

Residuos de glifosato en productos de *Apis mellifera* y riesgo asociado a la salud humana

Glyphosate residues in Apis mellifera products and associated risk to human health

Blettler, Diego C.^{1*}, Morguenstern, Quione I.², Fagúndez, Guillermina A.¹

RESUMEN

El glifosato es el producto herbicida más utilizado en la actualidad. Si bien su uso es mayormente agrícola, una proporción puede ingresar al interior de las colmenas de *Apis mellifera*, lo que implica un riesgo toxicológico en el suministro de alimentos de consumo humano (miel y polen), además de sus posibles efectos negativos en las abejas y el ecosistema. Por ello resulta especialmente relevante conocer los niveles de glifosato en los productos apícolas (de consumo humano). En este sentido, los resultados citados en la bibliografía científica relevada indican la presencia de glifosato tanto en miel como en polen. Se destaca que el herbicida se encuentra fundamentalmente como glifosato (N-fosfonometil glicina) y también como AMPA (ácido aminometilfosfónico), principal metabolito de la degradación del glifosato. Estos resultados se discuten desde una perspectiva epistemológica, especialmente respecto de la posibilidad de arribar a consensos sobre los efectos del glifosato en la salud humana y su potencial carcinogénico, en el seno de una comunidad científica presuntamente permeada por el poder político y una sociedad que debate sobre la credibilidad de los postulados científicos, aun cuando estos estén firmemente anclados en hechos verificados.

Palabras clave: polen, néctar, AMPA, carcinógeno, posverdad.

ABSTRACT

Glyphosate is currently the most widely used herbicide product, although its use is mainly agricultural, a proportion of it can enter the interior of Apis mellifera hives, implying a toxicological risk in the supply of food for human consumption (honey and pollen), in addition to its possible negative effects on bees and the ecosystem. It is then especially relevant to know the levels of glyphosate in bee products (for human consumption). In this sense, the results cited in the surveyed scientific literature indicate the presence of glyphosate in both honey and pollen. It should be noted that the herbicide is mainly found as glyphosate (N-phosphonomethyl glycine) and also as AMPA (aminomethylphosphonic acid), the main metabolite of glyphosate degradation. These results are discussed from an epistemological perspective, especially regarding the possibility of reaching consensus on the effects of glyphosate on human health and its carcinogenic potential within a scientific community allegedly permeated by political power and a society that debates regarding it. of the credibility of scientific postulates, even when these are firmly anchored in verified facts.

Keywords: pollen, nectar, AMPA, carcinogen, post-truth.

Introducción

El glifosato es un producto herbicida ampliamente utilizado en la agricultura actual. Su uso a nivel mundial se estima en un millón de toneladas/año (Landrigan y Belpoggi, 2018). Es mayormente empleado en el control de malezas y barbechos de los principales cultivos agrícolas, y representa el 71,6% de los principios activos

comercializados de uso agropecuario (Benbrook, 2016). Este producto no se aplica deliberadamente a las colmenas, pero dada la masividad de su utilización se puede encontrar alrededor del lugar donde viven, visitan y forrajean las abejas (Berg *et al.*, 2018).

Una vez aplicado, el glifosato se degrada de manera relativamente fácil en el suelo, por lo que el riesgo de persistencia en el medio ambiente

¹ Laboratorio de Actuopalínología CICYTTP (CONICET-Prov. E.R.-UADER). Entre Ríos, Argentina.

² Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT-UADER). Entre Ríos, Argentina.

* Autor por correspondencia: blettler.diego@uader.edu.ar

se considera bajo (Blake y Pallett, 2018). Su vía metabólica principal supone la degradación a ácido aminometilfosfónico (AMPA). Aun así, un reciente y significativo cúmulo de evidencia sugiere que el glifosato y el AMPA pueden persistir en el medio ambiente y esto genera preocupaciones por el impacto general de este herbicida a largo plazo (Richmond, 2018).

