



Источники химической опасности. Опасные химические вещества

УДК 619:502.175:632.95.027

DOI: 10.25514/CHS.2020.2.18004

Оценка риска здоровью от поступающих с пищей пестицидов, нарушающих работу эндокринной системы

***Р. Ф. Сырку✉, Г. И. Цуркану, Ю. В. Пынзару, М. Н. Завтони, Н. И. Онополь,
А. В. Волнянски, Т. С. Тону, Р. Н. Скурту***

Национальное Агентство Общественного Здоровья Министерства Здравоохранения, Труда и Социальной Защиты, г. Кишинев, Республика Молдова, e-mail: raisasircu@mail.ru

Поступила в редакцию: 08.09.2020 г., после доработки: 14.11.2020 г., принята в печать: 20.11.2020 г.

Аннотация – Представлены результаты оценки риска для здоровья, связанного с воздействием пестицидов, нарушающих работу эндокринной системы, поступающих в организм человека с овощами и фруктами. В проанализированных растительных образцах определены остаточные количества 8 действующих веществ, входящих в состав пестицидов названной группы, среди которых фосфорорганические соединения (диметоат, диазинон, малатион, фенитротрион), карбаматы (метомил), бензимидазолы (карбендазим), дикарбоксимиды (процимидон) и дитиокарбаматы (манкозеп). Среднее значение концентрации обнаруженных веществ варьируется в диапазоне от 0,0104 (диметоат в пробах лука) до 0,12 мг/кг (карбендазим в пробах капусты). Диметоат, найденный во всех исследованных 17 продуктах питания растительного происхождения, является наиболее часто определяемым пестицидом. Суточная доза потребления данных пестицидов определена в пределах от 0,000001 до 0,00020 мг/кг массы тела. Индекс опасности варьирует в диапазоне от 0,0004 до 0,15, при этом его наименьшее значение определено для фенитротриона, максимальное – для диазинона. Комбинированный индекс опасности составляет 0,4286. Основной риск воздействия приходится на пестициды с фосфорорганическими и карбаматными группами (91,3%). Обсуждается эффект низких доз и эффект «коктейля». С целью обеспечения безопасности потребителей и снижения рисков для здоровья населения предлагается пересмотреть использование эндокринных нарушителей, таких как диазинон, диметоат, малатион, карбендазим. Риски для здоровья, связанные с «эффектом коктейля» в повседневной жизни человека, не всегда реально оценивают качество и безопасность продуктов питания, а, следовательно, и фактический риск для здоровья населения от длительного комбинированного воздействия химических веществ.

Ключевые слова: пестициды, нарушающие работу эндокринной системы, продукты питания, риск для здоровья.

Chemical hazard sources. Hazardous chemical substances

UDC: 619:502.175:632.95.027

DOI: 10.25514/CHS.2020.2.18004

Health risk assessment associated with exposure to endocrine disrupting pesticides from food

**Raisa F. Sircu, Gheorghii I. Turcanu, Iurie V. Pinzaru, Mariana N. Zavtoni,
Nicolae I. Opopol, Ana V. Volneanschi, Tatiana S. Tonu, Raisa N. Scurtu**

National Agency for Public Health, Ministry of Health, Labor and Social Protection, Chisinau,
Republic of Moldova, e-mail: raisasircu@mail.ru

Received: September 8, 2020, Revised: November 14, 2020, Accepted: November 20, 2020

Abstract – The results of assessing the health risk associated with exposure to endocrine-disrupting pesticides (EDPs) entering the human body with vegetables and fruits, are presented. Residual amounts of 8 active pesticide substances, related to EDPs have been found in analyzed plant samples, including organophosphorus compounds (dimethoate, diazinone, malathion, fenitrothion), carbamates (methomyl), benzimidazoles (carbendazim), dicarboximides (procymidone), and dithiocarbamate (mancozeb). The average content of the detected substances ranges from 0.0104 (dimethoate in onion samples) to 0.12 mg/kg (carbendazim in cabbage samples). Dimethoate is found to be the most frequently occurring pesticide as it has been detected in all the 17 food products tested. The daily intake of these EDPs is determined in the range from 0.000001 to 0.00020 mg/kg of body weight. The hazard index varies in the range from 0.0004 to 0.15, with the lowest value determined for fenitrothion, and the highest – for diazinone. The combined hazard index is 0.4286. The main exposure risk is associated with pesticides with organophosphate and carbamate groups (91.3%). The low dose effects and the cocktail effect are discussed. In order to ensure food products safety for consumers and to reduce public health risks, it is proposed to revise the use of endocrine disruptors such as diazinone, dimethoate, malathion, and carbendazim. The health risks associated with the “cocktail effect” in a person’s daily life do not always realistically assess the quality and safety of food, and, therefore, the actual risk to public health caused by long-term combined exposure to chemicals needs to be properly assessed.

