

L'HERBICIDA GLIFOSAT

El Glifosat (comercialitzat amb diferents denominacions, la més coneguda de les quals és la marca Roundup) és l'herbicida més utilitzat a tot el món. És un herbicida sistèmic no selectiu. Les fórmules comercials més comunes contenen l'ingredient actiu (glifosat), que impedeix la fotosíntesi i afecta a d'altres processos metabòlics de les plantes, a més incorporen productes surfactants que faciliten que el glifosat penetri a través de les cutícules de les fulles.

Aquest herbicida es va desenvolupar als anys 1970, i es va comercialitzar a l'any 1974. L'empresa Monsanto va mantenir les patents fins a l'any 2000, i a l'any 2009 esperava la venda d'uns 800 milions de litres d'herbicides basats en el glifosat, un 55% dels quals van ser de Roundup. Actualment, diferents empreses produeixen herbicides la substància activa dels quals és el glifosat. La majoria de productes basats en el glifosat es classifiquen oficialment a l'Estat espanyol amb una toxicologia "baixa" per mamífers, "baixa" per aus, i "moderada" per peixos. Algunes formulacions es consideren "irritants" i/o "nocives" per a les persones.

El permís per a l'ús del glifosat a la UE s'hauria d'haver revisat aquest any 2012. La Comissió Europea, però, va aprovar d'amagat una directiva l'any passat amb la qual s'aplaça aquesta revisió, i la d'altres biocides, fins l'any 2015. I com que aquesta mateixa Comissió, en canvi, no ha aprovat encara l'actualització dels tests que haurien de fer les indústries per tal de demanar el vist i plau als seus productes, el glifosat es revisarà a l'any 2015 amb criteris laxos i caducs, amb la qual cosa segurament obtindrà el permís fins al 2030¹.

Riscs per la salut humana

El glifosat, i especialment la seva marca comercial Roundup (degut a d'altres components que s'afegeixen), han mostrat signes de toxicitat i/o riscos de toxicitat per a humans tant en assaigs de laboratori com en estudis epidemiològics.

El estudis epidemiològics han relacionat l'exposició de persones al glifosat/Roundup (pagesos, treballadors agrícoles, i població en general) amb:

- un risc més gran de part prematur per exposició en combinació amb d'altres biocides²,
- un risc més gran d'avortaments³,
- un risc més gran de desenvolupament de limfomes no-Hodgkin, ja sigui per exposició només al glifosat⁴, o a barreges de pesticides i herbicides incloent-hi el glifosat⁵,
- una possible més gran incidència de mieloma múltiple⁶.

Els estudis de laboratori mostren diferents efectes negatius:

- efectes genotòxics⁷ i mutagènics⁸,
- modificacions en l'estructura i funcionament de les cèl·lules⁹,
- interferències en la síntesi d'esteroides i actuació com a disruptors endocrins¹⁰, produint també pertorbacions en el desenvolupament reproductiu d'animals de laboratori reduint la producció de testosterona¹¹,
- interferències en el funcionament del fetge¹²,
- malformacions congènites¹³,
- efectes tòxics en cèl·lules de la placenta humana que poden afectar negativament la reproducció humana i el desenvolupament del fetus¹⁴.

També s'ha mostrat la influència del glifosat en la biologia i reproducció de cargols d'aigües dolces, i com a resultat, la seva possible influència en la expansió de malalties de mamífers com la fascioliasis¹⁵.

Encara que també s'utilitzen en jardineria i manteniment de línies de tren, l'ús de productes comercials basats en el glifosat ha augmentat molt significativament com a resultat de la comercialització de varietats transgèniques de cultius amb resistència a aquest herbicida. I molt significativament, la Unió Europea va augmentar el límit màxim admissible de residus de glifosat als aliments en un 200% a l'any 1999, per tal d'evitar problemes amb les importacions d'aliments que contenen soja transgènica resistent a glifosat, i per tant poden estar carregats d'aquests residus¹⁶.

