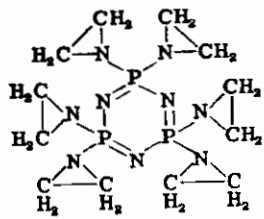
٣-٤-سموم تعمل كمثبطات إنزيمية (Enzyme Inhibitors) :

وهي مجموعة من السموم العضوية و الغير عضوية ذات الطبيعة الكيميائية المتفاوتة فقد تكون نواتج تمثيل و تؤدي إلي نقص أو خفض جزئي أو كلي في النشاط الإنزيمي لأنظمة إنزيمية مختلفة بالجسم مثل :

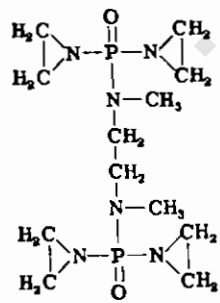
- مثبطات إنزيمات الأكسدة ذات الوظيفة المختلطة (Mixed Function Oxidase :MFO) مثل مجموعة السموم الطبيعية النباتية البيريثرويدية.
- مثبطات إنزيمات تمثيل الكربوهيدرات (Carbohydrate Metabolism) مثل فلورو أسيتات الصوديوم .
- مثبطات إنزيمات تمثيل الأمينات (Amines Metabolism) مثل الكلوروديمينيوم .
- مثبطات الهورمونات مثل هورمون الشباب (Juvenile hormone : JH) و هورمون النمو (Growth Regulator : GR).

٣-٥-المعقمات الكيماوية (Chemosterilants) :

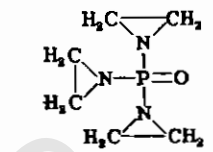
وهي مجموعة من المركبات تؤثر علي وظائف الأعضاء التناسلية (الجنسية) فتوقف إنتاج البيض أو الحيوانات المنوية مثل التيبا (Tepa) و الميتا تيبا (Meta Tepa) و الأمفولات (Ampholate) و لقد حد من إتساع نطاق إستخدامها سميتها العالية للثدييات و يخشي من التلوث بها .



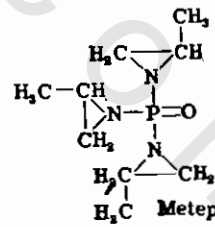
Apholate



Aphomide



Aphoxide (TEPA)



Metepa

٤-تقسيم السموم حسب معايير أو درجات السمية (Category of Toxicity):

قسمت هيئة الصحة العالمية السموم إلي أربعة فئـــات (Category) ، جدول رقم (١-١) وهي :

- سموم شديدة السمية (Extremely Highly Toxic poisons) .
- سموم عالية السمية (Highly Toxic poisons).
- سموم متوسطة السمية (Moderately Toxic poisons).
- سموم منخفضة السمية (Lightly Toxic poisons) .

obeikandl.com

جدول رقم (١-١) : فئات السمية (Category of Toxicity):

سموم شديدة السمية Extremely Highly Toxic poisons خطرة :Dangerous	سموم عالية السمية Highly Toxic poisons سام : Toxic	سموم متوسطة السمية Moderately Toxic poisons تحزير : Warring	سموم منخفضة السمية Lightly Toxic poisons إحترس : Caution
الجرعة القاتلة للنصف بالفم (LD_{50}) : صلبة : ٥ سائلة : ٢٠ قاتل عن طريق الفم فقط	٥-٥٠ ٢٠-٢٠٠ قد يكون عن طريق الفم (نقطة -ملعقة شاي)	٥٠-٥٠٠ ٢٠٠-٢٠٠٠ يحدث ضرر إذا ما تم بلعه (ملعقة شاي-أونس)	< ٥٠٠ < ٢٠٠٠ < أونس
الجرعة القاتلة للنصف بالجلد (LD_{50}) : صلبة : < ١٠ سائلة : ٤٠ قاتل إذا أمتص بالجلد(لذا تستخدم الملابس الواقية) يؤدي لتآكل بالعين و تلف بالقرنية ولا يمكن شفائها خلال سبعة أيام	١٠-١٠٠ ٤٠-٤٠٠ قد يكون قاتل إذا أمتص بالجلد(لذا تستخدم الملابس الواقية) يؤدي لهياج بالعين و تلف بالقرنية و يمكن شفائها خلال سبعة أيام	١٠٠-١٠٠٠ ٤٠٠-٤٠٠٠ يحدث ضرر عند إمتصاصه بالجلد يؤدي لهياج بأنسجة العين و الجلد و يمكن شفائها خلال سبعة أيام	< ١٠٠٠ < ٤٠٠٠
الجرعة القاتلة للنصف بالإستنشاق (LD_{50}) : ٠.٢ أبخرته قاتلة إذا ما أستنشق لذا يلزم لبس أقنعة	٢ أبخرته قد تكون قاتلة إذا ما أستنشق	٢٠ يحدث ضرر إذا ما أستنشق	< ٢٠
أمثلة : إندرين-لندين-كلوردان-ددت-باراثيون-سيولين-ستروابن- ديمترون-	بيدرين-ألدرين-أزودرين-أزينفوس-تمارون-دايكلورفوس-تمارون	أنثيو-دورسبان-دايميثويت-سومثيون-سيدال-سيمبوس-سمميثيدين	ميثوكسي كلور-كالثين-تديون-دياثين-أكتيليك-ملاثيون-دبترکس-جاردونا-تديفول-نمرود