Keywords: pesticides, food products, endocrine disruptors, health risk.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение пищевых продуктов химическими веществами, представляющими риск для здоровья, – это одна из глобальных проблем в области общественного здравоохранения и химической безопасности. Присутствие остаточных количеств пестицидов в овощах и фруктах является серьезной проблемой в Республике Молдова, в экономике которой значительную роль играет производство сельскохозяйственной продукции.

Известно, что даже минимальные остаточные количества пестицидов, загрязняющие продукты питания, представляют опасность, особенно, при потреблении продуктов в свежем виде [1]. С целью обеспечения безопасности пищевых продуктов остатки пестицидов контролируют с учетом максимально допустимых уровней (МДУ) и допустимых суточных доз (ДСД). МДУ – это максимальная концентрация (выраженная в мг/кг) остатков пестицида в пищевом продукте или на его поверхности, законодательно признанная в качестве приемлемой при условии правильного применения пестицидов в соответствии с принципами передовой сельскохозяйственной практики. Национальные МДУ были установлены в Санитарном регламенте Республики Молдова [2]. МДУ всегда регламентируется намного ниже уровней, считающихся безопасными для человека. Пределы безопасности химических

соединений оцениваются в сравнении с допустимой суточной дозой (ДСД). ДСД – это максимальная безвредная суточная доза токсического вещества для человека, которая не вызывает каких-либо неблагоприятных воздействий при ежедневном поступлении в организм на протяжении всей продолжительности жизни данного человека и последующих поколений [1].

В 2019 году общее количество средств защиты растений, использованных в сельскохозяйственном секторе Республики Молдова, составило 2124 тонны препаратов. Из общего числа примененных средств были использованы 932 (83%) фитосанитарных препарата на основе 190 действующих веществ. Средний уровень применения пестицидов составил 1,63 кг/га.

Используемые средства защиты растений по характеру воздействия относятся к канцерогенам, мутагенам и веществам, нарушающим работу эндокринной системы. К последней группе относятся химические вещества, присутствующие в пище и во многих продуктах, используемых в повседневной жизни, которые влияют на эндокринную систему организма и оказывают вредное воздействие на здоровье (англ. endocrine disrupting chemicals) [3–5].

Пестициды, нарушающие работу эндокринной системы, составляют большую группу ксенобиотиков, активно воздействующих на здоровье в низких концентрациях при ежедневном потреблении населением контаминированной пищи. Эти химикаты влияют на гормональную систему организма и могут привести к увеличению врожденных дефектов, сексуальных нарушений, репродуктивной недостаточности и к увеличению риска развития онкологических заболеваний репродуктивных органов [6–9].

Мониторинг уровней остаточных количеств пестицидов может помочь гарантировать качество продуктов питания и оценить риски для здоровья. Это направление является одним из важных видов деятельности Национального Агентства Общественного Здоровья в секторе здравоохранения Республики Молдова.

Настоящее исследование было проведено с целью оценки риска для здоровья населения, связанного с воздействием пестицидов, нарушающих работу эндокринной системы, поступающих в организм человека с овощами и фруктами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Из различных сельскохозяйственных зон Республики Молдова в период 2013-2017 годов было отобрано 1370 проб из 17 продуктов питания растительного происхождения. Это пробы лука, томатов, огурцов, капусты, сладкого перца, перца, цветной капусты, чеснока, дыни, арбуза, яблок, груш, винограда, слив, персиков, абрикосов.

Определение остаточных количеств пестицидов, нарушающих работу эндокринной системы, проводили методом газовой хроматографии и ВЭЖХ-МС/МС с пробоподготовкой QuEChERS (англ.: quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe; быстрый, простой, дешевый, эффективный и безопасный) и дополнительной очисткой экстрактов методом дисперсионной жидкостно-

жидкостной микроэкстракции, позволяющим проводить в рамках одного анализа одновременное определение нескольких ксенобиотиков.

