

# 结论：全球综合评估关于新烟碱类和氟虫腈对生物多样性 and 生态系统服务功能带来的风险

以下文章原载于 Springer 期刊 “Environmental Science and Pollution Research”:

[“Van der Sluijs, J.P., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bijleveld van Lexmond, M.F.I.J., Bonmatin, J-M., Chagnon, M., Downs, C.A., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Pisa, L., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., Tapparo, A., Van Dyck, H., van Praagh, J., Whitehorn, P.R., Wiemers, M. \(2015\). «Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning». «Environmental Science and Pollution Research», 22, 148-154.”](#)

van der Sluijs, J.P.<sup>1,30</sup>, Amaral-Rogers, V.<sup>2</sup>, Belzunces, L.P.<sup>3</sup>, Bijleveld van Lexmond, M.F.I.J.<sup>4</sup>, Bonmatin, J-M.<sup>5</sup>, Chagnon, M.<sup>6</sup>, Downs, C.A.<sup>7</sup>, Furlan, L.<sup>8</sup>, Gibbons, D.W.<sup>9</sup>, Giorio, C.<sup>10</sup>, Girolami, V.<sup>11</sup>, Goulson, D.<sup>12</sup>, Kreutzweiser, D.P.<sup>13</sup>, Krupke, C.<sup>14</sup>, Liess, M.<sup>15</sup>, Long, E.<sup>14</sup>, McField, M.<sup>16</sup>, Mineau, P.<sup>17</sup>, Mitchell, E.A.D.<sup>18,19</sup>, Morrissey, C.A.<sup>20</sup>, Noome, D.A.<sup>4,21</sup>, Pisa, L.<sup>1</sup>, Settele, J.<sup>22,23</sup>, Simon-Delso, N.<sup>1,24</sup>, Stark, J.D.<sup>25</sup>, Tapparo, A.<sup>26</sup>, Van Dyck, H.<sup>27</sup>, van Praagh, J.<sup>28</sup>, Whitehorn, P.R.<sup>29</sup>, Wiemers, M.<sup>22</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Sciences, Copernicus Institute, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, The Netherlands

<sup>2</sup> Buglife, Bug House, Ham Lane, Orton Waterville, Peterborough PE2 5UU, UK

<sup>3</sup> INRA, UR 406 Abeilles and Environnement, Laboratoire de Toxicologie Environnementale, Site Agroparc, 84000 Avignon, France

<sup>4</sup> Task Force on Systemic Pesticides, Pertuis-du-Sault, 2000 Neuchâtel, Switzerland

<sup>5</sup> Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Biophysique Moléculaire, rue Charles Sadron, 45071 Orléans Cedex 02, France

<sup>6</sup> Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal, Case Postale 8888, Succursale Centre-Ville, Montreal, Québec, Canada H3C 3P8

<sup>7</sup> Haereticus Environmental Laboratory, P.O. Box 92, Clifford, VA 24533, USA

<sup>8</sup> Veneto Agricoltura, Legnaro, PD, Italy

<sup>9</sup> RSPB Centre for Conservation Science, RSPB, The Lodge, Sandy, Bedfordshire SG19 2DL, UK

<sup>10</sup> Department of Chemistry, University of Cambridge, Lensfield Road, CB2 1EW Cambridge, UK

<sup>11</sup> Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, Università degli Studi di Padova, Agripolis, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Padova, Italy

<sup>12</sup> School of Life Sciences, University of Sussex, Brighton BN1 9RH, UK

<sup>13</sup> Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, 1219 Queen Street East, Sault Ste Marie, ON, Canada P6A 2E5

<sup>14</sup> Department of Entomology, Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2089, USA

<sup>15</sup> Department of System Ecotoxicology, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, 04318 Leipzig, Germany

<sup>16</sup> Healthy Reefs for Healthy People Initiative, Smithsonian Institution, Belize City, Belize

<sup>17</sup> Pierre Mineau Consulting, 124 Creekside Drive, Salt Spring Island V8K 2E4, Canada

<sup>18</sup> Laboratory of Soil Biology, University of Neuchâtel, Rue Emile Argand 11, 2000 Neuchâtel, Switzerland

<sup>19</sup> Jardin Botanique de Neuchâtel, Chemin du Perthuis-du-Sault 58, 2000 Neuchâtel, Switzerland