Residus d'aquest herbicida han estat detectats a les cases de treballadors agrícoles¹⁷, a la seva orina i a la dels seus familiars¹⁸, a la sang de dones no embarassades¹⁹ i en molts aliments, encara que en concentracions baixes²⁰, el que demostra els risc d'exposició a aquest herbicida.

Efectes sobre el medi

El glifosat, i el seu metabòlit AMPA, han estat detectats freqüentment a l'aire i a la pluja²¹, així com a les aigües superficials²² de regions agrícoles. Un estudi recent a Catalunya²³ constata que:

- el 41% de les mostres analitzades té un contingut detectable de glifosat,
- que el valor mitjà de totes les mostres és de 0'2 µg.l⁻¹,
- que s'assoleixen valors de fins a 2'5 µg.l⁻¹,
- que en un 68% dels casos la concentració mitjana de glifosat al llarg de l'any és superior a 0'1 µg.l⁻¹, valor màxim admès per la normativa europea (Directiva 2006/118/EC).

Aquest herbicida, en les seves formulacions comercials, ha mostrat impactes molt intensos i diversos en els ecosistemes aquàtics²⁴, "podent produir nivells

extremadament alts de mortalitat en amfibis, la qual cosa podria afectar a la disminució de les seves poblacions”²⁵. El surfactant POEA, que es troba a molt productes comercials basats en el glifosat, és letal per a peixos i amfibis, especialment en aigües amb pH bàsic²⁶. Recentment, la Sociedad de Ciencias Aranzadi de Donostia feia públics els resultats dels seus estudis sobre la incidència d’aquest herbicida en 10 espècies d’amfibis europeus, mostrant que les dosis recomanades pels fabricants són mortals per la majoria d’elles, i que dosis menors afecten la biologia i el comportament dels amfibis²⁷. D’altra banda, els musclos també han mostrat molta sensibilitat als herbicides basats en el glifosat²⁸. A més, el glifosat ha mostrat efectes tòxics en algunes espècies de peixos²⁹, i pot reduir la resistència d’altres peixos a les malalties, incrementant la incidència d’infeccions³⁰. D’altra banda, el seu contingut en nutrients, com el fòsfor i el nitrogen, pot afectar les relacions tròfiques dels ecosistemes aquàtics³¹.

El glifosat absorbit per les plantes és eventualment excretat per les arrels a la rizosfera del sòl. S’ha observat que és tòxic pels diferents fongs i bacteris que són necessaris i beneficiosos per la natura, desequilibrant la comunitat microbiana del sòl³². Els cucs de terra també es veuen afectats negativament per aquest herbicida, ja sigui sol o en combinació amb d’altres herbicides³³.

Aquest herbicida no només afecta a les plantes sobre les que s’aplica o aquelles properes als camps de conreu i/o afectades per la deriva amb el vent, sinó que generacions posteriors d’aquestes plantes també mostren problemes de germinació i/o desenvolupament disminuït, “podent produir-se importants canvis ecològics” per aquest efecte³⁴.

A l’any 2009, la Cort Suprema francesa va confirmar una sentència anterior en la que es condemnava a l’empresa Monsanto (productora del Roundup, principal marca comercial del glifosat) per no haver dit la veritat en relació a la seguretat d’aquest herbicida i per haver utilitzat publicitat enganyosa al definir-lo com a “biodegradable”. El glifosat és considerat com a “perillós per al medi” per la Unió Europea³⁵.

Alguns efectes sobre la producció agrària

Com amb d’altres herbicides, el seu ús ha portat a l’aparició de plantes resistents³⁶. Al món s’estima que hi ha 18 espècies de plantes que han desenvolupat resistència al glifosat³⁷. A l’estat espanyol s’han trobat poblacions de *Conyza bonariensis* resistents al glifosat a Andalusia³⁸.

