

سلامت انسان در معرض خطر آفت‌کش‌ها: از فرضیه تا شواهد انکارناپذیراحمد رضا شاهرخی^{۱*}، سینا خواجه جهرمی^۲، طیبه شهرکی^۳، احمد رضا حسن پور^۴

۱- عضو هیات علمی و استادیار گروه گیاهپزشکی دانشگاه سراوان، سراوان، ایران

۲- پزشک، بیمارستان ایرانمهر سراوان، سراوان، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مشاوره در مامایی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

۴- کارشناس بهداشت محیط، مرکز بهداشت سپیدان، سپیدان، ایران

ar.shahrokhi@saravan.ac.ir : نویسنده مسئول

خلاصه

افزایش چشمگیر مصرف آفت‌کش‌ها در دهه‌های اخیر، اگرچه نقش مهمی در امنیت غذایی و کنترل ناقلین بیماری‌های انسانی داشته است، اما شواهد علمی فزاینده‌ای نشان می‌دهد که مواجهه انسانی با این ترکیبات با پیامدهای جدی سلامت همراه است. این مقاله با رویکرد مروری، مسیرهای اصلی مواجهه انسان با آفت‌کش‌ها و طیف اثرات حاد و مزمن آن‌ها را بررسی کرده و پیامدهای بلندمدت را در چهار خوشه اصلی شامل سرطان‌ها، اختلالات هورمونی و تولیدمثلی، اختلالات عصبی و بیماری‌های تنفسی مزمن طبقه‌بندی می‌کند. نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک و تجربی نشان می‌دهد مواجهه شغلی و محیطی، به‌ویژه در گروه‌های حساس مانند کودکان، زنان باردار و کاربران حوزه کشاورزی و بهداشت محیط، با افزایش خطر انواع سرطان‌ها از جمله سرطان سینه، مغز، کبد و لوسمی، اختلال عملکرد غدد درون‌ریز، بیماری‌های تحلیل‌برنده عصبی از جمله آلزایمر و تشدید آسم مرتبط است. بر این اساس، کاهش مخاطرات ناشی از آفت‌کش‌ها، نیازمند رویکردی چندبُعدی شامل محدودسازی مصرف ترکیبات پرخطر، توسعه آفت‌کش‌های کم‌خطر، جایگزینی تدریجی روش‌های کنترل با روش‌های پایدار، مانند مدیریت تلفیقی آفات، آموزش هدفمند کاربران کشاورزی و بهداشت محیط، رعایت اصول ایمنی و پایش مستمر باقی‌مانده سموم در آب، مواد غذایی و حتی وسایل حوزه زندگی است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند تذکری برای دقت در کاربرد و ارتقای مدیریت ایمن آفت‌کش‌ها در راستای حفاظت از سلامت عمومی و محیط‌زیست فراهم آورد.

کلیدواژه‌ها: آفت‌کش‌ها، سلامت عمومی، اثرات مزمن، سرطان، اختلالات عصبی، مدیریت تلفیقی آفات**۱. مقدمه**

در دهه‌های اخیر، استفاده از آفت‌کش‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است؛ امری که عمدتاً با هدف کنترل موجودات زیان‌رسان و حفظ تولید محصولات کشاورزی و نابودی ناقلین بیماری‌زای انسانی در حوزه بهداشت عمومی صورت می‌گیرد. آفت‌کش‌ها به گروهی متنوع از ترکیبات شیمیایی اطلاق می‌شوند که برای کنترل آفات مختلف از جمله عوامل بیماری‌زای گیاهی (قارچ، باکتری و غیره)، حشرات، نماتدها، علف‌های هرز و ناقلان بیماری‌های انسانی مانند مالاریا، تب دنگی و لیشرمانیوز به کار می‌روند [۱].

