

ԽՆՁՈՐԻ ՍՊԱՌՄԱՐԲ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՔԼՈՐՊԻՐԻՖՈՍԻ ՌԻՍԿԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՐԵՎԱՆԻ ԲՆԱԿՉՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ

ՏԱՐՈՆ ԿԱՐԵՅԱՆ

ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնի կրտսեր գիտաշխատող
taron.kareyan@cens.am

ՄԵԼԻՆԵ ԲԵԳԼԱՐՅԱՆ

Պարենային անվտանգության և սննդանյութերի գնահատման խմբի ղեկավար,
ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն,
տեխնիկական գիտությունների թեկնածու
meline.beglaryan@cens.am

ԴԱՎԻԹ ՊԻՊՈՅԱՆ

Սննդի շղթայի ռիսկերի գնահատման տեղեկատվական-վերլուծական կենտրոնի ղեկավար,
ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն,
սննդագիտության դոկտոր (Իտալիա)
david.pipoyan@cens.am

DOI: 10.54503/978-9939-481-23-4-492

Համառոտագիր

Քլորպիրիֆոսը ֆոսֆորօրգանական խմբին պատկանող պեստիցիդ է, որը լայնորեն կիրառվում է գյուղատնտեսության մեջ, սակայն վերջին տարիներին մի շարք երկրներում արգելվել է՝ ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերի պատճառով: Քլորպիրիֆոսը դեռևս մնում է գրանցված Հայաստանում և լայնորեն կիրառվում է գյուղատնտեսության մեջ: Այս հետազոտության նպատակն է գնահատել Երևանի չափահաս բնակչության կողմից սպառվող խնձորում քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակություններով պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը: Բուսական ծագում ունեցող մթերքում մնացորդային նյութերի առկայության մոնիթորինգային ծրագրի շրջանակում 2021թ. հայտնաբերվել է, որ ՀՀ տարբեր մարզերում աճեցված խնձորի նմուշների 33.3%-ում առկա են քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակություններ, որոնք որոշ նմուշներում գերազանցում են առավելագույն մնացորդային մակարդակները: Թեև քլորպիրիֆոսի սուր ներգործությամբ պայմանավորված առողջական ռիսկերի գնահատումը ցույց է տվել, որ Երևանի չափահաս բնակչության կողմից խնձորի սպառման դեպքում հանրային առողջապահական մտահոգություններ չկան, սակայն քրոնիկ ներգործության դեպքում՝ խնձորի բարձր սպառում ունեցող խմբում (95-րդ պերսենտիլ և առավելագույն սպառման մակարդակ) առկա են հնարավոր մտահոգություններ, քանի որ ստացված ներգործության սահմանի արժեքները փոքր են 1000-ից: Արդյունքներն ընդգծում են ՀՀ-ում քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների շարունակական մշտադիտարկման և պատշաճ գյուղատնտեսական գործելակերպերի ներդրման անհրաժեշտության մասին:

Բանալի բառեր և բառակապակցություններ՝ միրգ, պեստիցիդ, մնացորդային քանակություն, սննդակարգային ներգործություն:

RISK ASSESSMENT OF CHLORPYRIFOS DUE TO THE APPLE CONSUMPTION AMONG THE POPULATION OF YEREVAN

TARON KAREYAN

National Academy of Sciences of the Republic of Armenia
Centre for Ecological–Noosphere Studies
Junior researcher
taron.kareyan@cens.am

MELINE BEGLARYAN

National Academy of Sciences of the Republic of Armenia
Centre for Ecological–Noosphere Studies
Head of the Food Security and Nutrients Assessment Group
PhD in Engineering
meline.beglaryan@cens.am

DAVIT PIPOYAN

Head of the Informational–Analytical Centre for Risk Assessment of Food Chain
Centre for Ecological–Noosphere Studies, NAS RA
Doctor in Food Science (Italy)
david.pipoyan@cens.am

Abstract

Chlorpyrifos is an organophosphate pesticide widely used in agriculture, but it has been banned in several countries in recent years due to the potential health risks associated with its exposure. Chlorpyrifos is still registered in Armenia and is widely used in agriculture. This study aims to assess the potential health risks associated with chlorpyrifos residues in apples consumed by the adult population of Yerevan. As part of the national residue monitoring program for plant–origin products in 2021, it was found that 33.3% of apple samples grown in various regions of the Republic of Armenia contained chlorpyrifos residues, some exceeding the maximum residue levels. Although the assessment of the acute health risk associated with chlorpyrifos exposure showed no concerns to public health due to the consumption of apples by the adult population of Yerevan, there are potential chronic risks for populations with a high level of consumption (P95 and maximum level) due to chronic exposure, since the values of the margin of exposure obtained were below 1000. The results emphasise the need for continuous monitoring of chlorpyrifos residues in the Republic of Armenia and the implementation of good agricultural practices.

Keywords and phrases: Fruits, pesticides, residues, dietary exposure.

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛОРПИРИФОСА ПРИ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЯБЛОК НАСЕЛЕНИЕМ ЕРЕВАНА

ТАРОН КАРЕЯН

Младший научный сотрудник
Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА
taron.kareyan@cens.am

МЕЛИНЕ БЕГЛАРЯН

Руководитель группы по оценке продовольственной безопасности и нутриентов
Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА
кандидат технических наук
meline.beglaryan@cens.am

ДАВИД ПИПОЯН

Руководитель информационно-аналитического центра по оценке рисков пищевой
цепи
Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА
доктор пищевых наук (Италия)
david.pipoyan@cens.am

Аннотация

Хлорпирифос является фосфорорганическим пестицидом, широко используемым в сельском хозяйстве, но в последние годы он был запрещен в ряде стран из-за потенциальных рисков для здоровья, связанных с его воздействием. Хлорпирифос по-прежнему зарегистрирован в Армении и широко используется в сельском хозяйстве. Целью данного исследования является оценка потенциальных рисков для здоровья, связанных с остаточными количествами хлорпирифоса в яблоках, потребляемых взрослым населением города Еревана. В рамках программы мониторинга остаточных веществ в продуктах растительного происхождения в 2021 году было выявлено, что в 33,3% образцов яблок, выращенных в различных регионах РА, присутствуют остаточные количества хлорпирифоса, причём в некоторых образцах они превышают максимально допустимые уровни. Хотя оценка острых рисков для здоровья показала отсутствие значимых угроз для общественного здоровья при потреблении яблок взрослым населением Еревана, при хроническом воздействии выявлены потенциальные риски в группе с высоким уровнем потребления яблок (95-й перцентиль и максимальный уровень потребления), поскольку полученные значения предела воздействия оказались ниже 1000. Полученные результаты подчёркивают необходимость постоянного мониторинга остаточных количеств хлорпирифоса в РА, а также внедрения надлежащих сельскохозяйственных практик.