A l’any 2009 s’estimava que plantes de l’espècie *Amaranthus palmeri* resistents al glifosat apareixerien en 250.000 ha de conreu als Estats Units d’Amèrica³⁹. En 19 estats d’aquest país han aparegut espècies resistents a aquest herbicida que ja produeixen greus problemes econòmics⁴⁰. A l’estat de Georgia 40.000 ha de conreu es troben

greument infestades per plantes de *Amaranthus palmeri* resistents al glifosat, fins al punt que al comtat de Macon es van haver d'abandonar 4.000 ha a l'any 2007⁴¹.

Aquest herbicida produeix, a més a més, molts problemes en els mateixos cultius als que s'aplica i a cultius posteriors⁴²:

- en cultius de soja, l'aplicació de glifosat disminueix el contingut en àcids grassos poli-insaturats i augmenta el d'àcids grassos mono-insaturats. Tanmateix, disminueix la concentració de minerals, i la producció de biomassa del cultiu⁴³
- augmenta la sensibilitat als atacs de fongs i malalties dels cultius als que se'ls aplica l'herbicida⁴⁴, i també a cultius posteriors en la mateixa parcel·la⁴⁵. També s'han demostrat efectes negatius molt intensos del glifosat sobre insectes terrestres importants en el control biològic de plagues de la soja⁴⁶.

- Antoniou, M. et al. 2011. Roundup and birth defects: is the public being kept in the dark?. Earth Open Source. <http://es.scribd.com/doc/57277946/RoundupandBirthDefectsv5>.
- ² Savitz, D.A., T. Arbuckle, D. Kaczor, K.M. Curtis. 1997. Male pesticide exposure and pregnancy outcome. *American Journal of Epidemiology*, 146(12): 1025-1036.
- ³ Arbuckle, T.E., Z. Lin, L.S. Mery. 2001. An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion of an Ontario farm population. *Environmental Health Perspectives*, 109(8): 851-857.
- ⁴ Hardell, L., M. Eriksson, M. Nordstrom. 2002. Exposure to pesticide as risk factor for non-Hodgkin's lymphoma and hairy cell leukemia: pooled analysis of two Swedish case-control studies. *Leukemia & Lymphoma*, 43(5): 1043-1049.
- ⁵ DeRoos, Z.S.H. et al. 2003. Integrative assessment of multiple pesticides as risk factors for non-Hodgkin's lymphoma among men. *Occupational and Environmental Medicine*, 60(9), E11.
- ⁶ DeRoos, A.J. et al. 2005. Cancer incidence among glyphosate-exposed pesticide applicators in the agricultural health study. *Environmental Health Perspectives*, 113: 49-54.
- ⁷ Lioi, M.B. et al. 1998. Cytogenetic damage and induction of pro-oxidant state in human lymphocytes exposed in vitro to glyphosate, vinclozolin, atrazine, and DPX-E9636. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 32: 39-46.
- Lioi, M.B. et al. 1998. Genotoxicity and oxidative stress induced by pesticide exposure in bovine lymphocyte cultures in vitro. *Mutation Research – Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 403: 13-20.
- ⁸ Rank, J. et al. 1993. Genotoxicity testing of the herbicide Roundup and its active ingredient glyphosate isopropylamine using the mouse bone marrow micronucleus test, Salmonella mutagenicity test, and Allium anaphase-telophase test. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 300: 29-36.
- ⁹ Marc, J. et al. 2002. Pesticide Roundup provokes cell division dysfunction at the level of CDK1/cyclin B activation. *Chemical Research in Toxicology*, 15: 326-331.
- [Marc, J., O. Mulner-Lorillon, G. Durand, R. Belle. 2003. Embryonic cell cycle for risk assessment of pesticides at the molecular level. *Environnemental. Chemistry Letters*, 1: 8–12](#)
- Marc, J. et al. 2004. Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. *Biology of the Cell*, 96: 245-249.
- [Marc, J., R. Belle, J. Morales, P. Cormier, O. Mulner-Lorillon. 2004. Formulated glyphosate activates the DNA-response checkpoint of the cell cycle leading to the prevention of G2/M transition. *Toxicological Sciences*, 82: 436–42](#)
- Marc, J. et al. 2005. A glyphosate-based pesticide impinges on transcription. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 203: 1-8.
- Peixoto, F. 2005. Comparative effects of the Roundup and glyphosate on mitochondrial oxidative phosphorylation. *Chemosphere*, 61: 115-1122.
- Siviková, K., J. Dianovsky. 2006. Cytogenetic effect of technical glyphosate on cultivated bovine peripheral lymphocytes. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 209: 15-20.
- Malatesta, M. et al. 2008. Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicology in Vitro*, 22: 1853-1860.
- ⁰ Walsh, L.P. et al. 2000. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environmental Health Perspectives*, 108: 769-776.
- Richard, S. et al. 2005. Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environmental Health Perspectives*, 113(6): 716-720.
- Gasnier, C. et al. 2009. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology*, 263: 184-191.
- ¹ Romano, R.M. et al. 2010. Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Archives of Toxicology*, 84: 309-317.
- ² Hietanen, E., K. Linnainmaa, H. Vainio. 1983. Effects of phenoxyherbicides and glyphosate on the hepatic and intestinal biotransformation activities in the rat. *Acta Pharmacologica et Toxicologica*, 53: 103-112.
- Benedetti, A.L. et al. 2004. The effects of sub-chronic exposure of Wistar rats to the herbicide Glyphosate-Biocarb. *Toxicology Letters*, 153: 227-232.