با وجود نقش مؤثر آفت‌کش‌ها در امنیت غذایی و بهداشت عمومی، شواهد فزاینده‌ای نشان می‌دهد که مصرف گسترده و به‌ویژه کاربرد نادرست آن‌ها می‌تواند پیامدهای نامطلوبی برای سلامت انسان به همراه داشته باشد [۲]. گزارش‌ها حاکی از ارتباط مواجهه با آفت‌کش‌ها با مسمومیت‌های حاد، آسیب‌های عصبی و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن مانند سرطان، اختلالات قلبی عروقی، هورمونی و بیماری‌های تنفسی است [۳، ۴]. گروه‌های حساس از جمله کودکان، زنان باردار

و سالمندان در برابر این عوارض آسیب‌پذیری بیشتری دارند و آفت‌کش‌ها به‌عنوان عوامل شناخته‌شده یا مشکوک در بروز سرطان‌ها و اختلالات هورمونی در انسان مطرح شده‌اند [۵]. در سطح جهانی، میزان مصرف آفت‌کش‌ها بالاست و سالانه میلیون‌ها مورد مسمومیت حاد ناخواسته ناشی از این ترکیبات گزارش می‌شود [۲، ۶]. در این مقاله، با مروری بر مطالعات انجام‌شده، شواهد موجود درباره خطرات سلامت انسان و پیامدهای بلندمدت مواجهه با آفت‌کش‌ها به‌صورت خلاصه و یکپارچه بررسی می‌شود.

۲. مسیرهای مواجهه انسان با آفت‌کش‌ها

مواجهه انسان با آفت‌کش‌ها می‌تواند به‌صورت مستقیم، از طریق فعالیت‌های شغلی، مصرف خانگی و کاربردهای کشاورزی یا بهداشت محیط برای کنترل ناقلان بیماری‌ها، و یا به‌صورت غیرمستقیم از طریق باقیمانده این ترکیبات در محیط و مواد غذایی رخ دهد. بر این اساس، مسیرهای اصلی ورود آفت‌کش‌ها به بدن انسان شامل زنجیره غذایی، آب، هوا، خاک و تماس با گیاهان یا جانوران آلوده است [۷]. به‌طور کلی، آفت‌کش‌ها از چهار مسیر اصلی پوستی، خوراکی، تنفسی و چشمی وارد بدن می‌شوند. میزان و شدت اثرات سمی آن‌ها به عواملی مانند مسیر تماس، دوز یا غلظت مواجهه و ماهیت شیمیایی ترکیب، بستگی دارد و این عوامل نقش تعیین‌کننده‌ای در بروز پیامدهای حاد یا مزمن در سلامت ایفا می‌کنند [۱].

مواجهه پوستی (Dermal Exposure)

مواجهه پوستی یکی از شایع‌ترین و مؤثرترین مسیرهای تماس با آفت‌کش‌ها در میان کاربران به‌ویژه در محیط‌های شغلی است. جذب پوستی معمولاً در اثر پاشش، نشت یا رانش ذرات سم در مراحل اختلاط، آماده‌سازی و کاربرد آفت‌کش‌ها رخ می‌دهد. میزان جذب از طریق پوست به عواملی مانند شدت و مدت مواجهه، شرایط محیطی (دما و رطوبت) و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی وابسته است [۸، ۹].

بلع خوراکی (Oral Ingestion)

مواجهه خوراکی با آفت‌کش‌ها، از طریق ورود آن‌ها به دهان و دستگاه گوارش به‌صورت عمدی یا غیرعمدی رخ می‌دهد و معمولاً با شدیدترین موارد مسمومیت همراه است. این نوع مواجهه می‌تواند در اثر بلع مقادیر اندکی از بخارات یا ذرات سم در هنگام سم‌پاشی، و یا مصرف تصادفی آفت‌کش‌های نگهداری‌شده در ظروف غیرمجاز مانند بطری‌های آب اتفاق بیفتد [۹].