Экстракцию остаточных количеств пестицидов осуществляли путем добавления ацетонитрила к 10 г гомогенизированного замороженного образца. После добавления смеси сульфата магния, хлористого натрия и натрий цитратного буфера (pH 5,0–5,5) образец встряхивали и центрифугировали для разделения фаз. Аликвоту органической фазы (6 мл) очищали методом дисперсионной твердофазной экстракции (DSPE, dispersive solid phase extraction) с использованием сульфата магния (900 мг). Экстракт очищали аминсорбентами (150 мг ПСА), затем 500 мкл экстрагированной пробы с 25 мкл муравьиной кислоты анализировали методом газовой и жидкостной хроматографии, масс-спектрометрии.

Использовали следующее оборудование: системы ГХ/МС Agilent 7890/7000 с тройным квадруполом и Agilent LC/MS 7890 Triple квадрупольной системы (Agilent Technologies, США).

Полученные результаты концентраций остаточных количеств пестицидов в проанализированных образцах сравнивали с МДУ.

Расчет суточной дозы потребления (СДП, англ.: estimated daily intake, EDI) проводили по формуле:

$$\text{СДП} = C \times \Pi / M,$$

где С – концентрация остатков пестицидов в продукте (мг/кг);

Π – среднесуточное потребление пищи на человека (кг/день);

М – средняя масса тела (М принята равной 60 кг) [10].

Среднесуточное потребление фруктов и овощей на человека оценивалось по минимальным нормам питания, включенным в продовольственную корзину прожиточного минимума [11].

Для оценки риска рассчитанная СДП сравнивалась с ДСД (англ. acceptable daily intake, ADI). Индексы опасности получали путем деления значения СДП на значение ДСД. В тех случаях, когда индекс опасности больше единицы, это указывает на то, что уровень поступления остаточных количеств пестицидов с контаминированными продуктами питания на протяжении всей жизни может представлять опасность для здоровья. Риск для здоровья тем больше, чем ближе к единице приближается значение индекса опасности.

Токсикологическая информация по допустимым суточным дозам доступна в базе данных ЕС по пестицидам [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В проанализированных пробах 17 видов овощей и фруктов было обнаружено 8 действующих веществ пестицидов: это диметоат, метомил, карбендазим, малатион, процимидон, диазинон, манкозеп, фенитротрион. Эти вещества относятся к 5 группам химических соединений – фосфорорганические вещества, карбаматы, бензимидазолы, дикарбоксимиды и дитиокарбаматы (табл. 1).

Таблица 1. Структура пестицидов, обнаруженных в продуктах питания

Table 1. Structure of pesticides detected in plant food products

Название	Название по ИЮПАК	Молекулярная структура	CAS номер
Фосфорорганические			
Диметоат (Dimethoate)	О,О-диметил S-[2-(метиламино)-2-оксоэтил] дитиофосфат		16752-77-5
Диазинон (Diazinone)	О,О-диэтил-О-(2-изопропил-6-метил-пиримидин-4-ил)тиофосфат		333-41-5
Малатион (Malathion)	Диэтил 2-[(диметоксифосфоротиоил)сульфанил]бутандиоат		121-75-5
Фенитротион (Fenitrothion)	О,О-Диметил О-(3-метил-4-нитрофенил)фосфоротиоат		122-14-5
Карбаматы			
Метомил (Methomyl)	(Е, Z)-метил N-[[(метиламино)карбонил]окси]этанимидотиоат		16752-77-5
Бензимидазолы			
Карбендазим (Carbendazim)	Метил 1Н-бензимидазол-2-илкарбамат		10605-21-7
Дикарбоксимиды			
Проксимидон (Proscymidone)	3-(3,5-Дихлорофенил)-1,5-диметил-3-азабицикло[3.1.0]гексан-2,4-дион		32809-16-8
Дитиокарбаматы			
Манкозеб (Mancozeb)	Комбинация фунгицидов Maneb и Zineb	$\left[\text{Mn}^{2+} \left(\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} \end{array} \right)^{2-} \right]_x \cdot \left[\text{Zn}^{2+} \left(\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} \end{array} \right)^{2-} \right]_y$	

В списке пестицидов международной организации Pesticide Action Network [13] все обнаруженные вещества, перечислены как пестициды, нарушающие работу эндокринной системы.

В таблице 2 представлена информация о загрязнении остаточными количествами пестицидов различных видов овощей и фруктов, о количестве проанализированных проб каждого продукта, минимальном, максимальном и среднем значении найденных концентраций, а также максимально допустимом уровне действующих веществ пестицидов.