- ³ Paganelli, A., V. Gnazzo, H. Acosta, S.L. López, A.E. Carrasco. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chemical Research in Toxicology* (acceptat per publicació) doi: 10.1021/tx1001749.
- ⁴ Benachour, N. et al. 2007. Time- and dose-dependent effects of Roundup on human embryonic and placental cells. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 53: 126-133.
- Benachour, N., G.E. Séralini. 2009. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human, umbilical, embryonic, and placental cells. *Chemical Research in Toxicology*, 22(1): 97-105.
- ⁵ Tate, T.M., R.N. Jackson, F.A. Christian. 2000. Effects of glyphosate and dalapon on total free amino acid profiles of *Pseudosuccinea columella* snails. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64: 258-262.
- ⁶ “Pesticide safety limit raised by 200 times ‘to suit GM industry’ “. *Daily Mail*, 21 de setembre de 1999.
- ⁷ Curwin, B.D. et al. 2005. Pesticide contamination inside farm and nonfarm homes. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2: 357-367.
- ⁸ Acquavella, J.F. et al. 2004. Glyphosate biomonitoring for farmers and their families: results from the Farm Family Exposure Study. *Environmental Health Perspectives*, 112(3): 321-326.
- ⁹ Aris, A., S. Leblanc. 2011. Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reproductive Toxicology*, 31: 528-533.
- ²⁰ McQueen, H., A.C. Callan, A. L. Hinwood. 2012. Estimating maternal and prenatal exposure to glyphosate in the community setting. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. doi:10.1016/j.ijheh.2011.12.002
- ² Chang, F-C., Simcik, M.F., P.D. Capel. 2011. Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(3): 548-555.
- ²² Skark, C. et al. 1998. The occurrence of glyphosate in surface water. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 70: 93-104.
- Peruzzo, P.J., A.A. Porta, A.E. Ronco. 2008. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. *Environmental Pollution*, 156: 61-66.
- Coupe, R.H., S.J. Kalkhoff, P.D. Capel, C. Gregoire. 2011. Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins. *Pest Management Science*, DOI 10.1002/ps.2212.
- ²³ Sanchís, J. et al. 2012. Determination of glyphosate in groundwater samples using an ultrasensitive immunoassay and confirmation by on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(7): 2335-2345.
- ²⁴ Bengtsson, G., L-A. Hansson, K. Montenegro. 2004. Reduced grazing rates in *Daphnia pulex* caused by contaminants: implications for trophic cascades. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(11): 2641-2648.
- Sobrero, M.C., F. Rimoldi, A.E. Ronco. 2007. Effects of the glyphosate active ingredient and a formulation on *Lemna gibba* L. at different exposure levels and assessment end-points. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79: 537-543.
- Pérez, G.L. et al. 2007. Effects of the herbicide Roundup on fresh water microbial communities : a mesocosm study. *Ecological Applications*, 17: 2310-2322.
- Achiorno, C.L., C. de Villalobos, L. Ferrari. 2008. Toxicity of the herbicide glyphosate to *Chordodes nobilii* (Gordiida, Nematomorpha). *Chemosphere*, 71: 1816-1822.
- Relyea, R.A. 2012. New effects of Roundup on amphibians: predators reduce herbicide mortality; herbicides induce antipredator morphology. *Ecological Applications*, 22: 634-647.
- ²⁵ Relyea, R.A. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*, 15(2): 618-627.
- Relyea, R.A. 2005. The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications*, 15(4): 1118-1124.
- Smith, G.R. 2001. Effects of acute exposure to a commercial formulation of glyphosate on the tadpoles of two species of Anurans. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67: 483-488.
- Cauble, K., R.S. Wagner. 2005. Sublethal effects of the herbicide glyphosate on amphibian metamorphosis and development. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75: 429-435.
- ²⁶ Giesy, J.P., S. Dobson, K.R. Solomon. 2000. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Review of Contamination and Toxicology*, 167: 35-120.