Ключевые слова и фразы: фрукты, пестициды, остатки, пищевое воздействие.

Ներածություն

Բուսալիան ծագում ունեցող մթերքներում պեստիցիդների մնացորդային

քանակությունների առկայությունը շարունակում է մնալ հանրային առողջապահական և սննդի անվտանգության կարևորագույն խնդիր, հատկապես՝ զարգացող երկրներում, որտեղ ինտենսիվ գյուղատնտեսությունն ուղեկցվում է բույսերի պաշտպանության քիմիական միջոցների կիրառմամբ **[14]**: Ֆոսֆորօրգանական խմբին պատկանող պետիցիդներից քլորպիրիֆոսը լայնորեն կիրառվում է գյուղատնտեսության մեջ վնասատուների դեմ պայքարի նպատակով: Այս նյութի լայն կիրառությունը, հատկապես՝ զարգացող երկրներում, պայմանավորված է ազդեցության լայն սպեկտրով և համեմատաբար մատչելի գնով **[16]**: Առողջապահության համաշխարհային կազմակերպության (ԱՀԿ) դասակարգմամբ՝ քլորպիրիֆոսը պատկանում է II դասի միջին վտանգավորության նյութերի շարքին **[7]**: 2024թ. առաջարկվել է քլորպիրիֆոսը ներառել Ստոկհոլմի կոնվենցիայի կայուն օրգանական աղտոտիչների (ԿՕԱ) ցանկում, իսկ 2025թ. այդ որոշումը մտել է ուժի մեջ **[20, 24]**: Վերջին տարիներին իրականացված հետազոտությունները փաստում են քլորպիրիֆոսի հնարավոր գենոտոքսիկ ազդեցության մասին, հատկապես՝ բնակչության առավել խոցելի խմբերի համար **[13, 17, 23]**: Քլորպիրիֆոսի ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր բացասական ազդեցության տեսանկյունից խոցելի խմբեր են համարվում ֆերմերներն ու թունաքիմիկատներ կիրառողները, սակայն հիմնական մտահոգությունը կապված է սննդի միջոցով մնացորդային քանակությունների ընդունման հետ **[9]**: Այդ իսկ պատճառով քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման թույլատրելի չափաքանակը (ADI) զգալիորեն իջեցվել է՝ հասցվելով օրական 0.01 մգ/կգ **[22, 29]**: Մանդամթերքի անվտանգության եվրոպական մարմինը (EFSA) նշում է քլորպիրիֆոսի և քլորպիրիֆոս-մեթիլի ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական մտահոգությունների, մասնավորապես՝ նեյրոտոքսիկ ազդեցության մասին: Հաշվի առնելով նշված հանգամանքները՝ 2020թ. Եվրոպական հանձնաժողովը որոշել է չերկարաձգել քլորպիրիֆոսի կիրառման թույլտվությունները և իջեցրել դրա մնացորդների առավելագույն սահմանները (MRL) մինչև լաբորատոր հայտնաբերման սահմանաչափը **[6, 9, 10]**: Նմանատիպ մոտեցում է ցուցաբերել նաև ԱՄՆ-ի Շրջակա միջավայրի պաշտպանության գործակալությունը (EPA), որը չեղյալ է համարել քլորպիրիֆոսի համար ընդունված բոլոր առողջապահական և թույլատրելի ցուցանիշները և սկսել է արտադրանքի գրանցման վերանայում՝ սննդակարգային ներգործությունը նվազեցնելու նպատակով **[26, 27]**: Ի հակադրություն՝ Եվրասիական տնտեսական միությունը (ԵԱՏՄ) չի արգելում քլորպիրիֆոսի կիրառումը և սահմանում է համեմատաբար մեղմ կարգավորումներ **[8]**: Քլորպիրիֆոս պարունակող պատրաստուկները շարունակում են գրանցված մնալ և կիրառվել ՀՀ-ում **[21]**: Պետք է նշել, որ քլորպիրիֆոսի համար սահմանված միջազգային կարգավորումների միջև էական տարբերությունները կարող են առաջացնել ոչ միայն առևտրային խոչընդոտներ, այլ նաև հանրային առողջապահական խնդիրներ: Հետևաբար քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների մշտադիտարկումն ու հնարավոր առողջական մտահոգությունների բացահայտմանն ուղղված հետազոտություններն անհրաժեշտ են՝ հատկապես թիրախավորելով այն մթերքերը, որոնք գյուղատնտեսական արտադրության և պարենային ապահովության տեսանկյունից կարևոր են:

Հայաստանում գյուղատնտեսության կարևոր ձյուղերից է պտուղ-բանջարեղենի արտադրությունը, որը ներառում է տարբեր մշակաբույսերի, այդ