Таблица 2. Концентрация остаточных количеств пестицидов, обнаруженная в пробах овощей и фруктов, мг/кг

Table 2. Concentration of pesticide residues detected in vegetables and fruits samples, mg/kg

Проба	Количество проб	Пестицид	Максимум	Минимум	Отклонение	Среднее	МДУ
картофель	48	диметоат	0,020	0,010	0,005	0,0129	0,01
лук	26	диметоат	0,020	0,004	0,004	0,0104	0,01
томаты	21	метомил	0,050	0,050	-	0,0500	0,01
		диметоат	0,100	0,001	0,021	0,0201	0,01
огурцы	63	карбендазим	0,060	0,010	0,0105	0,0700	0,10
		диметоат	0,020	0,010	0,005	0,0138	0,01
капуста	68	малатион	0,040	0,040	-	0,0400	0,02
		карбендазим	0,180	0,020	0,060	0,1200	0,10
		диметоат	0,030	0,010	0,008	0,0172	0,01
сладкий перец	75	процимидон	0,020	0,020	-	0,0200	0,01
		диметоат	0,020	0,008	0,006	0,0146	0,01
перец	1	диметоат	0,020	0,020	-	0,0200	0,01
цветная капуста	10	диметоат	0,040	0,010	0,021	0,0250	0,02
чеснок	17	диметоат	0,0200	0,010	0,005	0,0171	0,01
дыня	8	диметоат	0,0200	0,020	-	0,0200	0,01
арбуз	16	диметоат	0,0200	0,010	0,006	0,0167	0,01
яблоки	678	диазинон	0,0500	0,002	0,018	0,0167	0,01
		диметоат	1,1000	0,001	0,074	0,0207	0,01
		фенитроцион	0,080	0,002	0,024	0,0145	0,01
		малатион	0,640	0,004	0,231	0,1186	0,02
		манкозеп	0,1300	0,020	0,060	0,070	5,00
груша	24	диметоат	0,020	0,008	0,005	0,0126	0,01
виноград	278	процимидон	0,040	0,001	0,015	0,0178	0,01
		диметоат	0,05	0,002	0,011	0,0150	0,01
слива	27	диметоат	0,02	0,008	0,006	0,0147	0,01
персик	6	диметоат	0,025	0,025	-	0,0250	0,01
абрикос	5	диметоат	0,0200	0,020	-	0,02	0,01

Как видно из представленных данных, максимальная концентрация остаточных количеств пестицидов колеблется в пределах от 0,02 до 1,1 мг/кг (диметоат в пробах яблок). Минимальная концентрация остаточных количеств пестицидов колеблется в пределах от 0,001 до 0,05 мг/кг. Средний уровень

концентрации находится в пределах от 0,0104 (диметоат в пробах лука) до 0,12 мг/кг (карбендазим в пробах капусты). Из фруктов наиболее контаминированными оказались пробы яблок, в которых найдены остаточные количества 5 пестицидов, из овощей – капуста, в которой обнаружены 3 пестицида. В томатах, огурцах, сладком перце, винограде были определены по 2 пестицида в каждом продукте.

В таблице 3 представлена информация о распределении найденных пестицидов по химическим группам (5 групп) и видам растениеводческой продукции (17 видов). Основную группу составляют фосфорорганические пестициды, к ней относятся 4 вида обнаруженных пестицидов: диметоат, диазинон, малатион и фенитроцион. Относительно этой группы химических соединений следует отметить, что они широко применяются как инсектициды для защиты от вредителей плодовоовощных культур в сельском хозяйстве Республики Молдова. Мониторинг остаточных количеств фосфорорганических пестицидов в овощах и фруктах на протяжении ряда лет показал их присутствие, как правило, в концентрациях на уровне МДУ и ниже, а также превышение максимально допустимых уровней содержания остаточных количеств этих пестицидов [14, 15].

Метомил входит в группу карбаматов, манкозеп – дитиокарбаматов, процимидон – дикарбиксиминов и карбендазим – в группу бензимидазолов. Диметоат является наиболее часто обнаруживаемым контаминантом, найденным во всех проанализированных овощах и фруктах. Далее следуют малатион, процимидон и карбендазим, каждый из них обнаружен в двух продуктах. Диазинон, фенитроцион и манкозеп были найдены в пробах яблок, метомил – в томатах. По действию на организмы фосфорорганические пестициды и карбаматы относятся к инсектицидам, а дитиокарбаматы, дикарбиксимины и бензимидазолы – к фунгицидам.