- Lajmanovich, R.C., M.T. Sandoval, P.M. Peltzer. 2003. Induction of mortality and malformation in *Scinax nasicus* tadpoles exposed to glyphosate formulations. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 70: 612-618.
- Howe, C.M., M. Berrill, B.D. Pauli, C.C. Helbing, K. Werry, N. Veldhoen. 2004. Toxicity of glyphosate-based pesticides to four North American frog species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(8): 1928-1938.
- ²⁷ <http://dfmf.uned.es/biologia/2012/02/glifosato-el-herbicida-que-tambien-mata-a-los-anfibios/>
- ²⁸ Bringolf, R.B., W.G. Cope, S. Mosher, M.C. Barnhart, D. Shea. 2007. Acute and chronic toxicity of glyphosate compounds to glochidia and juveniles of *Lampsilis siliquoidea* (Unionidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(10): 2094-2100.
- ²⁹ Langiano, V.C., C.B.R. Martinez. 2008. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 147: 222-231.
- Cavalcante, D.G.S.M., C.B.R. Martinez, S.H. Sofia. 2008. Genotoxic effects of Roundup® on the fish *Prochilodus lineatus*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 655: 41-46.
- ³⁰ Kelly, D.W., R. Poulin, D.M. Tompkins, C.R. Townsend. 2010. Synergistic effects of glyphosate formulation and parasite infection on fish malformations and survival. *Journal of Applied Ecology*, 47(2): 498-504.
- ³¹ Bengtsson, G., L-A. Hansson, K. Montenegro. 2004. Reduced grazing rates in *Daphnia pulex* caused by contaminants: implications for trophic cascades. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(11): 2641-2648.
- ³² Wardle, D.A., D.A. Parkinson. 1992. Influence of the herbicides 2,4-D and glyphosate on soil microbial biomass and activity: a field experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 185-186.
- Levesque, C.A., J.E. Rahe. 1992. Herbicidal interactions with fungal root pathogens with special reference to glyphosate. *Annual Review of Phytopathology*, 30: 572-602.
- Busse, M.D., A.W. Ratcliffe, C.J. Shestak, R.F. Powers. 2001. Glyphosate toxicity and the effects of long-term vegetation control on soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 1777-1789.
- Krzysko-Lupicka, T., T. Sudol. 2008. Interactions between glyphosate and autochthonous soil fungi surviving in aqueous solution of glyphosate. *Chemosphere*, 71: 1386-1391.
- Johal, G.S., D.M. Huber. 2009. Glyphosate effects on disease and disease resistance in plants. *European Journal of Agronomy*, 31: 144-152.
- ³³ Yasmin, S., D. D'Souza. 2007. Effect of pesticides on the reproductive output of *Eisenia fetida*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79: 529-532.
- ³⁴ Blackburn, L.G., C. Boutin. 2003. Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: a case study with glyphosate (Roundup). *Ecotoxicology*, 12: 271-285.
- ³⁵ "Monsanto guilty in 'false ad' row". <http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/2/hi/europe/8308903.stm>. (15 octubre 2009).
- ³⁶ Robert, S., U. Baumann. 1998. Resistance to the herbicide glyphosate. *Nature*, 395: 25-26.
- Binimelis, R., W. Pengue, I. Monterroso. 2009. "Transgenic treadmill": responses to the emergent and spreads of glyphosate-resistant johnsongrass in Argentina. *Geoforum*, doi: 10.1016/j.geoforum.2009.03.009
- Gaines, T.A. et al. 2010. Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0906649107>.
- ³⁷ "Roundup-resistant 'superweed' confirmed in Ontario". <http://www.montrealgazette.com/Roundup+resistant+superweed+confirmed+Ontario/2991203/story.html> 5 maig 2010.
- ³⁸ Urbano, J.M. 2007. Glyphosate-resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) in Spain. *Weed Technology*, 21: 396-401.
- ³⁹ Gaines et al. 2010.
- ⁴⁰ "Arkansas fields of glyphosate-resistant pigweed" <http://www.deltafarmpress.com/cotton/resistant-pigweed-0925/index.html>.
- "Resistant weeds threaten to cripple Iowa's agriculture economy". <http://iowaindependent.com/29429/resistant-weeds-threaten-to-cripple-iowas-agriculture-economy>. (10 març 2010).
- "Growing Roundup-resistant weed problema must be dealt with, expert says". <http://www.physorg.com/news203697204.html>.
- ⁴¹ " 'Superweed' explosion threatens Monsanto heartlands". <http://www.france24.com>. (19 abril 2009).