مواجهه تنفسی (Respiratory Exposure)

به‌دلیل وجود ترکیبات فرّار در بسیاری از آفت‌کش‌ها، ورود آن‌ها از طریق سیستم تنفسی، بسیار زیاد اتفاق می‌افتد. استنشاق آفت‌کش‌ها، به‌صورت بخار یا ذرات معلق، منجر به آسیب‌های فراوانی در بافت‌های بینی، گلو و ریه‌ها شده است [۹، ۱۰].

مواجهه چشمی (Eye Exposure)

برخی آفت‌کش‌ها قادرند از طریق چشم، جذب شده و موجب آسیب‌های شدید و حتی کشنده شوند. در این میان، آفت‌کش‌های گرانوله به‌دلیل اندازه، جرم و وزن ذرات، خطر ویژه‌ای برای بافت‌های چشمی ایجاد می‌کنند [۹].

۳. تأثیر کاربرد آفت‌کش‌ها بر سلامت انسان

آفت‌کش‌ها می‌توانند اثرات حاد و یا مزمن گسترده‌ای بر سلامت انسان داشته باشند. این ترکیبات با اختلال در عملکرد سیستم‌های عصبی، روانی، ایمنی و هورمونی، علائمی مانند لرزش، اختلال حافظه، نوسانات خلقی، تغییرات ژنتیکی، اختلالات خونی و کاهش توان باروری را ایجاد می‌کنند. مواجهه طولانی‌مدت با آفت‌کش‌ها، با افزایش خطر بروز انواع مختلف سرطان‌ها از جمله سرطان‌های ریه، سینه، پانکراس، کولون، مثانه، پروستات، لوسمی و لنفوم همراه بوده است [۳].

۳-۱. تأثیرات حاد و آنی آفت‌کش‌ها بر انسان

تأثیرات حاد و فوری حاصل از مواجهه کاربر با آفت‌کش‌ها، به‌ویژه از طریق تنفس یا بلع خوراکی، می‌تواند منجر به بروز علائمی از جمله سرگیجه، تهوع، استفراغ، لرزش، تشنج، گیجی و تحریک‌پذیری عصبی گردد. سموم گروه ارگانوفسفاتها و کاربامات‌ها با مهار انتقال طبیعی پیام‌های عصبی، علائمی مانند سردرد، تهوع، استفراغ، دردهای عضلانی و درد قفسه سینه ایجاد می‌کنند و در موارد شدید ممکن است به اختلال تنفسی، کما و مرگ منجر شوند. در مقابل، پیریتروئیدها، بیشتر با بروز واکنش‌های آلرژیک پوستی، بیش‌تحریک‌پذیری عصبی، پرخاشگری، لرزش و تشنج مرتبط هستند [۱۱].

۳-۲. تأثیرات مزمن و بلندمدت آفت‌کش‌ها بر انسان

کمک به ایجاد یا تشدید انواع سرطان

هرچند بر اساس طبقه‌بندی سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA)، هیچ‌یک از آفت‌کش‌های مورد استفاده در کشور ما، در گروه A (سرطان‌زای قطعی برای انسان) قرار نمی‌گیرند، اما بخشی از آن‌ها در گروه B (احتمالاً سرطان‌زا) و تعداد بیشتری در گروه C (دارای شواهدی از پتانسیل سرطان‌زایی) طبقه‌بندی می‌شوند [۵]. یافته‌های اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که مواجهه شغلی و محیطی با آفت‌کش‌ها با افزایش خطر بروز طیفی از بدخیمی‌ها در کودکان و بزرگسالان همراه است. این بدخیمی‌ها شامل لوسمی و لنفوم‌ها، نوروبلاستوما، سارکوم بافت نرم و نیز سرطان‌های ریه، معده، راست‌روده، مثانه، کبد و سرطان سینه هستند [۱۲، ۱۳].