Su persistencia ambiental varía ampliamente, dependiendo fundamentalmente de condicionantes ambientales y edáficos. En este sentido, se reportan valores muy variables de vida media (DT50) entre 1 y 197 días y su DT90 (tiempo necesario para que el 90% del glifosato aplicado inicialmente desaparezca) entre 40 y 280 días (Bergstroem *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2015). Se ha constatado, además, que el AMPA es generalmente más persistente en el suelo que el glifosato, con una vida media, también muy variable, que fluctúa entre 23 y 958 días (Yang *et al.*, 2015).

Como consecuencia de estas tasas de degradación (relativamente lentas del AMPA), en complementariedad con la sostenida aplicación de glifosato sobre los cultivos, los ecosistemas agriculturizados confluyen en la generación de ambientes contaminados con glifosato. Por esto, particularmente en áreas agrícolas, aunque también en regiones menos antropizadas, se ha reportado que una proporción de estas moléculas contaminantes pueden pasar posteriormente, vía polen o néctar, al interior de las colmenas de *Apis mellifera* (Medici *et al.*, 2022), ya sea en su condición original (N-fosfonometilglicina) o como ácido aminometilfosfónico (AMPA).

Al respecto, Primost *et al.*, 2017 afirman que, según las prácticas agropecuarias actuales, las tasas de aplicación de glifosato son más altas que las tasas de disipación. Por lo tanto propusieron que el glifosato y el AMPA se consideren contaminantes “pseudopersistentes”.

La bibliografía científica reporta que el glifosato efectivamente ingresa a la cadena de suministro de diversos alimentos de consumo humano, entre los que se encuentran los provenientes de las colmenas de *Apis mellifera* (Ledoux *et al.*, 2020). Tanto la miel inmadura (constituida por néctar y agregados enzimáticos provistos por las abejas durante la colecta) como el polen obtenido de las flores representan las principales vías de ingreso de pesticidas agrícolas a las colmenas de *Apis mellifera* (Krupke *et al.*, 2012).

Durante la búsqueda de alimentos, las abejas pueden exponerse al glifosato recientemente aplicado, pero este producto también puede estar presente en néctar y polen de plantas que fueron asperjadas con este herbicida mucho tiempo atrás (Thompson *et al.*, 2019). Incluso, puede ingresar a las colmenas pegado al cuerpo de las abejas y transferir consecuentemente este contaminante, por cualquiera de las vías mencionadas, al interior de la colonia y posteriormente a sus productos (Dai *et al.*, 2018).

Aunque en esta revisión se puso énfasis en los reportes de glifosato y AMPA encontrados en polen y miel, resulta necesario destacar que no son las únicas matrices apícolas donde estos productos se han referenciado, ya que también se han observado en propóleos, cera, pan de abejas, etc. Sin embargo, dado el mayoritario consumo humano de miel y polen, posiblemente sean estas dos las matrices apícolas con mayor efecto sobre la salud humana.

En un estudio que incluye diferentes evaluaciones de residuos de glifosato en muestras de miel comercial procedentes de distintos países (Brasil, Canadá, China, Alemania, Grecia, Hungría, India, Corea, México, Uruguay, Nueva Zelanda, España, Taiwán, Ucrania, Vietnam y EE UU), se constató que el 59% de las muestras analizadas contenían glifosato, con concentraciones que oscilan entre 17 y 163 ppb (Rubio *et al.*, 2014).

De acuerdo a lo expuesto, se puede concluir que la presencia de glifosato en mieles comerciales es como mínimo inquietante, registrando incluso ocasionalmente valores por encima de los límites máximos de residuos (LMR). Esto, al punto de que la propia Food and Agriculture Organization (FAO) informó que la exposición al glifosato y AMPA es una preocupación toxicológica potencial debido a la acumulación de residuos en el suministro de alimentos (Bai y Ogbourne, 2016).

Independientemente de las connotaciones toxicológicas para las propias abejas que supone la presencia de glifosato y AMPA en las matrices apícolas, desde un enfoque bromatológico, el mayor riesgo recae seguramente sobre las mieles, ya que constituyen el producto apícola de consumo humano mayoritario en cuanto a volumen (1,72 millones de toneladas de producción anual mundial (Popescu *et al.*, 2021)). Por su parte, el polen es consumido en cantidades mucho menores aunque igualmente significativas (1500 toneladas por año en todo el

mundo (Kieliszek, *et al.*, 2018)), generalmente por sus propiedades terapéuticas además de las nutricionales.

