

СРСП № 2

Влияние ксенобиотиков на природные процессы

В связи с неспособностью экосистем к полной биодegradации, а точнее, к полной детоксикации ксенобиотиков, создается экологическая опасность, обусловленная наличием как устойчивых (персистентных) или вообще неразлагающихся в окружающей среде ксенобиотиков, так и биодegradабельных ксенобиотиков. В этой связи возникает несколько возможных ситуаций:

– нарушение функционирования экосистем, обусловленное наличием устойчивых, неразлагающихся или разлагающихся крайне медленно ксенобиотиков; вредное действие на экосистемы здесь очевидно, поскольку в конечном итоге они, постоянно накапливаясь, будут оказывать негативное воздействие на экосистемы;

– нарушение нормального функционирования экосистем, связанное с наличием биодegradабельных ксенобиотиков и обусловленное следующими причинами: природой превращений и аккумуляцией ксенобиотиков; опасностью воздействия больших доз; воздействием малых (сублетальных) концентраций.

Рассмотрим каждую из указанных причин на отдельных примерах.

Природа превращений и аккумуляция ксенобиотиков. Способность ксенобиотиков распространяться в окружающей среде создает проблемы, связанные с длительностью их сохранения в природных условиях. Поэтому сведения о скорости разрушения веществ биологическими системами являются весьма

необходимыми и ценными. Особенно важны эти сведения для органических ксенобиотиков. Легко разрушаемые соединения большей частью не считаются потенциально опасными для окружающей среды. Тем не менее необходимо проводить сравнительный анализ и знать способность различных организмов разрушать то или иное вещество. Данное вещество может легко разрушаться в одной среде, но может быть устойчивым в других условиях.

Наряду с определением скорости разрушения вещества очень важно также изучить, какие типы веществ образуются в процессе разрушения. Если органическое вещество разрушается полностью с образованием углерода и воды, как это происходит во многих микробных системах, такого вопроса не возникает.

ДДТ оказывает очень большое влияние на природную среду; он очень устойчив к метаболическому разрушению, характеризуется низкой растворимостью в воде, липофилен. Однако, согласно установленной последовательности реакций, ДДТ все же распадается на ряд производных (рис.2.1). Так, например, при удалении атома хлора ДДТ превращается в ДДД, при отщеплении HCl – образуется ненасыщенное соединение ДДЭ. Оказывается, что ДДЭ – более опасное вещество для окружающей среды, чем ДДТ, поскольку оно еще медленнее метаболизируется и разрушается.

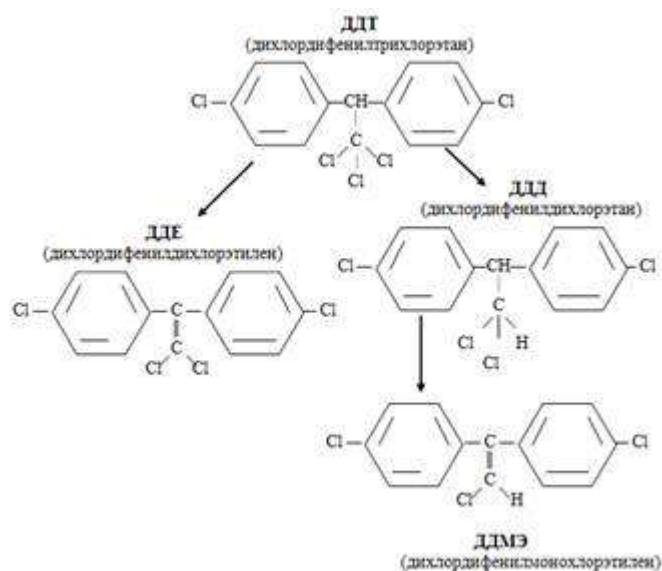


Рисунок 2.1 – Схема распада ДДТ

Превращение ДДТ в ДДЭ – основная причина возникновения экологической проблемы. Если ДДТ превращается в ДДД, то последнее вещество быстро разрушается; однако чаще ДДТ превращается в ДДЕ – соединение исключительно устойчивое, и именно этот метаболит обычно обнаруживается в окружающей среде. Если бы процесс разрушения ДДТ можно было отрегулировать так, чтобы направить его в сторону образования не ДДЭ, а только ДДД, то проблема, обусловленная попаданием ДДТ в окружающую среду, была бы значительно менее острой.

В некоторых микробиологических системах при разрушении ДДТ образуются диоксид углерода и вода, однако реальная последовательность протекающих при этом реакций не установлена.

Ключевым фактором в проблеме загрязнения окружающей среды ртутью является не только ее медленное перераспределение в биосфере, но и биотрансформация, например, превращение микроорганизмами неорганической

ртути в метилртуть. Если бы этот процесс не происходил, то поступление ртути в окружающую среду не представляло бы такой опасности по сравнению с существующей.

При оценке экологической опасности необходимо учитывать природу и процессы метаболических превращений. Важно помнить тот факт, что почти любой органический ксенобиотик может метаболизироваться в каком-либо организме, и часто в результате довольно сложных последовательностей реакций образуются многочисленные метаболиты. Степень накопления метаболитов в организме зависит от относительных скоростей их образования и последующего метаболизирования и (или) вывода из организма. Метаболит накапливается в организме, если он вырабатывается с относительно высокой скоростью, а последующие метаболические реакции идут с меньшей скоростью или скорость вывода его из организма мала по сравнению со скоростью образования.