Значения найденных концентраций остаточных количеств пестицидов были использованы для расчета суточной дозы потребления (СДП). Значения СДП были определены в пределах от 0,000001 до 0,00020 мг/кг массы тела (таблица 4). Как видно из представленных в таблице данных, рассчитанные значения суточной дозы потребления меньше значений допустимой суточной дозы. Индекс опасности, рассчитанный как отношение СДП к ДСД, колеблется в диапазоне от 0,0004 до 0,15. Наименьшее значение определено для фенитроциона, максимальное – для диазинона.

В общий индекс опасности (таблица 4), равный 0,402, основной вклад внесли индексы, рассчитанные для диметоата (0,032) и диазинона (0,15), обнаруженных в яблоках, а также диметоата (0,02) в образцах капусты, томатов (0,017), персика (0,014) и метомила (0,016) в томатах (около 62%). Несмотря на то, что суммарный индекс опасности проанализированных пестицидов не превышает единицу, при рассмотрении риска для здоровья следует учитывать, что длительное поступление в организм человека данных ксенобиотиков с продуктами питания может привести к риску развития различных эндокринных заболеваний.

Таблица 3. Распределение найденных пестицидов по группам и продуктам питания

Table 3. Distribution of detected pesticides by groups and food products

Химическая группа и пестициды	Действие на организмы	Продукт	Количество продуктов
<i>Фосфорорганические:</i>			
диметоат	инсектицид	Картофель, лук, томаты, огурцы, капуста, сладкий перец, перец, цветная капуста, чеснок, дыня, арбуз, яблоки, груша, виноград, слива, персик, абрикос	17
диазинон		яблоки	1
малатион		капуста, яблоки	2
фенитротион		яблоки	1
<i>Карбаматы:</i>	инсектицид		
метомил		томаты	1
<i>Дитиокарбаматы:</i>	фунгицид		
манкозёб		яблоки	1
<i>Дикарбоксимиды:</i>			
процимидон		сладкий перец, виноград	2
<i>Бензимидазолы:</i>			
карбендазим		огурцы, капуста	2

Общепризнанно, что для большинства химических веществ существует пороговая доза токсического воздействия, ниже которой неблагоприятного влияния на организм нет. В последние годы классическая (монотонная) парадигма доза-ответ была поставлена под сомнение так называемой «гипотезой о низкой дозе», особенно в случае веществ, нарушающих работу эндокринной системы [16–18]. Согласно этой гипотезе, ряд химических веществ, в частности, эндокринные дисрегуляторы, могут оказывать «эффекты низкой дозы», то есть, существенно влиять на организм человека в диапазоне типичного воздействия и не проявляться при более высоких дозах, что может приводить к немонотонному профилю доза-ответ, например, U-образному [19, 20]. При немонотонной связи между дозой и эффектом невозможно провести простую монотонную экстраполяцию от высоких до низких доз во время оценки риска этих веществ. Таким образом, безопасный уровень дозы, определенный по результатам испытаний с высокой дозой, не гарантирует безопасность при более низких непроверенных дозах, которые могут быть ближе к реальным уровням воздействия на человека [21].

Исследованиями показано, что некоторые химические вещества с гормоноподобной активностью, например, некоторые пестициды, диоксины, полихлорированные дифенилы, полихлорированные дибензофураны и бисфенол А, вызывают эффекты низких доз. Хотя некоторые эффекты, о которых сообщалось при низких дозах, предполагают наличие немонотонных кривых доза-ответ (NMDRC), немонотонность не является синонимом

«эффектов низких доз». В NMDRC наклон кривой меняет знак в пределах диапазона исследуемых доз [16, 17].

Таблица 4. Суточная доза потребления и индекс опасности обнаруженных остаточных количеств пестицидов, нарушающих работу эндокринной системы

Table 4. Estimated daily intake and hazard index of endocrine disrupting pesticides residues found in this work