թվում՝ մրգերի լայն տեսականի: Մրգերի շարքում կարևոր տեղ ունի խնձորը՝ որպես ՀՀ-ում հիմնական աճեցվող և լայն սպառում ունեցող արտադրանք: Ըստ վիճակագրական կոմիտեի 2024թ. տվյալների՝ Հայաստանում տարեկան արտադրվում է 95.5 հազար տոննա խնձոր, իսկ տարեկան մեկ շնչի հաշվով խնձորի սպառումը հասնում է 11.7 կիլոգրամի [2]: Խնձորի արտադրության և սպառման ծավալները, ինչպես նաև դրա մշակության ընթացքում բույսերի պաշտպանության միջոցների կիրառման հետևանքով հնարավոր խնդիրների առաջացումն ընդգծում են գիտականորեն հիմնավորված ռիսկերի գնահատման անհրաժեշտությունը: Այսպիսով՝ սույն հետազոտության նպատակն է՝ գնահատել Հայաստանի տարբեր մարզերում աճեցված խնձորի նմուշներում քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունները և դրանցով պայմանավորված հնարավոր առողջական մտահոգությունները Երևանի չափաիսա բնակչության համար:

Հետազոտության նյութ և մեթոդներ

Քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների որոշում

ՀՀ տարբեր մարզերում աճեցված խնձորի նմուշառումն իրականացվել է 2021թ. բուսական ծագում ունեցող մթերքներում պեստիցիդների, նիտրատների, ծանր մետաղների մնացորդների և գենետիկորեն ձևափոխված օրգանիզմների մշտադիտարկման շրջանակում: Խնձորի նմուշներում քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունները որոշվել են GC-MS/MS (գազային քրոմատագրաֆիա կրկնակի զանգվածային սպեկտրաչափով) սարքի կիրառմամբ՝ Հանրապետական անասնաբուժասանիտարական և բուսասանիտարական լաբորատոր ծառայությունների կենտրոնի (ՀԱԲԼԾԿ ՊՈԱԿ) լաբորատորիայում, որն ունի ԻՍՕ ԳՕՍՍ 17025 ստանդարտին համապատասխան միջազգային հավատարմագրում: Մեթոդի հայտնաբերման սահմանաչափը (LOD) եղել է 0.001 մգ/կգ:

Մնդակարգային ներգործության գնահատում և ռիսկի բնութագրում

Խնձորի սպառման արդյունքում քլորպիրիֆոսի ներգործության գնահատման նպատակով հաշվարկվել է քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման չափաքանակը (EDI)՝ հետևյալ բանաձևով.

$$EDI = \frac{C_{apple} * C_{chlorpyrifos}}{BW}$$

որտեղ EDI-ն մթերքի սպառման արդյունքում քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակն է (մկգ/կգ/օր), C_{apple} -ը՝ խնձորի օրական սպառման քանակը (կգ/օր), $C_{chlorpyrifos}$ -ը քլորպիրիֆոսի միջին պարունակությունը խնձորի նմուշներում (մկգ/կգ), իսկ BW-ը բնակչության տվյալ խմբի կամ ենթախմբի համար մարմնի միջին զանգվածը (կգ), որը Երևանի բնակչության համար միջինում 71.5 կգ է:

Քլորպիրիֆոսի ռիսկի գնահատման հաշվարկներն իրականացվել են՝ համադրելով քլորպիրիֆոսի հայտնաբերված մնացորդային քանակությունների և սննդի սպառման հաճախականության հարցաթերթի միջոցով հավաքագրված խնձորի սպառման տվյալները: Իրականացվել են նաև հաշվարկներ խնձորի այն նմուշների համար, որոնց մեջ քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունները փոքր են եղել LOD-ից: Քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների միջինը հաշվարկելիս չհայտնաբերված

նմուշների (<LOD) ուսումնասիրման համար կիրառվել են տարբեր սցենարային մոտեցումներ, մասնավորապես՝ ենթադրվել է, որ չհայտնաբերված պարունակությունները հավասար են 0-ի (ստորին մոտարկում՝ LB), LOD/2-ի (միջին մոտարկում՝ MB) կամ LOD-ին հավասար (վերին մոտարկում՝ UB) [22]: Խնձորի սպառման տվյալները հավաքագրվել են դեմ առ դեմ հարցումների միջոցով: Հարցումները եղել են անանուն: Հարցման ընտրանքը ներառել է Երևան քաղաքի 1329 չափահաս բնակիչ, այդ թվում՝ 563 տղամարդ և 766 կին: Հարցումն իրականացվել է Էկոկենտրոնի սննդի շղթայի ռիսկի գնահատման տեղեկատվական-վերլուծական կենտրոնի կողմից: Հարցաթերթը ներառել է սննդի սպառման հաճախականության և չափաբաժինների վերաբերյալ հարցեր: Տվյալների վիճակագրական վերլուծությունն իրականացվել է SPSS (IBM SPSS, v.22) վիճակագրական ծրագրի միջոցով: Հաշվարկներն իրականացվել են անհատական մոտեցման մեթոդով, ինչը հնարավորություն է տալիս դիտարկել հարցված բնակչության կողմից խնձորի սպառման ծավալների առանձնահատկությունները:

Խնձորի սպառման դեպքում քլորպիրիֆոսի սուր ներգործությանը պայմանավորված ռիսկերի բնութագրման համար հաշվարկվել է վտանգի գործակիցը.

$$HQ = \frac{EDI}{ARfD}$$

որտեղ՝ ARfD-ն օրալ ռեֆերենս սուր դոզան է՝ 0.005 մգ/կգ/օր: Վան դեր Վոետը և այլք 2020թ. առաջարկել են կիրառել օրալ ռեֆերենս սուր դոզայի արհեստականորեն ցածրացված (artificial ARfD) արժեքը՝ 0.0001 մգ/կգ/օր՝ վստահ լինելու համար՝ արդյոք խստացված ուղեմիջային արժեքի դեպքում սուր ռիսկեր կան, թե ոչ [28]: Սույն հետազոտության շրջանակում դիտարկվել են ARfD ցուցանիշի համար նշված երկու արժեքները:

Խնձորի սպառման դեպքում քլորպիրիֆոսի քրոնիկ ներգործությանը պայմանավորված ռիսկի բնութագրման համար հաշվարկվել է ներգործության սահմանը.