<sup>20</sup> Department of Biology and School of Environment and Sustainability, University of Saskatchewan, 112 Science Place, Saskatoon, SK S7N 5E2, Canada

<sup>21</sup> Kijani, Kasungu National Park, Private Bag 151, Lilongwe, Malawi

<sup>22</sup> Department of Community Ecology, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle, Germany

<sup>23</sup> iDiv, German Centre for Integrative Biodiversity Research, Halle-Jena-Leipzig, Deutscher Platz 5e, 04103 Leipzig, Germany

<sup>24</sup> Beekeeping Research and Information Centre (CARI), Place Croix du Sud 4, 1348 Louvain la Neuve, Belgium

<sup>25</sup> Puyallup Research and Extension Centre, Washington State University, Puyallup, WA 98371, USA

<sup>26</sup> Dipartimento di Scienze Chimiche, Università degli Studi di Padova, via Marzolo 1, 35131 Padova, Italy

<sup>27</sup> Behavioural Ecology and Conservation Group, Biodiversity Research Centre, Université Catholique de Louvain (UCL), Croix du Sud 4-5 bte L7.07.04, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

<sup>28</sup> Scientific Advisor, Hassellstr. 23, 29223 Celle, Germany

<sup>29</sup> School of Natural Sciences, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, UK

<sup>30</sup> Centre for the Study of the Sciences and the Humanities, University of Bergen, Postboks 7805, N-5020 Bergen, Norway

\* J.P. van der Sluijs: [jeroen@jvds.nl](mailto:jeroen@jvds.nl)

## 介绍

目前我们对全球使用的杀虫剂在野生动物身上所产生的副作用所知甚少，尤其是在较高层次的生物组织群体、族群和生态系统 (Köhler and Triebkorn 2013)。在此，我们集中在农药化学品中的其中一个问题种类—内吸性杀虫剂氟虫腈和那些新烟碱类类别。全球日益依赖这些持久和有效毒害神经的部分预防性使用内吸杀虫剂，亦令大众担忧这些内吸性杀虫剂对生物多样性、生态系统功能和受其广泛影响的物种和环境所提供的生态系统服务。以目前使用的规模，再加上这些化合物的性质，导致农田土壤、淡水资源、湿地、非目标植物和河口及海岸海洋系统大面积污染，这意味着许多在这些栖息地的生物会反复长期接触这些有一定浓度的杀虫剂。

新烟碱类和氟虫腈大约占目前全球农药市场的三分之一（以 2010 年金额计算）(Simon-Delso et al. 2015)。它们应用在许多方面，包括种子包衣、冲洗、施用喷洒在叶面、应用在湿润土壤和树干注射。这些化合物使用在农业、园艺和林业中数以百计农作物的虫害管理。除了害虫，他们还广泛应用于控制宠物、家畜和水产养殖的疾病媒介物以及城市和家用虫害防治和木材养林(Simon-Delso et al. 2015)。

虽然这些内吸性杀虫剂在允许推出市场时经过例行生态风险评估，但广泛并同时使用多个产品，连随带来的多种配方及行为模式，则监管框架并未为此进行个别和连带生态风险进行评估。这些应用同时出现在数以百计的种植系统，其中包括全球主要农产品和多种的牛类物种、宠物等。此外，生态风险评估没有考虑内吸性杀虫剂与其他环境压力之间的各种交互作用。一旦批准推出市场，每个使用的剂量及频率都有授权的限制，但对主要活跃成分的总规模则不设限制，引致受影响生态系统复原的潜在可能性减弱。此外，新烟碱农药通常持续暴露在水域里，结果污染和影响都随着时间达到顶点，一直对此并无任何评估(Liess et al. 2013)。虽然行为中毒性机制的添加和协同作用都有记录，但新烟碱类和氟虫腈及其它农药活性成分之间潜在的交互作用并未被考虑 (Satchivi and Schmitzer 2011; Gewehr 2012; Iwasa et al. 2004)。