Продукт	Пестицид	Допустимая суточная доза, мг/кг массы тела/день	Суточная доза потребления, мг/кг массы тела/день	Индекс опасности
Картофель	диметоат	0,001	0,000070	0,07
Лук	диметоат	0,001	0,000007	0,007
Огурцы	карбендазим	0,02	0,000026	0,001
	диметоат	0,001	0,000005	0,005
Томаты	метомил	0,0025	0,000040	0,016
	диметоат	0,001	0,000017	0,017
Капуста	диметоат	0,001	0,00002	0,020
	карбендазим	0,02	0,000013	0,0006
	малатион	0,03	0,00004	0,001
Сладкий перец	диметоат	0,001	0,000004	0,004
	процимидон	0,0028	0,000005	0,002
Перец	диметоат	0,001	0,000002	0,002
Цветная капуста	диметоат	0,001	0,000026	0,003
Чеснок	диметоат	0,001	0,000001	0,001
Дыня	диметоат	0,001	0,000006	0,006
Арбуз	диметоат	0,001	0,000005	0,005
Яблоки	диазинон	0,0002	0,00003	0,15
	диметоат	0,001	0,00003	0,032
	фенитроцион	0,05	0,00002	0,0004
	малатион	0,03	0,00020	0,006
	манкозеп	0,05	0,00020	0,004
Груша	диметоат	0,001	0,000007	0,007
Виноград	процимидон	0,0028	0,000008	0,003
	диметоат	0,001	0,000007	0,007
Слива	диметоат	0,001	0,000008	0,008
Персик	диметоат	0,001	0,000014	0,014
Абрикос	диметоат	0,001	0,000010	0,01
				$\Sigma = 0,402$

До сих пор не было достигнуто научного консенсуса в отношении достоверности исследований, подтверждающих гипотезу о низкой дозе. Тем не менее, был опубликован ряд новых исследований, которые могут обеспечить дополнительную поддержку этой гипотезы. Отсюда понятен интерес к тому, как гипотеза низкой дозы может быть принята во внимание при оценке химического риска и безопасности пищевых продуктов [21].

В повседневной жизни человек одновременно подвергается воздействию различных химических веществ. При таком воздействии могут возникнуть

комбинированные эффекты, также известные как «коктейльные эффекты» [22–25].

В этом случае недооценивается риск для здоровья человека от комбинированного воздействия химических веществ в реальной жизни. Эффект коктейля означает, что в процессе принятия регулирующими органами решения о безопасных уровнях воздействия, т. е. «оценки риска», когда воздействие отдельных химических веществ рассматриваются по отдельности, игнорируется реальность того, что люди и живая природа постоянно подвергаются воздействию многих химических веществ одновременно [26–28].

Остаточные количества пестицидов, обнаруженные в данной работе, относятся к разным химическим группам (табл. 1, 3). Попытка оценить комбинированный эффект их опасности представлен в таблице 5. Соединения, которые имеют общий механизм действия (диметоат, диазинон, фенитроцион, малатион) принадлежат к фосфорорганическим и карбаматным (метомил) группам. Обе группы являются ингибиторами ацетилхолинэстеразы. Кумулятивный индекс опасности при воздействии пестицидов этих групп составляет 0,3914. Получается, что в общей сумме индекса опасности, равной 0,4286, риску, сформированному фосфорорганическими и карбаматными группами, принадлежит главная доля – 91,3%.

Таблица 5. Комбинированный индекс опасности остаточных количеств пестицидов

Table 5. Combined pesticide residue hazard index

Химическая группа	Пестицид	Суточная доза потребления, СДП, мг/кг массы тела	Индекс опасности
Фосфорорганические	Диметоат	0,00024	0,218
	Диазинон	0,00003	0,15
	Малатион	0,00024	0,007
	Фенитроцион	0,00002	0,0004
Карбаматы	Метомил	0,00004	0,016
		$\Sigma = 0,00057$	$\Sigma = 0,3914$ 91,3%
Бензимидазоды	Карбендазим	0,000039	0,0016
Дикарбоксиимиды	Процимидон	0,000013	0,005
Дитиокарбаматы	Манкозоб	0,00020	0,004
			0,0266
Σ		$\Sigma = 0,00082$	$\Sigma_{общий} = 0,4286$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая полученные результаты, следует подчеркнуть, что эндокринные нарушения – это форма токсичности, при которой трудно доказать или отклонить ее участие в связи с тем, что вещества, вызывающие эти нарушения, воздействуют на организм в малых дозах (на уровне биллионных частей). Поэтому крайне важен мониторинг пестицидов, нарушающих работу эндокринной системы. Такой мониторинг, наряду с прогрессом аналитических методов их определения, а также оценкой потенциального риска воздействия этих ксенобиотиков на здоровье в будущем могут служить основой для

внесения необходимых изменений в нормативные документы по качеству пищевых продуктов с целью профилактики и контроля контаминации, а также минимизации рисков для здоровья населения.