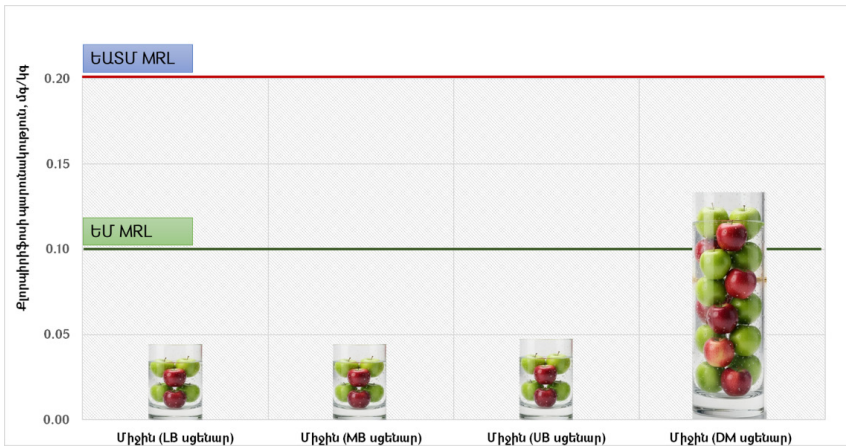
$$MOE = \frac{LOAEL}{EDI}$$

որտեղ՝ MOE-ն քլորպիրիֆոսի ներգործության սահմանն է, իսկ LOAEL-ը (դիտարկված անբարենպաստ ազդեցության ամենացածր մակարդակ) քլորպիրիֆոսի քրոնիկ ներգործության գնահատման համար հաստատված առողջապահական ուղեցուցային արժեքն է՝ 0.3 մգ/կգ/օր: Քրոնիկ ռիսկի բնութագրման համար կիրառվել է Տարագոնայի և այլոց կողմից առաջարկվող մոտեցումը, ըստ որի՝ 300-ից ցածր MOE արժեքները փաստում են հնարավոր առողջական մտահոգությունների մասին, բացի այդ՝ մտահոգիչ են համարվում նաև 300-1000-ի միջև ընկած արժեքները [22]:

Արդյունքները և վերլուծությունը
Քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունները խնձորի նմուշներում

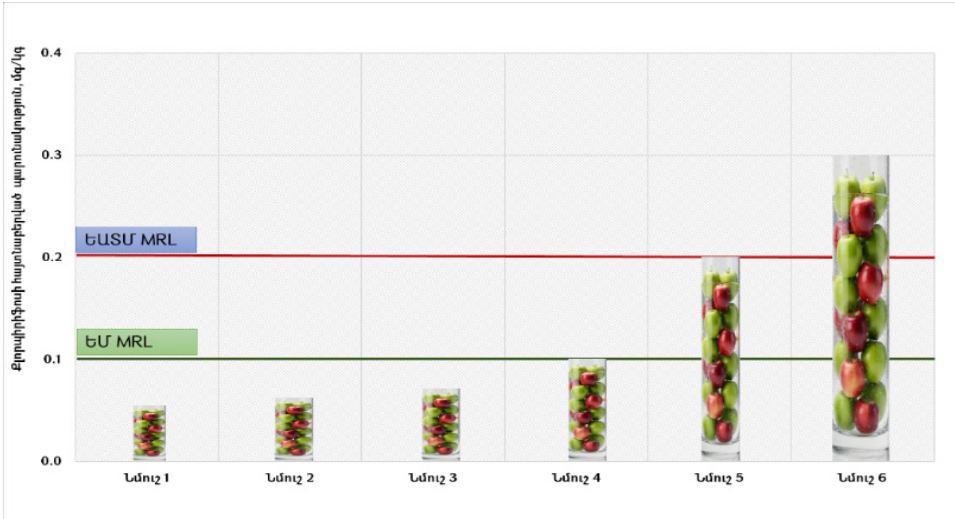
Բուսական ծագում ունեցող մթերքներում մնացորդային նյութերի

մշտադիտարկման ծրագրի շրջանակում հայտնաբերվել է, որ ՀՀ տարբեր մարզերից նմուշառված խնձորի նմուշների 33.3%-ում (6 նմուշ) առկա են քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակություններ: Հայտնաբերված մնացորդային քանակությունները տատանվել են 0.01-0.3 մգ/կգ սահմաններում՝ միջինում (DM) կազմելով 0.1133 մգ/կգ (Գծապատկեր 1): Վերջինս գերազանցում է ԵՄ սահմանված առավելագույն մնացորդային մակարդակը (0.1 մգ/կգ), սակայն ԵԱՏՄ-ում սահմանված մակարդակից (0.2 մգ/կգ) ցածր է: Քլորպիրիֆոսի միջին մնացորդային քանակությունները հաշվարկվել են նաև LB, MB և UB սցենարների դեպքում՝ կազմելով, համապատասխանաբար, 0.0378 մգ/կգ, 0.0381 մգ/կգ և 0.0384 մգ/կգ, որոնք վերոնշյալ առավելագույն մնացորդային մակարդակներից ցածր արժեքներ են:



Գծապատկեր 1. Խնձորի նմուշներում քլորպիրիֆոսի միջին պարունակությունները՝ LB, MB, UB և DM սցենարների դեպքում

Խնձորի 6 նմուշում քլորպիրիֆոսի հայտնաբերված մնացորդային քանակությունները համեմատվել են ԵՄ [7] և ԵԱՏՄ [30] կողմից սահմանված առավելագույն մնացորդային մակարդակների (MRL) հետ: Հետազոտությամբ հայտնաբերվել է, որ խնձորի 2 նմուշում քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունները գերազանցում են ԵՄ կողմից սահմանված առավելագույն մնացորդային մակարդակը (0.1 մգ/կգ), իսկ 1 նմուշում առկա է վերջինիս հավասար քանակություն: ԵԱՏՄ-ում քլորպիրիֆոսի՝ սահմանված առավելագույն մնացորդային մակարդակը գերազանցող կամ դրան հավասար քանակություն հայտնաբերվել է խնձորի մեկական նմուշում: Քլորպիրիֆոս պարունակող խնձորի 6 նմուշից 3-ի մեջ հայտնաբերված մնացորդային քանակությունները գտնվում են թույլատրելի մակարդակներում (Գծապատկեր 2):