在这专题文章里的全球综合评估（WIA）是首次综合全球性广泛使新烟碱类和氟虫腈对生物多样性和生态系统功能带来的风险。这 WIA 是根据过去二十年，经同行评审在期刊所发表超过 800 篇文章的结果。我们对以下各项分别作评估：趋势、使用、行为模式和代谢物(Simon-Delso et al. 2015)；环境归宿和接触(Bonmatin et al. 2015)；对非目标无脊椎动物的影响(Pisa et al. 2015)；对野生脊椎动物的直接和间接影响(Gibbons et al. 2015)；以及生态系统功能和服务的风险(Chagnon et al. 2015)，并最终发掘可替代新烟碱类和氟虫腈的可持续害虫防治措施(Furlan and Kreutzweiser 2015)。

### 行动，环境归宿<sup>1</sup>和曝光模式

基于它们的内吸性质，新烟碱类和相对程度较轻微的氟虫腈，以及它们若干有毒代谢物，都会被植物的根或叶所吸收并转移至植物的所有部分，最终使得这些处理过的植物能有效毒害那些能对农作物有潜在损害的昆虫。新烟碱类和氟虫腈透过破坏生物体中中枢神经系统的神经传输发挥作用。新烟碱类与乙酰胆碱(Nicotinic Acetylcholine)受体结合，氟虫腈则抑制 GABA 受体<sup>2</sup>。这两种农药对无脊椎动物及一些脊椎动物产生致命及广泛的亚致死不利影响(Gibbons et al. 2015; Simon-Delso et al. 2015)。最值得注意的是非常高亲和力的新烟碱类杀虫剂与烟碱型乙酰胆碱受体（胆碱受体）结合，使得即使长时间接触低剂量仍然可以带来显著影响（Pisa et al. 2015 参见评论文献）。

内吸性农药广泛使用的结果，是在所有的环境介质中（包括土壤、水和空气）都有这些物质存在。环境污染通过多种不同的途径产生，包括在钻探包衣种子过程中产生的灰尘；耕地土壤和土壤水分经过反复使用后的污染和建立环境浓度；径流进入地表水和地下水；非目标植物透过根部吸收农药，随后转移至花粉、花蜜、吐水液体等；灰尘和漂浮的喷雾微粒在叶片上沉积；以及经由风和动物做介质，从处理过的植物传播污染的花粉和花蜜。新烟碱类在土壤、河流和非目标植物的持久性不同但都维持很长的时间；例如，新烟碱类在土壤中的半衰期可超过 1,000 天。同样地，他们在木本植物的时间则超过一年。分解后

将产生毒性代谢物，虽然这些有毒代谢物的浓度在环境中很少能被量度出来 (Bonmatin et al. 2015)。

持久性（数月或数年）与水溶性的特点，为土壤和沉积物（ppb-ppm<sup>3</sup> 范围）、河道（ppt ppb 范围内的地下水和地表水）与处理过及未处理的植物（ppb-ppm 的范围）带来了大规模的污染，并有积累的潜在可能。农药及其代谢物的细胞未有以系统和适当的方式进行检查，以便找出长期接触低浓度和短期接触高浓度的影响(Bonmatin et al. 2015)。

但是，在环境中抽取的样品经过检查，均被发现含有农药的混合物，其中包括新烟碱类或氟虫腈（及其毒性代谢物）。此外，根据北美和欧洲不同国家监管制定生态价值的最低标准，从地下水和地表水的采集样品已被发现超过限制。总体而言，有充分证据表明，新烟碱类或氟虫腈及其毒性代谢物的混合物充满高变数的环境浓度，污染着土壤、河道和农业及城市植物。

这种命运轨迹为非目标生物制造多条慢性和急性多重接触的途径。例如，传粉媒介（包括蜜蜂）透过至少以下途径受污染：在钻探过程中与灰尘直接接触，从处理农作物的种子吸取花粉、花蜜、吐水滴、额外花蜜腺和蜜露；水源；从接近处理农作物或污染水源附近生长的野生花草里，吸取受污染的花粉和花蜜。对全世界各种环境中蜂群储存的食物进行研究，显示蜂群定期及长期暴露在新烟碱类、氟虫腈和它们的代谢物（一般在 1-100 ppb 级）之下，经常与其它的杀虫剂混合，当中一些已知与新烟碱类有协同作用。其他非目标生物，特别是那些居住在土壤和水生栖息地或食草昆虫，它们依靠农田里的非农作物为生，也将不可避免地受到污染，虽然我们对这些群体的污染数据暂时仍然缺乏。