در مطالعات کوهورت، ارتباط برخی کلاس‌های آفت‌کش، به‌ویژه علف‌کش‌ها، با افزایش بروز سرطان‌هایی نظیر مثانه، روده بزرگ، مغز و پروستات گزارش شده است [۱۳]. مواجهه شغلی با آفت‌کش‌ها با سرطان‌هایی مانند کلیه در کودکان و به‌ویژه سرطان‌های مغز، پروستات و سینه در بزرگسالان مرتبط بوده است. کبد و کلیه به‌دلیل نقش سم‌زدایی، از مراکز اصلی تجمع این ترکیبات سرطان‌زا محسوب می‌شوند [۱۳، ۱۴]. یک مطالعه در ایران نشان داده که کاربران آفت‌کش‌ها به‌ویژه کشاورزان، در معرض خطر بالایی برای ابتلا به لوسمی حاد و نیز افزایش خطر در فرزندانشان مواجه هستند [۱۵]. همچنین، مواجهه زنان با آفت‌کش‌ها، به‌ویژه در هنگام بارداری، با افزایش بروز لوسمی در کودکان مرتبط است [۲، ۱۶].

اختلال در عملکرد هورمونی و تولید مثل

شواهد نشان می‌دهد برخی آفت‌کش‌ها با عملکرد سیستم غدد درون‌ریز تداخل دارند؛ برای مثال سم گلايفوسیت در سنتز استروژن اختلال ایجاد می‌کند و حشره‌کش‌هایی مانند ایمیداکلوپراید و تیاکلوپراید، اثرات شبه‌هورمونی نشان می‌دهند. در ایران حدود ۷۴ ترکیب آفت‌کش دارای پتانسیل اختلال هورمونی شناسایی شده‌اند که بخشی از آن‌ها همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۷].

آفت‌کش‌هایی با خواص استروژنیک یا ضدآندروژنی می‌توانند باعث تشدید ناباروری، افزایش خطر سرطان بیضه و پروستات در مردان و کاهش باروری، سقط، زایمان زودرس و تولد نوزادان کم‌وزن در زنان شوند [۱۳]. این ترکیبات همچنین از طریق آسیب به DNA، استرس اکسیداتیو و اختلال در عملکرد گیرنده‌های هورمونی، به‌ویژه گیرنده‌های استروژنی در بافت پستان، فرآیندهای سرطان‌زایی را تسهیل می‌کنند. اختلال در سیگنال‌دهی هورمون‌های تیروئیدی نیز، با افزایش خطر سرطان تیروئید، به‌ویژه در زنان باردار و نوزادان، همراه بوده است [۱۷، ۱۸].

آفت‌کش‌ها می‌توانند باعث کاهش تعداد، تحرک و کیفیت اسپرم شده و رشد جنسی، اسپرماتوژنز و باروری را مختل کنند [۱]. اینگونه تماس با آفت‌کش‌ها، پیامدهایی مانند سقط خودبه‌خودی، زایمان زودرس، ناهنجاری‌های مادرزادی و افزایش خطر سرطان را به همراه داشته است [۱۳، ۱۷، ۱۹].

اختلال در سیستم عصبی و ایجاد بیماری‌های مرتبط

آفت‌کش‌ها به‌ویژه اعضای گروه کاربامات‌ها و ارگانوفسفره‌ها، از طریق اختلال در انتقال‌دهنده‌های عصبی و مهار آنزیم استیل‌کولین‌استراز، می‌توانند عملکرد سیستم عصبی مرکزی را مختل کنند و باعث پیامدهایی مانند اختلالات شناختی، حرکتی حتی فلج، اختلالات عصبی رشدی، ضعف حافظه و بروز بیماری‌های تحلیل‌برنده عصبی گردند [۱۷، ۱۸، ۲۰].

مواجهه طولانی‌مدت با آفت‌کش‌های ارگانوفسفره باعث تشدید بیماری زوال شناختی، مهار استیل‌کولین‌استراز و مرگ نورونی و در نتیجه بیماری الزایمر می‌شود [۲، ۲۱]. شواهد اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد در افراد مرتبط با آفت‌کش‌های مختلف، خطر ابتلا به پارکینسون به‌طور معناداری از ۱۱۰ تا ۴۵۵ درصد افزایش یافته است [۲۲، ۲۳]. از طرفی دیگر، مصرف گسترده گلايفوسیت، باعث مهار غیرمستقیم آنزیم دوپامین بتا هیدروکسیلاز شده و با افزایش بروز اختلالات عصبی رشدی، موجب تشدید بیماری اوتیسم، شده است [۱۹، ۲۴].