Գծապատկեր 2. Խնձորի նմուշներում հայտնաբերված քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների համեմատությունը ԵՄ [9] և ԵԱՏՄ [8] առավելագույն մնացորդային մակարդակների (MRL) հետ

Սույն հետազոտության շրջանակում ստացված արդյունքները համեմատվել են այլ հետազոտությունների արդյունքների հետ: Մասնավորապես՝ Իրանում իրականացված հետազոտությունները ցույց են տվել որ խնձորի նմուշներում քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունները հասնում են մինչև 1.05 մգ/կգ-ի [1]: Թուրքիայում և Ղազախստանում իրականացված հետազոտությունները փաստում են, որ խնձորի նմուշներում հաճախակի հայտնաբերվում են քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակություններ, որոնք գերազանցում են ԵՄ և ԵԱՏՄ-ն սահմանած մնացորդների առավելագույն սահմանները [18, 23]: Չինաստանում ուսումնասիրված խնձորի նմուշների 8.3%-ում հայտնաբերվել է քլորպիրիֆոս [8, 9]:

Քլորպիրիֆոսի սուր և քրոնիկ ներգործության գնահատում և ռիսկի բնութագրում

Աղյուսակ 1-ում ներկայացված են խնձորի մեկ չափաբաժնի (սուր) և օրական միջին սպառման (քրոնիկ) դեպքում քլորպիրիֆոսի ներգործության տվյալները՝ արտահայտված օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակով (EDI):

Սուր ներգործության դեպքում, DM սցենարում, երբ հաշվարկների իրականացնելիս հիմք է ընդունվել քլորպիրիֆոսի միայն հայտնաբերված մնացորդային քանակությունների միջին արժեքը, քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը 0.337 մկգ/կգ/օր է (± 0.112 մկգ/կգ/օր): Ստանդարտ շեղման նման բարձր արժեքը ցույց է տալիս ուսումնասիրված ընտրանքում քլորպիրիֆոսի ներգործության տարբերությունները, ինչը հիմնականում պայմանավորված է խնձորի սպառման չափաբաժինների և հաճախականությունների անհատական տարբերություններով: Մեղիան արժեքը գրեթե հավասար է միջինին, ինչը փաստում է տվյալների նորմալ բաշխվածության մասին: Նվազագույն և առավելագույն արժեքները կազմել են, համապատասխանաբար, 0.158 մկգ/կգ/օր և 0.487 մկգ/կգ/օր, ինչն արտացոլում է ընտրանքում առկա առանձին սպառման խմբերի առկայությունը և դրանց միջև քլորպիրիֆոսի ներգործության տարբերությունները: LB և MB

սցենարների դեպքում քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակի միջին արժեքը կազմել է՝ 0.113 մկգ/կգ/օր, իսկ UB սցենարի դեպքում՝ 0.114 մկգ/կգ/օր:

Աղյուսակ 1.

Խնձորի սպառման դեպքում քլորպիրիֆոսի սուր և քրոնիկ ներգործությունը

Վիճակագրական ցուցանիշներ	Օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակ (մկգ/կգ/օր)							
	Սուր ներգործություն				Քրոնիկ ներգործություն			
	DM	LB	MB	UB	DM	LB	MB	UB
Միջին ± SD	0.337 ±0.112	0.113 ±0.037	0.113 ±0.038	0.114 ±0.038	0.203 ±0.145	0.068 ±0.048	0.068 ±0.049	0.069 ±0.049
Մեդիան	0.277	0.093	0.093	0.094	0.208	0.069	0.070	0.071
Նվազագույն	0.158	0.053	0.053	0.054	0.006	0.002	0.002	0.002
Առավելագույն	0.487	0.162	0.164	0.165	0.487	0.162	0.164	0.165
25-րդ պերսենտիլ	0.238	0.079	0.080	0.081	0.085	0.028	0.028	0.029
50-րդ պերսենտիլ	0.277	0.093	0.093	0.094	0.208	0.069	0.070	0.071
95-րդ պերսենտիլ	0.487	0.162	0.164	0.165	0.487	0.162	0.164	0.165

Նշում: DM – հայրնաբերված պարունակությունների միջին, LB – սրորին մոդարկում, երբ չհայրնաբերված պարունակություններին վերագրվել է 0 արժեքը, MB – միջին մոդարկում, երբ չհայրնաբերված պարունակություններին վերագրվել է LOD/2 արժեքը, UB – վերին մոդարկում, երբ չհայրնաբերված պարունակություններին վերագրվել է LOD արժեքը:

Քլորպիրիֆոսի օրական ընդունումը գնահատվել է նաև պերսենտիլների միջոցով, ինչը հնարավորություն է տալիս գնահատումն իրականացնելու հետազոտության մեջ ներառված բնակչության տարբեր խմբերի համար: Պերսենտիլային վերլուծության արդյունքները ցույց տվեցին, որ քլորպիրիֆոսի սուր ներգործության օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակի արժեքները 25-րդ պերսենտիլի դեպքում կազմել են 0.238 մկգ/կգ/օր, ինչը նշանակում է, որ ուսումնասիրության մեջ ընդգրկված չափահաս բնակչության 25%-ի համար խնձորի մեկ չափաբաժնի սպառման դեպքում քլորպիրիֆոսի օրական ընդունումը դրանից փոքր է, իսկ մյուս 75%-ի համար դիտարկվել են ավելի մեծ օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակի արժեքներ: 50-րդ պերսենտիլը համընկնում է մեդիան արժեքի հետ և ցույց է տալիս, որ ուսումնասիրված բնակչության շրջանում քլորպիրիֆոսի սուր ներգործության օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը կազմել է 0.277 մկգ/կգ/օր: 95-րդ պերսենտիլը (P95 = 0.487 մկգ/կգ/օր) նկարագրում է քլորպիրիֆոսի օրական ամենաբարձր ընդունման սցենարը: Սա նշանակում է, որ բնակչության 95%-ի մոտ քլորպիրիֆոսի օրական ընդունումը չի գերազանցում 0.487 մկգ/կգ/օրը և միայն բնակչության 5%-ի դեպքում առկա է քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման ավելի բարձր արժեքներ: Այս պերսենտիլում արժեքները