- ⁴² Yamada, T. et al. 2009. Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants: threat to agricultural sustainability?. *European Journal of Agronomy*, 31: 111-113.
- ⁴³ Zobiole, L.H.S. et al. 2010. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 4517-4522.
- ⁴⁴ Lévesque, C.A., J.E. Rahe, D.M. Eaves. 1987. Effects of glyphosate on *Fusarium* spp.: its influences on root colonization of weeds, propagule density in the soil, and crop emergence. *Canadian Journal of Microbiology*, 33: 354-360.
- Johal, G.S., J.E. Rahe. 1988. Glyphosate, hypersensitivity and phytoalexins accumulation in the incompatible bean anthracnose host-parasite interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 32: 267-281.
- Liu, L., Z.K. Punja, J.E. Rathe. 1997. Altered root exudation and suppression of induced lignification as mechanisms of predisposition by glyphosate of bean roots (*Phaseolus vulgaris* L.) to colonization by *Phytium* spp. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 51(2): 110-127.
- Sanogo, S, X.B. Yang, H. Scherm. 2000. Effects of herbicides on *Fusarium solani* f.sp. *glycines* and development of sudden death syndrome in glyphosate-tolerant soybean. *Phytopathology*, 90: 57-66.
- Johal, C.S., D.M. Huber. 2009. Glyphosate effects on diseases of plants. *European Journal of Agronomy*, 31: 144-152.
- ⁴⁵ Fernandez, M.R. et al. 2009. Glyphosate associations with cereal diseases caused by *Fusarium* spp. in the Canadian prairies. *European Journal of Agronomy*, 31: 133-143.
- ⁴⁶ Schneider, M.I., N. Sánchez, S. Pineda, H. Chi, A. Ronco. 2009. Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Ecological approach. *Chemosphere*, 76: 1451-1455.