Objetivo

Frente a la real posibilidad de ingerir glifosato y AMPA asociado a miel y polen, resulta especialmente relevante discutir la implicancia toxicológica que esto tiene y la eventualidad fáctica de arribar a conclusiones taxativas respecto del impacto en la salud humana de su consumo.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica no sistemática y se organizó bajo el formato de revisión narrativa propuesto por Gregory y Denniss, 2018, en la que se abordan temas relacionados con la contaminación con glifosato de la miel y el polen producido en ambientes agriculturizados. Se hizo hincapié en los artículos publicados en los últimos 10 años, aunque ocasionalmente se citó bibliografía de mayor antigüedad, lo que resultó en un total de 30 artículos científicos referenciados. Esta revisión presenta, analiza y sintetiza hallazgos destacados sobre la temática, sin desconocer que existe más bibliografía científica que se ocupa de ello y que no es mencionada aquí. Se concluye con una discusión respecto de la significancia de estos hallazgos.

Resultados

¿Qué se puede decir respecto a los ingresos de glifosato reportados en los productos de las abejas? ¿Son valores alarmantes?

Con la finalidad de salvaguardar la salud humana, para cada producto alimenticio se establecen LMR convenidos por la Unión Europea (UE) y que incluyen más de 1240 plaguicidas. Los LMR se basan en datos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y los alimentos obtenidos de productos que cumplen los respectivos LMR se consideran toxicológicamente aceptables para el consumo.

Para el caso puntual de glifosato, el valor máximo permitido en miel (no orgánica) es de 50 ppb o $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Commission Regulation –EU– N° 293/2013). Afortunadamente muchos de los autores referenciados en esta revisión registran

valores de glifosato por debajo de este límite. Sin embargo, en algunas investigaciones reportadas estas concentraciones son sobrepasadas.

Además, no debemos soslayar que los LMR no son límites toxicológicos, sino límites “toxicológicamente aceptables”. Es decir, que es posible obtener productos alimenticios que no superen estos valores bajo el supuesto de una aplicación de pesticidas que siga protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Por tanto, el sobrepaso o no de estos límites, poco nos dice respecto de la garantía de inocuidad de los alimentos. Consecuentemente, los LMR vigentes pueden no garantizar necesariamente un nivel seguro de residuos de plaguicidas en alimentos (Bai y Ogbourne, 2016).

Asimismo, es necesario destacar que no se han podido establecer valores estandarizados a nivel mundial. Lamentablemente estos LMR siguen siendo variables para diferentes agencias de control internacional y como es de suponer, los países desarrollados tienen regulaciones más estrictas que los países en desarrollo, a lo que debe agregarse que frecuentemente carecen de recursos y disposición para hacer cumplir la legislación sobre residuos de pesticidas (Handford, *et al.*, 2015).

Considerando lo expuesto, quedan pocas dudas de que es alta la probabilidad de ingerir alguna cantidad de glifosato o AMPA con cada cucharada de miel que se consuma, y aunque sea baja la concentración y no se superen los LMR, resulta igualmente imprescindible contestar algunos interrogantes:

¿Es seguro el glifosato? ¿Es un peligroso carcinógeno? Tal como están las cosas, ¿es posible saberlo con alguna certeza?

La ciencia reconoce actualmente que el cáncer es causado por una red de múltiples factores. La dieta, el estilo de vida, los agentes virales, la genética, el medio ambiente y las exposiciones en ámbitos laborales pueden contribuir en la iniciación o progresión de un tumor (Clapp *et al.*, 2008). Además de lo mencionado, los pesticidas agrícolas son frecuentemente señalados como agentes carcinogénicos particularmente perniciosos.

En primer lugar, se impone definir exactamente qué es un carcinógeno. Un carcinógeno es un agente físico o químico potencialmente capaz de producir cáncer al exponerse por un determinado tiempo y en una determinada concentración a tejidos vivos (definición extraída del Diccionario de la Real Academia Española).