նկարագրում են առավել բարձր խնձորի սպառում ունեցող անհատներին և պահանջում են առանձնահատուկ ուշադրություն՝ քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական մտահոգությունների բացահայտման և կանխարգելման համար: LB, MB և UB սցենարներում դիտարկված պերսենտիլային արժեքների միջև էական տարբերություններ չկան:

Քրոնիկ ներգործության գնահատման դեպքում DM սցենարով հաշվարկված քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակի միջին արժեքը 0.203 մկգ/կգ/օր է (± 0.145 մկգ/կգ/օր): Ստանդարտ շեղումը ցույց է տալի քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման համեմատաբար փոքր տարբերություն: Սա պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ, ի տարբերություն սուր ներգործության հաշվարկման, որի դեպքում հաշվի է առնվում խնձորի միանգամյա օգտագործման չափաբաժինը, քրոնիկ ներգործության դեպքում հաշվի է առնվում նաև խնձորի սպառման հաճախականությունը: Քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման նվազագույն և առավելագույն արժեքները, համապատասխանաբար, 0.006 մկգ/կգ/օր և 0.487 մկգ/կգ/օր են, իսկ մեդիան արժեքը՝ 0.208 մկգ/կգ/օր, ինչը ցույց է տալիս տվյալների նորմալ բաշխվածությունը: LB, MB և UB սցենարների դեպքում քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակները գրեթե հավասար են, ինչը ցույց է տալիս, որ քրոնիկ ներգործության դեպքում ևս այս սցենարներում էական տարբերություններ չկան: Պերսենտիլային վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրված բնակչության 25%-ի (P25) դեպքում քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը միջինում չի գերազանցում 0.085 մկգ/կգ/օր արժեքը: Բնակչության 50%-ի շրջանում քլորպիրիֆոսի քրոնիկ օրական ընդունումը 0.208 մկգ/կգ/օր է: Քլորպիրիֆոսի քրոնիկ ներգործության դեպքում բնակչության 95%-ի շրջանում քլորպիրիֆոսի օրական ընդունումը չի գերազանցում 0.487 մկգ/կգ/օր արժեքը, սակայն բնակչության 5%-ի համար քլորպիրիֆոսի օրական ընդունումը ավելի բարձր է:

Քլորպիրիֆոսի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակների (EDI) հիման վրա գնահատվել են քլորպիրիֆոսի ներգործությամբ պայմանավորված սուր (HQ) և քրոնիկ (MOE) ռիսկերը (Աղյուսակ 2):

Աղյուսակ 2.

Խնձորի սպառման դեպքում քլորփիրիֆոսի սուր և քրոնիկ ռիսկերի գնահատումը դետերմինիստիկ եղանակով

Վիճակագրական ցուցանիշներ	Սուր ներգործություն				Քրոնիկ ներգործություն			
	DM	LB	MB	UB	DM	LB	MB	UB
Միջին ± SD	0.045 ±0.0289	0.0135 ±0.0097	0.0136 ±0.0097	0.0137 ±0.0098	1481 ±2074	4439 ±6217	4404 ±6168	4370 ±6120
Մեդիան	0.0416	0.0139	0.0140	0.0141	1441	4319	4285	4251
Նվազագույն	0.0601	0.0200	0.0202	0.0204	49953	149726	148547	147386
Առավելագույն	0.0012	0.0004	0.0004	0.0004	616	1847	1832	1818
25-րդ պերսենտիլ	0.0974	0.0325	0.0327	0.0330	3542	10616	10532	10450
50-րդ պերսենտիլ	0.0169	0.0057	0.0057	0.0057	1441	4319	4285	4251
95-րդ պերսենտիլ	0.0416	0.0139	0.0140	0.0141	616	1847	1832	1818

Նշում: SD – ստանդարտ շեղում, DM – հայտնաբերված պարունակությունների միջին, LB – ստորին մոյարկում, երբ չհայտնաբերված պարունակություններին վերագրվել է 0 արժեքը, MB – միջին մոյարկում, երբ չհայտնաբերված պարունակություններին վերագրվել է LOD/2 արժեքը, UB – վերին մոյարկում, երբ չհայտնաբերված պարունակություններին վերագրվել է LOD արժեքը:

Խնձորի սպառման միջոցով քլորփիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների ներգործությամբ պայմանավորված սուր ռիսկերի գնահատման արդյունքները DM սցենարի դեպքում ցույց են տալիս, որ վտանգի գործակցի (HQ) միջին արժեքը 0.045 է: Նվազագույն և առավելագույն արժեքները, համապատասխանաբար, 0.0012 և 0.0601 են, ինչը վկայում է ուսումնասիրված բնակչության շրջանում խնձորի սպառման տարբեր խմբերում հաշվարկված վտանգի գործակցի որոշակի տատանումների մասին, սակայն բոլոր դեպքերում արժեքները զգալիորեն ցածր են 1-ից: Ըստ Վան դեր Վոետի և այլոց առաջարկած մեթոդաբանության՝ եթե վտանգի գործակցի արժեքները 1-ից փոքր են ($HQ < 1$), ապա սուր ներգործությամբ պայմանավորված առողջական մտահոգություններ չկան [28]:

Պերսենտիլային վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս գնահատելու վտանգի գործակցի (HQ) բաշխվածության առանձնահատկությունները: 25-րդ պերսենտիլը (P25) ներկայացնում է բնակչության այն 25%-ը, որոնց համար հաշվարկված HQ արժեքները գտնվում են բաշխվածության ստորին մասում (այսինքն՝ ամենացածր ընդունում ունեցող խումբը): 95-րդ պերսենտիլը (P95) վերաբերում է բնակչության 5%-ին՝ ամենաշատ խնձոր սպառողներին, որոնց համար հաշվարկված HQ-ն 0.0416 է և մտահոգության շեմային արժեքից ցածր է:

LB, MB և UB սցենարներում վտանգի գործակցի (HQ) արժեքները զգալիորեն ցածր են՝ միջինը 0.0135–0.0137 միջակայքում, մեդիանը և P95-ը՝ 0.0139–0.0141: Առավելագույն արժեքները չեն գերազանցում 0.0204-ը, ինչը վկայում է այն մասին, որ LOD-ից ցածր արդյունքների մշակման տարբեր մեթոդները էապես նվազեցնում են հաշվարկված ռիսկի մակարդակը՝ համեմատած DM սցենարի հետ: Հարկ է նշել, որ ներկայացված վտանգի գործակցի (HQ) հաշվարկներն

իրականացվել են՝ կիրառելով օրալ ռեֆերենս սուր դոզայի (ARfD) 0.005 մգ/կգ/օր արժեքը, սակայն արհեստականորեն նվազեցված սուր ռեֆերենս դոզայի ցուցանիշով հաշվարկման դեպքում առկա են քլորպիրիֆոսի ներգործությամբ պայմանավորված սուր ռիսկեր: Նման արդյունքները փաստում են առավել մանրամասն հետազոտությունների անհրաժեշտության մասին՝ կիրառելով ռիսկի գնահատման քանակական մոդելներ:

Քրոնիկ ռիսկի գնահատման արդյունքները ցույց են տալիս, որ ներգործության սահմանի (MOE) միջին արժեքը կազմել է 1481 ± 2074 , իսկ մեդիանը՝ 1441: Ստանդարտ շեղման բարձր արժեքը վկայում է տվյալների զգալի տատանումների մասին, ինչը կարող է պայմանավորված լինել ինչպես սննդամթերքի սպառման տարբեր մակարդակներով, այնպես էլ քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների բաշխվածությամբ: MOE-ի արժեքները տատանվել են 616–49953 միջակայքում: Պերսենտիլային վերլուծությունը ցույց է տվել, որ P25 դեպքում MOE-ն կազմել է 3542, P50 դեպքում՝ 1441, իսկ P95 դեպքում այն նվազել է մինչև 616: Վերջինս ցածր է սովորաբար կիրառվող անվտանգության շեմից (MOE < 1000), ինչը կարող է վկայել բարձր սպառման սցենարներում հնարավոր առողջական մտահոգությունների մասին:

Ընդհանուր առմամբ՝ ստացված արդյունքները համահունչ են միջազգային հետազոտություններին. սննդամթերքի ռիսկի գնահատման ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ պեստիցիդների ազդեցությամբ պայմանավորված ռիսկը հաճախ տատանվում է բնակչության տարբեր խմբերի միջև՝ պայմանավորված ինչպես սննդակարգի առանձնահատկություններով, այնպես էլ մնացորդային քանակությունների փոփոխականությամբ [4, 29]:

Եզրակացություններ

Այսպիսով՝ գնահատումները ցույց են տալիս, որ խնձորի սպառման միջոցով քլորպիրիֆոսի մնացորդային քանակությունների ներգործությամբ պայմանավորված սուր առողջական ռիսկեր չկան, քանի որ վտանգի գործակցի (HQ) բոլոր արժեքները զգալիորեն ցածր են 1-ից: Այնուամենայնիվ, ներգործության սահմանի (MOE) ցուցանիշների լայն բաշխվածությունը և հատկապես P95-ի համեմատաբար ցածր արժեքը մատնանշում են՝ քլորպիրիֆոսի քրոնիկ ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական մտահոգությունների մասին և հետագա հետազոտությունների անհրաժեշտությամբ՝ առավել ճշգրիտ գնահատելու խնձորի բարձր սպառում ունեցող սպառողների շրջանում հնարավոր առողջական ռիսկերը:

Հողվածը պատրաստվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի կողմից տրամադրված «Սննդամթերքի ռիսկի և օգուրի գնահատման կարողությունների զարգացում Հայաստանում» (24LCG-4A011) գիտական ստորաբաժանումների ամրապնդման ծրագրի շրջանակում:

Օգտագործված գրականության ցանկ

1. Abbaszadeh L., Maleki N. S., Mosaferi M., Asl Hashemi A., Safari G. H. Evaluation of cumulative exposures to multiple pesticide residues in three characteristic fruits in the Northwest of Iran: a risk assessment using Monte Carlo Simulation. Food Additives & Contaminants: Part A, 2025, 42(1), 40–58.
2. Armstat. Statistical Committee of the Republic of Armenia. RA National Food Balances by Food Commodity Groups/Food Commodity, Indicator and Year. 2025. Available online: https://statbank.armstat.am/pxweb/hy/ArmStatBank/ArmStatBank__7%20Food%20Security/FS-1-

2024.px/table/tableViewLayout1/?rxid=9ba7b0d1-2ff8-40fa-a309-fae01ea885bb (accessed 24.03.2026).