## 对非目标生物的影响

大量研究关于内吸性农药对传粉媒介的影响，这正反映了这问题特别受到关注。以蜜蜂来说，在控制的设置下田野间真实的接触已经对个体导航、学习、食品收集、寿命、对疾病的抵抗力和繁殖力产生不利影响。对于大黄蜂，群体

效应已经清楚表明，受污染蜂群生长较缓慢，并显著地生产较少蜂后 (Whitehorn et al. 2012)。对自由生活的蜂群进行有限的实地研究，大部分前后不一，亦证明难以进行，通常因为控制群体无可避免地受到新烟碱类的污染，或者缺乏复制的研究模型，所有这一切都说明了在自然环境中进行这项研究是一种挑战(Maxim and Van der Sluijs 2013; Pisa et al. 2015)。

其他无脊椎动物群体却受到较少关注。这些杀虫剂的毒性对于几乎所有昆虫来说都是非常高的，当中包括许多对控制害虫非常重要的物种。非昆虫物种对毒性的敏感度较不明确。环节动物如蚯蚓，能杀死百分之五十防治对象的药剂浓度  $LC_{50}^4$  对许多新烟碱类是属于较低的 ppm 范围内 (  $LOEC^5$  at 10 ppb )。甲壳类敏感度通常比较低，虽然敏感度是高度依赖于物种和发育阶段。例如，蓝蟹的大眼幼体根据大小比未成年的蓝蟹更敏感。

在田野间真实的环境浓度中，新烟碱类和氟虫腈能对广泛的陆地、水域、湿地、海洋和海底栖息地 (Pisa et al. 2015 参见评论文献) 中的非目标无脊椎动物，在生理和生存方面产生负面影响。这些影响主要是从实验室中对有限量试验物种作毒性测试得出的结果。这些测试通常在短时间内 (即 48 或 96 小时) 只检查致命影响，而与生态相关的亚致死效应，如飞行、导航或老化能力和生长的损害则较少描述。越来越清楚，许多测试在不敏感的试验物种 (如水蚤) 身上进行，及时间太短，不足以反映慢性接触，因此缺乏环境的相关性。以实验室测试来制定安全的环境浓度标准，阻力来自于大多数农药毒性测试仍然使用旧方法。虽然这些内吸性农药类具有许多新的特点，但测试方法仍然大致保持不变，结果引致在生态安全结论中存在缺陷(Maxim and Van der Sluijs 2013)。我们需要新的改良方法专门处理化学品中独特的毒性，对各种陆地、水生和海洋生物产生包括可能积累或之后才出现的致命和非致命影响。然而，根据我们的评估，越来越多已发表的证据显示，这些内吸性杀虫剂对广泛非目标无脊椎动物类群构成的严重风险，常低于预期的环境浓度标准。结果是，许多由这些无脊椎动物所支持的食物链因此预计受到影响。

我们审阅了近 150 个研究，内容关于氟虫腈以及新烟碱类吡虫啉 (imidacloprid) 和噻虫胺 (clothianidin) 直接 (毒性) 和间接 (如食物链) 对脊椎野生哺乳

类动物、鸟类、鱼类、两栖类和爬行类动物的影响。总体而言，田野里若播种受杀虫剂污染的种子，以该现场受污染的相关浓度来说，吡虫啉和噻虫胺会对小型鸟类带来风险。对敏感的鸟类物种，摄入少量处理过的种子也可能会导致死亡或生殖障碍（Gibbons et al. 2015 参见评论研究）。氟虫腈某些被记录的环境浓度已经足够对鱼类造成潜在危险 (Gibbons et al. 2015)。所有三种杀虫剂均能产生亚致死效应，从遗传毒性和细胞毒性的效应到免疫功能受损，减少生长或减少成功繁殖。最近确凿的证据说明了新烟碱类在细胞层面上对免疫系统反应造成损害，因此通过隐蔽性疾病和寄生虫可以造成伤害(Di Prisco et al. 2013)。所有这些影响往往发生在浓度低于引致直接死亡的程度(Gibbons et al. 2015)。在评论的文献中发现在许多类群有个趋势：无论是测量长期死亡率或是靠受影响生物进行的生态系统功能和服务受到损伤都不能以短期生存作为相关预报器。