При этом важным подходом к идентификации опасностей, вызванных присутствием в пище остаточных количеств различных пестицидов, является оценка комбинированного риска. Учитывая «эффект коктейля», когда в повседневной жизни организм человека подвергается воздействию различных остаточных количеств пестицидов и других химических веществ, хотя и в малых дозах, не всегда реально можно оценить качество и безопасность продуктов питания, а, следовательно, и фактический риск для здоровья населения от одновременного длительного комбинированного эффекта химических веществ. С целью обеспечения безопасности потребителей и снижения рисков для здоровья населения следует пересмотреть использование эндокринных нарушителей, таких, как диазинон, диметоат, малатион, карбендазим.

Список литературы / References:

1. Keikotlhaile, B.M., & Spanoghe, P. (2011). *Pesticide residues in fruits and vegetables*. In: *Pesticides – Formulations, Effects, Fate*. pp. 243 - 252. DOI: 10.5772/13440. <https://www.intechopen.com/books/pesticides-formulations-effects-fate/pesticide-residues-in-fruits-and-vegetables> (accessed 08.09.2020).
2. Government Decision of the Republic of Moldova. Sanitary Regulation approved by Government Decision 1191 of 23 December 2010, art. 3, pp. 5 - 14 (in Romanian).
3. Vitku, J., Heracek, J., Sosvorova, L., Hampl, R., Chlupacova, T., Hill, M., Sobotka, V., Bicikova, M., & Starka, L. (2016). Associations of bisphenol A and polychlorinated biphenyls with spermatogenesis and steroidogenesis in two biological fluids from men attending an infertility clinic. *Environment International*, 89-90, 166 - 173. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.021>
4. Hond, D.E., Tournaye, H., De Sutter P., Ombelet, W., Baeyens, Covaci, A., Cox, B., Nawrot, T.S., Larebeke, N.V., & D'Hooghe, T. (2015). Human exposure to endocrine disrupting chemicals and fertility: a case-control study in male subfertility patients. *Environment International*, 84, 154 - 160. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.07.017>
5. Endocrine disruptors and child health. https://www.who.int/ceh/publications/endocrine_disruptors_child/en/ (accessed 08.09.2020).
6. Combarous, Y. (2017). Endocrine Disruptor Compounds (EDCs) and agriculture: The case of pesticides. *Comptes Rendus Biologies*, 340(9-10), 406 - 409. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2017.07.009>
7. Orton, F., Rosivatz, E., Scholze, M., & Kortenramp, A. (2011). Widely used pesticides with previously unknown endocrine activity revealed as in vitro antiandrogenes *Environmental Health Perspectives*, 119(6), 794 - 800. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002895>
8. Lan, Z., Kim, H.T., Shun, B.K., Chen, H.X., & Kim, S.H. (2015). Triclosan exhibits a tendency to accumulate in the epididymis and shows sperm toxicity in male Sprague-Dawley rats. *Journal of Environmental Toxicology and Public Health*, 30, 83 - 91. <https://doi.org/10.1002/tox.21897>
9. Jurewicz, J., Radwan, M., Wielgomas, B., Kałużny, P., Klimowska, A., Radwan, P., & Hanke, W. (2018). Environmental levels of triclosan and male fertility. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(6), 5484 - 5490. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0866-5>