3. Beglaryan M., Kareyan T., Khachatryan M., Harutyunyan B., Pipoyan D. Deterministic and probabilistic risk assessment of chlorpyrifos residues via consumption of tomato and cucumber in Armenia. *Foods*, 2025, 14(16), 2871.
4. Udovicki B., Tomic N., Radusin K., Kaludjerovic M., Spirovic-Trifunovic B., Smigic N., Djekic I. Cumulative dietary risk assessment of pesticide residues concerning craniofacial alterations in Serbia through fruits and vegetable intake. *Food and Chemical Toxicology*, 2025, 204, 115618.
5. Beglaryan M., Pipoyan D., Tepanosyan G., Sahakyan L. Toxic element contents and associated multi-medium health risk assessment in an area under continuous agricultural use. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2022, 194(3), 184.
6. Commission Regulation (EU) 2020/1085 of 23 July 2020 amending Annexes II and V to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for Chlorpyrifos and Chlorpyrifos-methyl in or on Certain Products. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1085/oj/eng> (accessed 24.03.2026).
7. EAEU. Technical Regulation of the Customs Union TR CU 021/2011 “On the Safety of Food Products”. Approved by the Commission of the Customs Union on 9 December 2011, No. 880. Available online: https://www.rustandard.com/images/CU_TR/TR_CU_021.2011_Safety_of_Food_Products.pdf
8. (accessed 02.03.2026).
9. EAEU. Uniform Sanitary and Epidemiological and Hygienic Requirements for Products Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision (Control). Approved by Decision of the Customs Union Commission No. 299 dated 28 May 2010. Available online: https://food.ec.europa.eu/document/download/c032397b-b4cf-4537-b657-ad0e3a04c13a_en?filename=ia_eu-ru_sps-req_req_san-epi_chap-2_1_en.pdf (accessed 24.03.2026).
10. European Commission (EC). Active substance: Chlorpyrifos. Available online: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances/details/548> (accessed 24.03.2026).
11. European Commission, Food Safety, Chlorpyrifos & Chlorpyrifos-methyl, available online: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances-safeners-and-synergists/renewal-approval/chlorpyrifos-chlorpyrifos-methyl_en (accessed 24.03.2026).
12. European Food Safety Authority, Conclusion on the peer review of the pesticide human health risk assessment of the active substance chlorpyrifos, *EFSA Journal*, 2014, 12(4), 3640.
13. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, FAOSTAT, Rome, 2018, available online: <http://faostat.fao.org>, 403 p.
14. Foong S. Y., Ma N. L., Lam S. S., Peng W., Low F., Lee B. H., Sonne C., A recent global review of hazardous chlorpyrifos pesticide in fruit and vegetables: Prevalence, remediation and actions needed, *Journal of Hazardous Materials*, 2020, 400, 123006.
15. Kermani M., Dowlati M., Gholami M., Sobhi H. R., Azari A., Esrafilı A., Ghaffari H. R., A global systematic review, meta-analysis and health risk assessment on the quantity of Malathion, Diazinon and Chlorpyrifos in vegetables, *Chemosphere*, 2021, 270, 129382.
16. Lozowicka B., Kaczynski P., Paritova A. E., Kuzembekova G. B., Abzhaliyeva A. B., Sarsembayeva N. B., Alihan K., Pesticide residues in grain from Kazakhstan and potential health risks associated with exposure to detected pesticides, *Food and Chemical Toxicology*, 2014, 64, 238–248.
17. Nandi N. K., Vyas A., Akhtar M. J., Kumar B., The growing concern of chlorpyrifos exposures on human and environmental health, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2022, 185, 105138.
18. Noore S., Ramesh G., Vendan S. E., Nagaraju V. D., Persistence and diffusion behaviour of chlorpyrifos in five different species of vegetables: A comparative analysis, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, 217, 112208.
19. Odabas E., Keklik M., Golge O., González-Curbelo M. Á., Kabak B., Monitoring and risk assessment of multi-pesticide residues in apples: A focus on consumer safety, *Foods*, 2024, 13(19), 3186, <https://doi.org/10.3390/foods13193186>

20. Sharma A., Katna S., Dubey J. K., Sharma S., Istatu P. S., Devi N., Prashad H., *Residue behaviour and health risk assessment of chlorpyrifos and mancozeb in apple fruits and soil*, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2024, 196(1), 58.
21. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs), Twentieth meeting of the Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC.20), Rome, Italy, 23–27 September 2024, available online: <https://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC20/Overview/tabid/9850/Default.aspx> (accessed 01.03.2026).
22. Tadevosyan A., Tadevosyan N., Kelly K., Gibbs S. G., Rautiainen R. H., *Pesticide use practices in rural Armenia*, *Journal of Agromedicine*, 2013, 18(4), 326–333.
23. Tarazona J. V., González-Caballero M. D. C., Alba-Gonzalez M. D., Pedraza-Diaz S., Cañas A., Dominguez-Morueco N., Castaño A., *Improving the risk assessment of pesticides through the integration of human biomonitoring and food monitoring data: A case study for chlorpyrifos*, *Toxics*, 2022, 10(6), 313.
24. Tudi M., Yang L., Wang L., Lv J., Gu L., Li H., Connell D., *Environmental and human health hazards from chlorpyrifos, pymetrozine and avermectin application in China under a climate change scenario: A comprehensive review*, *Agriculture*, 2023, 13(9), 1683.
25. UNEP, *Listing of chlorpyrifos*, available online: <https://chm.pops.int/Convention/ConferenceofthePartiesCOP/COPDecisions/tabid/208/Default.aspx>
26. Rahman H. U., Asghar W., Nazir W., Sandhu M. A., Ahmed A., Khalid N., *A comprehensive review on chlorpyrifos toxicity with special reference to endocrine disruption: Evidence of mechanisms, exposures and mitigation strategies*, *Science of The Total Environment*, 2021, 755, 142649.
27. US Environmental Protection Agency (EPA), *Ingredients Used in Pesticide Products: Chlorpyrifos*, available online: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/chlorpyrifos#basic> (accessed 25 February 2026).
28. US Environmental Protection Agency (EPA), *Revised human health risk assessment on chlorpyrifos*, available online: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/revised-human-health-risk-assessment-chlorpyrifos> (accessed 25 February 2026).
29. Voet H., Kruisselbrink J., van Lenthe M., de Boer W., Meewisse A., *Cumulative risks from combined exposure to multiple pesticide residues in fruit and vegetables*, Wageningen University & Research, Biometris, Wageningen, 2021, available online: <https://research.wur.nl/en/publications/cumulative-risks-from-combined-exposure-to-multiple-pesticide-res> (accessed 01.03.2026).
30. World Health Organisation, *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2019*, World Health Organisation, 2020.
31. World Health Organisation, *Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR)*, available online: <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database> (accessed 02.03.2026).
32. Zhao H., Li R., Hu J., *Frequently used pesticides and their metabolite residues in apple and apple juice from markets across China: Occurrence and health risk assessment*, *LWT*, 2023, 178, 114610.