除了最极端的情况，鱼类和两栖动物所接触的吡虫啉和噻虫胺的浓度引致亚致死效应尚未得到充分研究，但远低于足以引致死亡的标准。尽管缺乏研究以及找出原因存在困难，对脊椎动物来说，间接影响也许与直接毒性影响同样重要，甚至有过之而无不及。新烟碱类和氟虫腈实质上对杀灭脊椎动物捕食的无脊椎动物比脊椎动物本身更有效。在风险评估程序中很少考虑到间接影响，尽管有发挥群体水平影响的可能性，仍然缺乏数据。在公开发表的文献中有两个真实案例曾报道所发现的间接影响。其一，由于使用吡虫啉和氟虫腈减少无脊椎动物猎物引致鱼类生长受到阻碍；而在另一个案，对白蚁使用氟虫腈连带两个蜥蜴种群有所减少（Gibbons et al. 2015 参见评论研究）。

## 对生态系统功能和生态系统服务的影响

以评估服务潜力、裨益及使用价值作前提，为人类和生物圈提供功能完善的生态系统以及化学品的生态风险评估作为最终目的（保护价值）时，决策都会广泛应用生态系统服务的概念 (Spangenberg et al. 2014)。在没有实施虫害管理的地方，从环境介质（土壤、水、空气）中经常检测到新烟碱类杀虫剂及氟虫

睛。然而，这些介质提供了必需的资源以支持生物多样性，我们亦已知悉这些介质受到长期或反复污染的威胁。在这个综合评估的文献表明，这些杀虫剂在全球环境里大规模的生物利用度已达至一个水平，足以对广泛的陆地（包括土壤）和水生微生物、无脊椎动物和脊椎动物造成致死和亚致死效应。广泛普及的影响已表明对于在田野间的传粉昆虫、土壤和水中的无脊椎动物有可能已达到观察环境浓度。越来越多证据显示这些影响威胁到生态系统的功能、弹性及由陆地与水生生态系统提供的服务和功能。这些服务和功能可以是供应、调节、文化和支持，及包括其他如土壤形成、土壤质量、养分循环、废物处理和修复、授粉、食物网的支持、净化水质、疾病与虫害调控、种子传播、草本植物和杂草控制、食物供给（包括鱼）、美学和娱乐。

## 知识缺口

虽然这些评估是基于越来越多已发表的证据，当中仍然存在一些知识差距。这些化合物在一些国家已受到监管安全测试。以现在全球使用量而言，仍然有多个相关的潜在风险我们所知甚少。我们在此重点分析这些知识缺口。

在大多数国家，所采用的内吸性农药数量只有少量甚至没有公开数据，也没有数据显示使用的所在位置。要为生态影响和风险作真实评估，可靠的使用量数据是一个必要条件。

- 筛查新烟碱类和氟虫腈在环境介质（土壤、水、农作物组织、非目标植物、沉积物、沿岸植物、沿海水域和沉积物）的残留物是极其有限的。虽然我们不知道它们有着水溶性和行为习性，还有，对于现在的海洋系统只有非常稀少数据。
- 一个更大的知识差距是在新烟碱类和氟虫腈广泛的生态毒性和持久性代谢物的环境归宿。因此，若联合污染则我们对绝大多数生物都无法准确评估。