Природу метаболических превращений следует учитывать при разработке аналитических методов. Например, при определении остатков 2,4-Д (дихлорфеноксисукусной кислоты) в обработанных этим гербицидом растениях надо учитывать следующие факты. Вещество можно экстрагировать в виде соли в водном растворе, затем снизить рН, чтобы перевести кислоту в неионизированную форму, и в такой форме экстрагировать неполярным растворителем, а затем очистить и проанализировать. В растениях обычно протекают реакции конъюгирования, и 2,4-Д может быть связан с остатками некоторых углеводов. Образованное соединение весьма полярно, и если его проэкстрагировать и подкислить, то извлечь его неполярным растворителем невозможно. Если этот факт не учитывать, то ксенобиотик можно

вообще не обнаружить. Поэтому до экстракции вещества необходимо определить возможность образования конъюгатов и разрушить их. В противном случае можно получить неадекватные данные.

Экологическая опасность больших доз биоразрушаемых ксенобиотиков и остатков неразложившихся ксенобиотиков связана с возможностью нарушения практически всех аспектов структуры и функционирования экосистем, видовое богатство и разнообразие видов, структуру популяций, стабильность и продуктивность экосистем. Необходимо подчеркнуть следующие положения: во-первых, большие дозы могут нести огромную экологическую опасность, поскольку они отравляют организмы раньше, чем эти организмы успевают их метаболизировать; во-вторых, опасность, связанная с накоплением ксенобиотиков организмами. В результате биоконцентрации может усиливаться токсическое воздействие, ухудшаться качество кормовой базы для организмов вышестоящих трофических уровней.

Опасность сублетальных (малых) концентраций (доз) обусловлена следующими факторами:

а) может происходить хроническое отравление малыми концентрациями (дозами), ведущее к падению репродуктивной способности. Например, отравление ПХБ и пестицидами способствовало бесплодию популяций тюленя в Балтийском море, что в конечном итоге может привести к вымиранию популяции (т. к. понижается рождаемость);

б) сублетальные концентрации ксенобиотиков могут нарушать тонкую регуляцию межвидовых и внутривидовых взаимодействий, которая опосредована различными хемомедиаторами и хеморегуляторами;

в) сублетальные концентрации, оказывая неодинаковое влияние на конкурентные друг с другом виды одного трофического уровня, могут нарушать естественный экологический баланс в экосистемах;

г) малые дозы ряда пестицидов, как оказалось, могут даже стимулировать воспроизводство популяций некоторых крайне нежелательных видов, наносящих экономический ущерб в агроэкосистемах. Так, в одной из серии опытов сублетальные дозы ДДТ, диэльдрин и паратион увеличивали откладку яиц колорадским жуком на 50,33 и 65 % соответственно.

Итак, изучение путей биотрансформации ксенобиотиков в экосистемах и входящих в их состав организмах показывает, что экологическая опасность ксенобиотиков-поллютантов определяется не только их непосредственной токсичностью, но и токсичностью и персистентностью продуктов их биотрансформации, а также способностью ксенобиотиков и продуктов их биотрансформации влиять на биохимические и физико-химические процессы в экосистемах.

Принципиальное значение имеет соотношение между скоростью поступления ксенобиотиков в конкретные экосистемы и скоростью их деградации.

Один из путей снижения нежелательных последствий загрязнения биосферы – разработка, производство и применение биodeградебельных соединений, т. е. материалов и веществ, относительно быстро разлагаемых в экосистемах без образования токсичных или персистентных продуктов распада.

Еще один важный путь – использование природных веществ для регуляции различных физиологических процессов и создания интегрированной системы защиты растений.

Схема действия ксенобиотиков в экосистемах представлена на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Общая схема действия экологических ксенобиотиков

Некоторые основные положения поведения ксенобиотиков в экосистемах и возможные последствия этих взаимодействий:

– ксенобиотики включают многие классы веществ, они способны мигрировать по всей биосфере и переходить из одной среды в другую: из атмосферы в океан, с суши в водоемы и т. д.;

– биологическое действие многих ксенобиотиков, действующих совместно, усиливается, т. е. в функциональном смысле мы наблюдаем эффект, больший

суммы отдельных веществ, кроме того, многие ксенобиотики или продукты их метаболизма оказываются более токсичными и канцерогенными, чем исходные;

– действию ксенобиотиков подвергаются такие структурно-функциональные системы клетки, как генетический аппарат, биомембраны, белки и их обмен;

– трансформация ксенобиотиков в объектах окружающей среды может приводить к появлению более персистентных и остатков неразложившихся соединений;

– многие ксенобиотики (например, гидрофобные пестициды, некоторые металлы и их соединения) способны аккумулироваться в живых организмах в более высоких концентрациях, чем в окружающей среде;

– экологическую опасность представляют даже низкие, сублетальные концентрации ксенобиотиков, которые (особенно при длительном воздействии) могут в течение ряда поколений снижать воспроизводство в популяциях и тем самым приводить к вымиранию этих популяций.