10. Akoto, O., Gavor, S., Appah, M.K., & Apau, J. (2015). Estimation of human health risk associated with the consumption of pesticide-contaminated vegetables from Kumasi, Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(5), 244 - 253. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4471-0>
11. Annex of the Government Decision of the Republic of Moldova no. 285 of 30.04.2013 (in Romanian). https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=19426&lang=ro (accessed 08.09.2020).
12. EU - Pesticides database. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN> (accessed 08.09.2020).
13. Pesticide Action Network. List of Lists. 2009. <http://www.pan-uk.org> (accessed 08.09.2020).
14. Sircu, R., Turcanu, Gh., Opopol, N., Pinzaru, Iu., Manceva, T., & Scurtu, R. (2019). Pesticides residue determination in vegetables and fruits commonly used in Republic of Moldova and estimation of human intake. *Chemistry Journal of Moldova*, 14(2), 62 - 71. <http://dx.doi.org/10.19261/cjm.2019.584>
15. Sircu, R., Pinzaru, Iu., Opopol, N., & Scurtu, R. (2015). Health risk related to the intake of pesticides in the Republic of Moldova. *International Journal of Advanced Research*, 3(7), 628 - 633. <http://www.journalijar.com>
16. Vandenberg, L.N., Colborn, T., Hayes, T.B., Heindel, J.J., Jacobs, D.R., Lee, D.H., Shioda, T., Soto, A.M., vom Saal, F.S., Welshons, W.V., Zoeller, R.T., & Myers, J.P. (2012). Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and nonmonotonic dose responses. *Endocrine Reviews*, 33(3), 378 - 455. <https://doi.org/10.1210/er.2011-1050>
17. Vandenberg, L. (2012). *When the dose doesn't make the poison: low dose effects and endocrine disrupting chemicals*. In: *Low-dose-response in toxicology and risk assessment*. EFSA's 17th Scientific Colloquium. Summary Report. European Food Safety Authority. P. 17 - 18. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2012.EN-353>
18. Pratt, I. (2012). *Low dose effects – impact for risk assessment*. In: *Low-dose-response in toxicology and risk assessment*. EFSA's 17th Scientific Colloquium. Summary Report. European Food Safety Authority. P. 18 - 19. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2012.EN-353>
19. Rhomberg, L.R., & Goodman, J.E. (2012). Low-dose effects and nonmonotonic dose-responses of endocrine disrupting chemicals: Has the case been made? *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 64, 130 - 133. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2012.06.015>
20. Kortenkamp, A. (2014). Low dose mixture effects of endocrine disrupters and their implications for regulatory thresholds in chemical risk assessment. *Current Opinion Pharmacology*, 19, 105 - 111. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2014.08.006>
21. Orton, F., Ermler, S., Kugathas, S., Rosivatz, E., Scholze, M., & Kortenkamp, A. (2014). Mixture effects at very low doses with combinations of anti-androgenic pesticides, antioxidants, industrial pollutant and chemicals used in personal care products. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 278, 201 - 208. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2013.09.008>
22. 4th Workshop on international harmonization on the risk assessment of combined exposures to chemicals. <http://www.euromixproject.eu/2019/05/09/4th-workshop-on-international-harmonisation-on-the-risk-assessment-of-combined-exposures-to-chemicals/> (accessed 08.09.2020).
23. Summary Report (2019). FAO/WHO Expert Consultation on Dietary risk assessment of chemical mixtures (Risk assessment of combined exposure to multiple chemicals). WHO, Geneva, https://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/Euromix_Report.pdf (accessed 08.09.2020).
24. Christiansen, S., Kortenkamp, A., Axelstad, M., Boberg, J., Scholze, M., Jacobsen, P.R., Faus, M., Lichtensteiger, W., Schlumpf, M., Burdorf, A., & Hass, U. (2012). Mixtures of endocrine disrupting contaminants modelled on human high end exposures: an exploratory study in rats. *International Journal of Andrology*, 35(3), 303 - 316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2011.01242.x>

25. Roth, N., & Wilks, M.F. (2018). Combination (“cocktail”) effects of pesticide residues in food. SCAHT report for FSVO. P. 50.
26. Birgersson, L., Borbély, G., Caporale, N., Germain, P.L., Leemans, M., Rendel, F., D’Agostino, G.A., Bressan, R.B., Cavallo, F., Chorev, N.E., Kos, V.M., Lazzarin, M., Pollard, S.M., Sundström, B., Tobon, A.L., Trattaro, S., Zanella, M., Bergman, A., Damdimopoulou, P., Jönsson, M., Kiess, W., Kitraki, E., Kiviranta, H., Öberg, M., Rantakkoko, P., Ruden, C., Söder, O., Bornehag, C.-G., Demeneix, B., Fini, J.-B., Gennings, C., Nanberg, E., Rüegg, J., Sturve, J., & Testa, G. (2017). From Cohorts to Molecules: Adverse Impacts of Endocrine Disrupting Mixtures. *bioRxiv*, 206664. <https://doi.org/10.1101/206664>
27. Bopp, S.K., Barouki, R., Brack, W., Costa, S.D., Dorne, J.-L.C.M., Drakvik, P.E., Faust, M., Karjalainen, T.K., Kephelopoulos, S., van Klaveren, J., Kolossa-Gehring, M., Kortenkamp, A., Lebre, E., Lettieri, T., Norager, S., Rüegg, J., Tarazona, J.V., Trier, X., & Bergman, A. (2018). Current EU research activities on combined exposure to multiple chemicals. *Environment International*, 120, 544 - 562. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.037>
28. Kortenkamp, A., & Faus, M. (2018). Regulate to reduce chemical mixture risk. *Science*, 361 (6399), 224 - 226. DOI: 10.1126/science.aat9219