- 对这些化合物的环境归宿缺乏了解，例如，土壤的性质如何影响持久性，以及经过与母体化合物重复处理后是否积累在木本植物内（通常在开花时）。降解产物（可以是剧毒和长持久性的）在不同介质（植物、土壤、沉积物、水、食物链等）中的行为知之甚少。
- 长期毒性对最敏感生物的调查。例如，在全球已知的 25,000 种蜜蜂物种中只对其中的四种进行毒性试验。并且对其他传粉群体如食蚜蝇或蝴蝶和蛾，只进行很少毒性研究。同样，土壤生物（蚯蚓除外）很少受到关注。土壤生物在土壤形成和土壤肥沃的维护中扮演多种角色。毒性只在少数脊椎动物中被检查（如食谷类哺乳动物和鸟类很可能食用处理种子）。
- 这些毒物学研究主要集中在急性毒性测试，反而那些长期、急性和慢性接触带来的影响较少被知悉，尽管这对农业和海洋环境的所有生物来说，那才是相关的环境情况。在实际环境条件下长期接触的后果尚未进行研究。
- 所有新烟碱类在神经系统里跟相同的烟碱乙酰胆碱受体（nAChRs）结合，预期毒性会累积。暂时还没有研究述说同时接触新烟碱家族（即吡虫啉（imidacloprid），噻虫胺（clothianidin），噻虫嗪（thiamethoxam），呋虫胺（dinotefuran），噻虫啉（thiacloprid），啶虫脒（acetamiprid），氟啶虫胺腈（sulfoxaflor），烯啶虫胺（nitenpyram），氯噻啉（imidaclothiz），哌虫啉（paichongding）和环氧虫啉（cycloxaprid））的多个化合物变成聚集剂量如“吡虫啉或相同物（imidacloprid equivalents）”的加合或协同影响。目前，对每一化学物分别进行风险评估，而许多非目标物种，如传粉昆虫，同时暴露于多种新烟碱类以及其它杀虫剂和压力源。结果，风险被系统性低估了。当同时有多个杀虫剂农药存在，量化是一个主要的棘手问题，对代表族群的所有新烟碱类污染有一个单一指标将是非常宝贵的起点。
- 在监管评估和化学品风险治理中，连续和同时接触引致的积累毒性还没有被研究。



- 在现实的环境设置下，那些通常有着可致命后果的亚致死效应没有对大多数生物进行研究。但是，它们被认知存在于蜂群，对于有研究的其他少数物种，这些神经毒性化学品的亚致死剂量，已被报道远低于那些导致立即死亡剂量，但会对行为产生不利影响。
- 一直在只有极少数的研究（如蜜蜂）中探讨内吸性杀虫剂和其他压力源（如其他杀虫剂、疾病和食品压力）之间的交互作用，而这些研究显示重要的协同效应。例如，低剂量的新烟碱类已大大增加蜜蜂感染病毒疾病的可能性。内吸性杀虫剂和生物（除了蜜蜂）的其他压力源之间的交互作用几乎完全未得到研究。在田野间，生物几乎总是被同时暴露于多种杀虫剂以及其他压力源，所以我们不理解这些交互作用的后果（甚或想出适合的方法将来在此领域开展研究）是一个主要的知识缺口。
- 这些内吸杀虫剂对广泛的生态系统服务的影响仍然不明确。土壤和沉积物的积累可能导致我们预测对土壤动物如蚯蚓和跳虫（弹尾目）的影响，从而可能对土壤健康、土壤结构和透气性及养分循环造成后果。田野边缘的植被通过灰尘或地下水或地表水受到污染可能导致我们预期对那些提供美学的动物（如蝴蝶）造成影响，并有可能影响到那些提供授粉和病虫害防治服务的重要益虫种群（如食蚜蝇，掠夺性甲虫）。农田和水生昆虫种群的总体损耗可能影响食虫物种，如鸟类和蝙蝠。淡水受到污染可能会减少鱼类赖以生存的无脊椎动物，因此影响到鱼类数量。同样可能适用于沿海海洋系统，可能构成对珊瑚礁和盐沼河口严重的威胁。以上的情况都并未进行过研究。
- 新烟碱类和氟虫腈提供的短期和长期的农业效益不明。鉴于其使用率，已发表的少量研究评估其产量或成本效益是惊人的，而最近的一些研究表明，它们的使用对某些农作物并未有任何净收益或甚至会导致净经济损失。如果不使用或减少使用这些内吸性农药（虽然最近欧盟部分禁止内吸性农药正好为此提供了进行审查的机会），目前暂不知对种植业的影响会是怎样。

考虑到这些知识差距，对使用内吸性杀虫剂的风险就不可能有全面正确的评估。但这个特殊议题的研究表明耕作制度里大量使用这些化合物，产生的风险影响着许多物种，然而没有明确证据来证明其所带来的好处。

## 结论

总体而言，现有的文献清楚表明，经授权使用的（即跟从标签并有目的应用化合物）新烟碱类和氟虫腈，引致现今污染水平常常超过广泛的非目标物种可接受的、最低观察到的不利影响的浓度，并因此可能具有大范围的生物和生态的负面影响。预防性使用、持久性、流动性、内吸性和慢性毒性的组合预计将导致对生物多样性和生态系统功能产生重大影响。全球综合评估有证据指出，现有规模使用新烟碱类和氟虫腈不是一个可持续的虫害管理方法，并使众多相关方保护和支持生物多样性的行动，以及各种生物最终所提供的生态功能和服务受到影响。