En 2015 la International Agency for Research on Cancer (IARC) catalogó al glifosato como un “probable carcinógeno humano” (grupo 2A). IARC es una agencia intergubernamental que forma parte de la World Health Organization (WHO). Como era de esperar, esto no pasó desapercibido y generó debates y agitación en la opinión pública y en la comunidad científica (Cuhra *et al.*, 2016).

Sin embargo, poco tiempo después, muchas organizaciones científicas igualmente prestigiosas que el IARC refutaron esa afirmación (Connolly *et al.*, 2018).

Entre estas organizaciones están la European Chemicals Agency (ECHA), la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y muchas otras fuera de la Unión Europea. Es más, la European Food Safety Authority (EFSA), encargada de la protección de los consumidores europeos ante riesgos en la cadena alimentaria, reevaluó el glifosato e informó de un hallazgo opuesto, es decir, su conclusión fue que es poco probable que represente un riesgo cancerígeno para los humanos (Portier *et al.*, 2016). Este desacuerdo tan evidente entre tan prestigiosas instituciones plantea una pregunta:

¿Cómo es posible que a casi 50 años del lanzamiento comercial de glifosato en 1974, siendo actualmente el herbicida más usado en el mundo (Benbrook, 2016), siendo también uno de los pesticidas más estudiados por la ciencia con más de 62.000 artículos científicos publicados (Cuhra *et al.*, 2016), con un interés social creciente en el uso sostenible de los productos fitosanitarios y con el escrutinio público permanente sobre los efectos no deseados de los pesticidas en una variedad de áreas que incluyen la salud humana (Cullen *et al.*, 2019), aún no se haya arribado a un consenso respecto del riesgo carcinogénico de este producto? Quizás porque a pesar de todo lo expuesto, o precisamente por ello, el glifosato es hoy y desde hace muchos años el herbicida más “politizado” (Ledoux *et al.*, 2020).

Alcanzar el consenso científico, especialmente en temas tan sensibles como este, exige que los científicos reciban financiación y tiempo independientemente de la influencia política. Desafortunadamente, los actores políticos a menudo intentan movilizar la ciencia rápidamente, lo que dificulta el logro de un consenso científico verdaderamente autónomo (Lidskog y Sundqvist, 2011). Así, la autonomía del trabajo científico

está en mayor riesgo cuando los políticos quieren actuar (legislar, prohibir, sancionar, etc.), al mismo tiempo que falta aún el consenso científico (Colins y Evans, 2002).

El papel de la ciencia en la formación de políticas (de aceptación o rechazo de un pesticida, por ejemplo) puede entenderse como un proceso de tres pasos: 1- separar la ciencia de la política y los entes financieros, 2- construir conocimiento consensuado y 3- conectar el conocimiento con la política para ejercer impactos positivos en las sociedades. Lamentablemente, temas relativos al cambio climático, estudios sobre la pérdida de biodiversidad o la aprobación de agroquímicos son claros ejemplos de procesos que no han otorgado autonomía a los grupos de expertos, socavando así la capacidad de la ciencia para influir positivamente sobre el poder político (Haas y Stevens, 2011).

La relación ciencia-política pareciera operar, algunas veces, como un proceso de coproducción, es decir, que adquiere una posición más o menos fuerte y con mayor o menor relevancia en función del contexto político preponderante. La coproducción significa que la ciencia incierta o aún carente de consenso podría fortalecerse en un contexto político propicio, y un contexto político débil puede fortalecerse con el apoyo de la ciencia. Nada bueno es posible en semejantes escenarios. No obstante, lo expuesto es solo parte del problema.

Paralelamente al esfuerzo de la comunidad científica por arribar a consensos, un importante porcentaje de la sociedad debate respecto de la credibilidad de los postulados científicos, aun cuando estos estén firmemente anclados en hechos verificados.

Este tipo de rechazo de la ciencia bien fundamentada encuentra sustento en un fenómeno denominado posverdad. Si bien el posverdadismo es un concepto amplio y no muy claramente descrito, generalmente se refiere a que los hechos objetivos tienen menos influencia en definir la opinión pública que los que apelan a la emoción y a las creencias personales. Además, el posverdadismo toma impulso en tiempos actuales catalizado por la sobreabundancia de información errónea disponible en internet.