اختلالات تنفسی مزمن

مواجهه با آفت‌کش‌ها می‌تواند از طریق تحریک و التهاب مجاری تنفسی، تضعیف سیستم ایمنی یا اختلال در تنظیم هورمونی، موجب تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله آسم شود [۲]. شواهد نشان می‌دهد مواجهه مادر و کودک با ارگانوفسفات‌ها در اوایل دوران کودکی، با بروز و تشدید علائم آسم حتی از همان دوران کودکی مرتبط است و برخی علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها نیز خطر تشدید یافتن این بیماری را به‌طور معناداری افزایش می‌دهند [۱].

۴. نتیجه‌گیری

آفت‌کش‌ها از طریق مواجهه طولانی‌مدت، مصرف آب و مواد غذایی آلوده و انتشار زیست‌محیطی، اثرات نگران‌کننده‌ای بر سلامت انسان ایجاد می‌کنند. کاهش این مخاطرات، مستلزم رویکردی چندبُعدی شامل توسعه آفت‌کش‌های کم‌خطر، محدودسازی ترکیبات پرخطر و جایگزینی تدریجی آن‌ها با سموم کم‌خطر و همچنین کاربرد روش‌های پایدار مانند کنترل‌های بیولوژیک و مدیریت تلفیقی آفات (IPM) است. در کنار آن، آموزش هدفمند و مستمر کاربران آفت‌کش‌ها در حوزه کشاورزی و کارشناسان بهداشت محیط و مبارزه با ناقلین عوامل بیماری‌زای انسانی، استفاده صحیح از تجهیزات حفاظت فردی، رعایت دستورالعمل‌های ایمنی و نظارت بر مراحل کاربرد، نگهداری و دفع سموم، نقش مهمی در کاهش مواجهه‌های شغلی با اینگونه سموم دارد. پایش منظم باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در آب، خاک و مواد غذایی و تقویت



سیاست‌های آموزشی و پیشگیرانه، و رعایت دستورالعمل‌های ایمنی و بهداشتی در چارچوب‌های نظارتی علمی، برای حفاظت از سلامت عمومی و محیط‌زیست ضروری است.

مراجع

- 1.Chander Shekhar, K., Khosya, R., Thakur, K., Mahajan, D., Kumar, R., Kumar, S., & Sharma, A. K. (2024). A systematic review of pesticide exposure, associated risks, and long-term human health impacts. *Toxicology Reports*, 13, 101840. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101840>
- 2.Wei, Z., Li, M., & Achal, V. (2025). A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*, 11(1), 100410.
- 3.Blair, A., Ritz, B., Wesseling, C., & Freeman, L. B. (2015). Pesticides and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(2), 81–82. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102454>
- 4.Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2023). Exposure to pesticides and the associated human health risks: A review. *Science of the Total Environment*, 858, 159774. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159774>
- ۵.حیدری، احمد. (۱۳۹۳). تحلیلی بر جایگاه آفت‌کش‌های ثبت‌شده در ایران به لحاظ مخاطرات سرطان‌زایی. فصلنامه گیاه‌پزشکی (دانشگاه آزاد اسلامی شیراز)، ۱۶(۱)، ۱–۱۶.
- 6.FAO.Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Pesticides use and trade (1990–2022)*.
- 7.Anderson, S. E., & Meade, B. J. (2014). Potential health effects associated with dermal exposure to occupational chemicals. *Environmental Health Insights*, 8, 51–62. <https://doi.org/10.4137/EHI.S15258>
- 8.MacFarlane, E., Carey, R., Keegel, T., El-Zaemay, S., & Fritschi, L. (2013). Dermatitis in agricultural workers: A review of risks and prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(10), 4667–4693. <https://doi.org/10.3390/ijerph10104667>
- 9.Kumar, V., & Kumar, P. (2019). Pesticides in agriculture and environment: Impacts on human health. In *Contamination in Agriculture and Environment: Health Risks and Remediation* (Vol. 1, pp. 76–95). <https://doi.org/10.26832/AESA-2019-CAE-0160-07>
- 10.Amaral, A. F. (2014). Pesticides and asthma: Challenges for epidemiology. *Frontiers in Public Health*, 2, Article 6. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00006>
- 11.Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A., & Hakeem, K. R. (2016). Effects of pesticides on environment. In K. R. Hakeem, M. Akhtar, & S. N. A. Abdullah (Eds.), *Plant, soil and microbes* (pp. 253–269). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3_13