在现代农业中越来越多使用新烟碱类和氟虫腈杀虫剂的治理方法，特别是它们的预防性应用，与虫害综合治理（IPM）的原有思维相违背。虽然 IPM 的理念一直包括杀虫剂工具，也有其他方法能有效地与 IPM 结合起来，在一系列需要优先使用的选择中，化学品是最后不得已的解决办法。需要注意的是目前种子处理的做法是相反的：它以化学品作为第一个应用选项，而不是不得已而为之。最佳处理方法包括有机农业、多样化和改变作物及轮作、行间种植、种植时间、耕作和灌溉、在影响地区使用较不敏感的作物品种、使用诱虫作物，施用生物控制剂，并选择性使用降低风险的替代杀虫剂。因为氟虫腈和新烟碱类的持久性和内吸性，及随着这些特质而来的遗留效应和环境负荷，这些化合物与 IPM 并不相符。我们承认虫害综合防治的方法是不完美的，并需要不断完善。然而在很多需要虫害管理的系统中不乏丰富的知识基础和过往的成功案例。事实上，在欧洲，按照欧盟指令 2009/128/EC，在 2014 年 1 月 1 日对所有农作物均强制实 IPM 方法，但大多数成员国仍需要实施和执行这一项新规定，而 IPM 有时难以界定。

## 建议

作者认为，监管机构应考虑应用预防和防范的原则，进一步收紧对新烟碱类和氟虫腈的监管制度，并考虑制定计划大幅减少全球的使用规模。继续研究替代品是必要的，但同样迫切的是需要教育农民和其他从业人员以及制定政策和法规，来鼓励采用农业策略的替代品管理害虫（如病虫害综合防治，有机等）。此外，已证实的可持续农业做法可以作为使用新烟碱类和氟虫腈及许多其他农药的替代品。所以，有必要进行研究以更好地了解制度上及其他障碍如何妨碍大规模采纳这种做法。

在多个国家农药批准的监管过程中，必须密切考虑其充分性并认识过去的错误。例如，其他有机氯杀虫剂如滴滴涕在持久性、生物蓄积性及对生态系统功能破坏性的影响被公认之前，它是被世界各地广泛使用，随后则被禁止。虽然较晚才认识，但有机磷对人类和野生动物的健康带来很大的风险，致使它已被全面禁止。农药监管审查和审批过程中并没有充分考虑大规模使用广谱杀虫剂所带来的风险，因此内吸性农药、新烟碱类和氟虫腈，代表了农药监管审查和审批过程中明显缺点的一个新章节。

## 致谢

这份原稿受惠于内吸性农药国际专家小组在法国巴黎（2010），英国巴斯（2011），英国剑桥（2012），意大利帕多瓦省蒙泰格罗托（2012），比利时新鲁汶（2013）和帕多瓦省莱尼亚罗（2013）的全体会议。除了第一个亦是通讯作者<sup>6</sup>，作者按字母顺序列出。所有作者均为公共机构或大学工作，除了 V. Amaral-Rogers，他亦受雇于英国一个专门致力保护无脊椎动物的慈善机构 Buglife。D.W. Gibbons 则受雇于英国保护野生动物基金 RSPB。D.A. Noome 为内吸性农药专家小组独立工作并由 STICHTING Triodos 基金会资助，而 N.Simon – Delso 为 CARI 工作（由比利时政府支持的协会）。J. Settele 和 M.Wiemers 则为 [www.legato-project.net](http://www.legato-project.net) 贡献良多（德国联邦教育与研究 BMBF

资助)。这项工作一直由 Triodos 基金会的援助基金支持，独立研究蜜蜂减少及内吸性农药。这援助基金由 Adessium 基金会（荷兰），Act Beyond Trust（日本），乌得勒支大学（荷兰），STICHTING Triodos 基金会（荷兰），Gesellschaft fuer Schmetterlingsschutz（德国），M.A.O.C. Gravin van Bylandt Stichting（荷兰），Zukunft Stiftung Landwirtschaft（德国），Deutscher Berufs- und Erwerbsimkerbund e. V.（乌得勒支大学学生社团环境科学），Deutscher Berufs- und Erwerbsimkerbund e. V.（德国），Gemeinschaft der europäischen Buckfastimker e. V.（德国）和公民共同创办。资助者在研究设计、数据收集和分析、决定发表或准备文稿等范畴均不参与其中。