Frecuentemente las personas rechazan o ignoran la evidencia para proteger sus creencias, valores, actitudes y visiones del mundo (Sinatra *et al.*, 2014). Este fenómeno puede ser tanto inconsciente como consciente y comprende un análisis de

la información de manera sesgada (Hendriks y Kienhues, 2019) para lograr una conclusión acorde con los objetivos y valores personales o de organizaciones.

Traer esa controversia a esta revisión científica no tiene por objeto tomar partido o fijar posición. Es más bien hacer notar que evidentemente el consenso sobre los efectos del glifosato en la salud humana aún no está zanjado ni en la comunidad científica ni en la sociedad y (sea por las causales epistemológicas expuestas o por otras) no están claros todavía los daños causados por el glifosato.

Conclusiones

Lo cierto es que el glifosato es actualmente un herbicida omnipresente en el medio ambiente. Sin embargo, el debate público y la práctica científica sobre sus efectos aún están sumidos en

la incertidumbre y en permanentes desacuerdos que aparentemente no pueden resolverse de no mediar un cambio profundo. Parece necesaria una transformación disruptiva en los modos y formas en que la ciencia se comunica más que la sola adición de papers científicos a la ya vasta colección.

Como colofón, los autores de este trabajo entendemos que la sola duda respecto de los efectos del glifosato en la salud es motor suficiente que justifica la realización de esfuerzos tendientes a evitar, o al menos reducir, el ingreso del herbicida a las colmenas y, en última instancia, al suministro de miel de consumo humano. Entendemos también que informar respecto de la adecuada y justa confiabilidad de los resultados reportados (en contraste con las afirmaciones taxativas) constituye un cerrojo fuerte y duradero que cierra firmemente las puertas de entrada a la posverdad.

Literatura citada

- Bai, S.H.; Ogbourne, S.M.
2016. Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(19): 18988-19001.
- Benbrook, C.M.
2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(1): 1-15.
- Berg, C.J.; King, H.P.; Delenstarr, G.; Kumar, R.; Rubio, F.; Glaze, T.
2018. Glyphosate residue concentrations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of large-scale agriculture and transfer off-site by bees. *PLoS one*, 13(7): e0198876.
- Bergström, L.; Börjesson, E.; Stenström, J.
2011. Laboratory and lysimeter studies of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in a sand and a clay soil. *Journal of Environmental Quality*, 40(1): 98-108.
- Blake, R.; Pallett, K.
2018. The environmental fate and ecotoxicity of glyphosate. *Outlooks on pest management*, 29(6): 266-269.
- Clapp, R.W.; Jacobs, M.M. Loechler, E.L.
2008. Environmental and occupational causes of cancer: new evidence 2005-2007. *Reviews on environmental health*, 23(1): 1-38.
- Collins, H.M.; Evans, R.
2002. The third wave of science studies: Studies of expertise and experience. *Social studies of science*, 32(2): 235-296.
- Commission Regulation EU.
2013. N° 293/2013 in Official Journal of the European Union: L96/1:L96/30 Disponible: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/products/?event=details&p=375> Consultado: 10/mar/2022.
- Connolly, A.; Leahy, M.; Jones, K.; Kenny, L.; Coggins, M.A.
2018. Glyphosate in Irish adults-A pilot study in 2017. *Environmental research*, 165: 235-236.
- Cuhra, M.; Bøhn, T.; Cuhra, P.
2016. Glyphosate: too much of a good thing? *Frontiers in Environmental Science*, 4, 28. DOI: 10.3389/fenvs.2016.00028
- Cullen, M.G.; Thompson, L.J.; Carolan, J.C.; Stout, J.C.; Stanley, D.A.
2019. Fungicides, herbicides and bees: A systematic review of existing research and methods. *PLoS One*, 14(12): e0225743.
- Dai, P.; Yan, Z.; Ma, S.; Yang, Y.; Wang, Q.; Hou, C.; Wu, Y.; Liu, Y.; Diao, Q.
2018. The herbicide glyphosate negatively affects Midgut bacterial communities and survival of honey bee during larvae reared in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66: 7786-7793.
- Gregory, A.T.; Denniss, A.R.
2018. An introduction to writing narrative and systematic reviews-Tasks, tips and traps for aspiring authors. *Heart, Lung and Circulation*, 27(7): 893-898.
- Haas, P.M.; Stevens, C.
2011. Organized Science, Usable Knowledge, and Environmental Governance. *Governing the Air: The Dynamics of Science, Politics, and Citizen Interaction*, 2011: 125-161.
- Handford, C.E.; Elliott, C.T.; Campbell, K.
2015. A review of the global pesticide legislation and the scale of challenge in reaching the global harmonization of food safety standards. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(4): 525-536.
- Hendriks, F.; Kienhues, D.
2019. Science understanding between scientific literacy and trust: Contributions from psychological and educational