12. Rodríguez, Á. G. P., López, M. I. R., Casillas, T. Á. D., León, J. A. A., Mahjoub, O., & Prusty, A. K. (2017). Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. *Environmental Pollution*, 220, 853–862. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.068>

13. Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Alsayegh, A. A., Zeyaulah, M., AlShahrani, A. M., Muzammil, K., Saati, A. A., Wahab, S., Elbendary, E. Y., Kambal, N., Abdelrahman, M. H., & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10, e29128. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29128>

14. Tomer, V., Sangha, J. K., & Ramya, H. G. (2015). Pesticide: An appraisal on human health implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85(2), 451–463. <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0388-6>

15. Zakerinia, M., Amirghofran, S., Namdari, M., Lesan, Z., Pooralimohamad, S., Attabac, Z., Mehravar, Z., Ebrahimi, F., Haghpanah, S., & Mehrabani, D. (2015). Relationship between exposure to pesticides and occurrence of acute leukemia in Iran. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(1), 239–244. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2015.16.1.239>

16. Van Maele-Fabry, G., Hoet, P., & Lison, D. (2011). Parental occupational exposure to pesticides and the risk of childhood leukemia: A review. *Archives of Toxicology*, 85(7), 717–732. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0657-9>

۱۷. مروتی، محسن. (۱۴۰۱). آفت‌کش‌های مختل‌کننده غدد درون‌ریز (ثبت و توصیه‌شده در ایران) و اثرات سوء آنها بر سلامت انسان. نشریه علمی-پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۱(۱)، ۶۱–۷۸.

18. Alsen, M., Sinclair, C., Cooke, P., Ziadkhanpour, K., Genden, E., & van Gerwen, M. (2021). Endocrine-disrupting chemicals and thyroid cancer: An overview. *Toxics*, 9(1), Article 14. <https://doi.org/10.3390/toxics9010014>

19 Mostafalou, S., & Abdollahi, M. (2017). Pesticides: An update of human exposure and toxicity. *Archives of Toxicology*, 91(2), 549–599. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1849-x>

20. Qiao, F., Huang, Y., Wang, B., Xie, Z., Chen, T., & Zhao, Z. (2022). Associations between pesticide exposure and neurodegenerative diseases: Evidence from epidemiological studies. *Environmental Research*, 204, 112116. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112116>

21. Zaganas, I., Kapetanaki, S., Mastorodemos, V., Kanavouras, K., Colosio, C., Wilks, M. F., & Tsatsakis, A. M. (2013). Linking pesticide exposure and dementia: What is the evidence? *Toxicology*, 307, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2013.02.002>

22. Narayana, S., Liew, Z., Bronstein, J. M., & Ritz, B. (2017). Occupational pesticide use and Parkinson's disease in the Parkinson Environment Gene (PEG) study. *Environment International*, 107, 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.04.010>



23. Gilbert, R. (2019). The relationship between pesticides and Parkinson's. *American Parkinson Disease Association*. <https://www.apdaparkinson.org/article/the-relationship-between-pesticides-and-parkinsons/>

24. Zhang, X., Zhao, W., Han, Y., & Xu, J. (2020). Chronic exposure to pesticides and human health risks: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 26747–26759. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09070-4>