## 利益冲突

作者声明并无任何利益冲突。

## 注：

<sup>1</sup> 环境归宿指生态污染或化学品释放的生命周期

<sup>2</sup> 亦即氨基丁酸受体

<sup>3</sup> ppb-ppm 为浓度单位换算，1ppb 为 1ppm 的千分之一，ppm 表示一百万分质量的溶液中所含溶质的质量，比如百万分之三就是 3ppm

<sup>4</sup> LC50, (Lethal Concentration 50) 表示杀死 50% 防治对象的药剂浓度，生活中常用单位为 PPm

<sup>5</sup> LOEC, Lowest Observed Effect Concentration 最低有影响浓度

<sup>6</sup> 通讯作者往往也是课题的总负责人，负责文章可靠性。

## 参考：

Bonmatin J-M, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreuzweiser D, Krupke C, Liess M, Long E, Marzaro M, Mitchell E, Noome D, Simon-Delso N, Tapparo A (2014) Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. Environ Sci Pollut Res. doi:10.1007/s11356-014-3332-7

Chagnon M, Kreuzweiser DP, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, van der Sluijs JP (2014) Risks of large scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. Environ Sci Pollut Res. doi:10.1007/s11356-014-3277-x

- Di Prisco G, Cavaliere V, Annoscia D, Varricchio P, Caprio E, Nazzi F, Gargiulo G, Pennacchio F (2013) Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. *Proc Natl Acad Sci USA* 110:18466–18471. doi:10.1073/pnas.1314923110
- Furlan L and Kreuzweiser DP (2014) Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry. *Environ Sci Pollut Res*. doi:10.1007/s11356-014-3628-7
- Gewehr M (2012) Pesticidal mixtures. *Eur Patent EP 2 481 284 A2*
- Gibbons D, Morrissey C and Mineau P (2014) A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environ Sci Pollut Res*. doi:10.1007/s11356-014-3180-5
- Iwasa T, Motoyama N, Ambrose JT, Roe RM (2004) Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Prot* 23:371–378. doi:10.1016/j.cropro.2003.08.018
- Köhler H-R, Triebkorn R (2013) Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? *Science* 341:759–765. doi:10.1126/science.1237591
- Liess M, Foit K, Becker A, Hassold E, Dolciotti I, Kattwinkel M, Duquesne S (2013) Culmination of low-dose pesticide effects. *Environ Sci Technol* 47:8862–8868
- Maxim L, Van der Sluijs JP (2013) Seed-dressing systemic insecticides and honeybees. Chapter 16, pp. 401–438. In: European Environment Agency (ed) *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*. European Environment Agency (EEA) report 1/2013, Copenhagen
- Pisa L, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin J-M, Downs C, Goulson D, Kreuzweiser D, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey C, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark J, van der Sluijs, van Dyck H, Wiemers M (2014) Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut Res*. doi:10.1007/s11356-014-3471-x
- Satchivi NM, Schmitzer PR (2011) Synergistic herbicide/insecticide composition containing certain pyridine carboxylic acids and certain insecticides. *US Patent US 2011/0207606*
- Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Chagnon M, Downs C, Furlan L, Gibbons DW, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreuzweiser DP, Krupke C, Liess M, Long E, McField M, Mineau P, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, Pisa L, Settele J, Stark JD, Tapparo A, van Dyck H, van Praagh J, van der Sluijs JP, Whitehorn PR and Wiemers M (2014) Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ Sci Pollut Res*. doi:10.1007/s11356-014-3470-y
- Spangenberg JH, Görg C, Thanh Truong D, Tekken V, Bustamante JV, Settele J (2014) Provision of ecosystem services is determined by human agency, not ecosystem functions. Four case studies. *Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag* 10:40–53
- Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL, Goulson D (2012) Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science* 336:351–352

本文由 [PerMondo](#) 主导，陈慧中翻译，[Mondo Agit](#) 赞助从英文到中文的翻译。

**PERMONDO**  
Translations for non-profit