- research. In Science communication. *De Gruyter Mouton*. pp. 29-50.
- Kieliszek, M.; Piowarek, K.; Kot, A.M.; Błażej, S. Chlebowska-Śmigiel, A.; Wolska I.
2018. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71: 170-180.
- Krupke, C.H.; Hunt, G.J.; Eitzer, B.D.; Andino, G.; Given, K.
2012. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS one*, 7(1): e29268.
- Landrigan, P.J.; Belpoggi, F.
2018. The need for independent research on the health effects of glyphosate-based herbicides. *Environmental Health*, 17(1): 51.
- Ledoux, M.L.; Hettiarachchy, N.; Yu, X.; Howard, L.; Lee, S.O.
2020. Penetration of glyphosate into the food supply and the incidental impact on the honey supply and bees. *Food control*, 109: 106859.
- Lidskog, R.; Sundqvist, G. Eds.
2011. *Governing the air: The dynamics of science, policy, and citizen interaction*. MIT Press.
- Medici, S.K.; Maggi, M.D.; Galetto, L.; del Rosario Iglesias, M.; Sarlo, E.G.; Recavarren, M.I.; Eguaras, M.J.
2022. Influence of the agricultural landscape surrounding Apis mellifera colonies on the presence of pesticides in honey. *Apidologie*, 53(2): 1-14.
- Popescu, A.; Dinu, T.A.; Stoian E.; Serban. V.
2021. Honey production in the European Union in the period 2008-2019-A statistical approach. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21(2): 461-473.
- Portier, C.J.; Armstrong; B.K.; Baguley, B.C.; Baur, .; Belyaev, I.; Bellé, R.; Zhou, S.F.
2016. Differences in the carcinogenic evaluation of glyphosate between the International Agency for Research on Cancer (IARC) and the European Food Safety Authority (EFSA). *J Epidemiol Community Health*, 70(8): 741-745.
- Primost, J.E.; Marino, D.J.; Aparicio, V.C.; Costa, J.L.; Carriquiriborde, P.
2017. Glyphosate and AMPA, "pseudo-persistent" pollutants under real-world agricultural management practices in the Mesopotamic Pampas agroecosystem, Argentina. *Environmental Pollution*, 229: 771-779.
- Richmond, M.E.
2018. Glyphosate: a review of its global use, environmental impact, and potential health effects on humans and other species. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 8(4): 416-434.
- Rubio, F.; Guo, E.; Kamp, L.
2014. Survey of glyphosate residues in honey, corn and soy products. *J. Environ. Anal. Toxicol*, 5(249): 2161-0525.
- Sinatra, G.M.; Broughton, S.H.; Lombardi, D.
2014. Emotions in science education. En: Pekrun, R.; Linnenbrink-Garcia, L. (Eds.). *International handbook of emotions in education*. *Routledge/Taylor & Francis Group*. pp. 415-436.
- Thompson, T.S.; van den Heever, J.P.; Limanowka, R.E.
2019. Determination of glyphosate, AMPA, and glufosinate in honey by online solidphase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Addit. Contam. Part A*. pp. 1-13.
- Yang, X.; Wang, F.; Bento, C.P.; Meng, L.; van Dam, R.; Mol, H.; Geissen, V.
2015. Decay characteristics and erosion-related transport of glyphosate in Chinese loess soil under field conditions. *Science of the Total Environment*, 530: 87-95.