

绿色可持续化学： 框架手册

执行摘要



复制

本出版物可出于教育或非营利目的以任何形式全部或部分复制，无需版权所有者的特别许可，但必须注明出处。若有任何出版物使用本出版物作为来源，联合国环境规划署希望可收到该出版物的副本。

未经联合国环境规划署事先书面许可，不得将本出版物用于转售或任何其他商业目的。

免责声明

本出版物使用的名称和资料编述方式并不意味着联合国环境规划署对任何国家、领土、城市或地区或其主管机构的法律地位、或对其边境或边界的划分持有任何意见。此外，所表达的观点不一定代表联合国环境规划署的决定或既定政策，对商品名或商业程序的引用也不构成认可。

鸣谢

联合国环境规划署感谢所有慷慨贡献专业知识、时间和精力的个人和组织。
本执行摘要由联合国环境规划署经济司化学品与健康处根据已出版的《绿色可持续化学：框架手册》全文编写的。

有关报告是在德国政府和瑞典政府资助下编写的。

版权所有© 联合国环境规划署2020年

ISBN编号：978-92-807-3839-1

业务编号：DTI/2337/GE

反馈和联系：Lowil Espada

联合国环境规划署鼓励对本报告感兴趣的读者交流分享对报告的看法。电子邮件：

science.chemicals@un.org

网址：<https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste>

前言

2019年联合国环境大会第四届会议通过的关于化学品和废物健全管理的第4/8号决议欢迎联合国环境规划署（环境署）对可持续化学最佳做法的分析，并认识到在全球更好地了解可持续化学发展机遇的价值。决议“请执行主任在具备资源的情况下，并酌情与组织间健全管理化学品方案的成员组织合作，以便与相关利益攸关方协商，在环境大会第五届会议之前，将环境署对可持续化学最佳做法的分析加以综合，形成绿色化学和可持续化学手册，并考虑到化学品健全管理的重要性和化学品对可持续发展的潜在惠益，继续就化学品和废物健全管理的长期全局性方针开展工作”。

本框架手册条理清楚地介绍了绿色可持续化学的各个方面，意图是在全球对这一概念有共同了解的基础上，促进普遍学习、反思和加大行动力度。它有一个编排框架，解析绿色可持续化学文献中的各个相关主题。它提出了目标和指导性考虑因素，以激励利益攸关方在不同层面和不同背景下采取行动。手册最终是要力求促进化学创新，充分展现化学领域配合和支持《2030年可持续发展议程》实施工作的潜力。

1 1 为什么我们需要加大绿色可持续化学方面的行动力度？

第二期《全球化学品展望》（《展望二》）确认，化学创新可推动实现可持续发展目标。该报告还从人类健康、环境和可持续性角度指出了一些令人担忧的趋势。化学品数目在不断增加，仍在大量排放和处置危险化学品和其他污染物，影响到世界各地的个人和群体。在人体和环境中，合成化学品现已无处不在。化学污染已成为人类患病和过早死亡的主要原因。据世界卫生组织（世卫组织）估计，2016年某些化学品造成的疾病负担是160万人的生命和4 480万个残疾调整寿命年，而这一数字还可能是低估的（环境署，2019）。

市场上的许多物品和产品含有数百种化学品或化学产品，这些化学品或化学产品以物料库存形式大量累积，可能对今后造成不利影响。此外，供应链正日益全球化，而关于生产过程中和产品中化学品的信

息传递仍然有限。这种限制给在产品整个生命周期中采取行动带来了挑战；这种行动包括尽量减少生产过程中的化学物质释放，减少消费者的接触以及减少回收和最终处置过程中的化学物质排放。

《展望二》得出结论认为，2020年无法实现尽量减少化学品和废物的不利影响的全球目标。需要所有利益攸关方在全球采取更加积极进取的紧迫行动，“一切照旧不可取”。要加强行动，就需要立即采取措施，尽量减少现有化学品的不利影响，例如禁用和限用。除了这些措施外，二十一世纪的真正机遇在于加快更加绿色和更可持续的化学创新。这可以通过扩大创新方案、开发覆盖整个生命周期的可持续价值链以及实现符合可持续性标准的化学品和产品商业化来实现。

2 绿色可持续化学怎样才能促进可持续发展?

绿色可持续化学的势头在增强

各种绿色可持续化学概念在世界各地得到了极大的关注，因为它们具有实现化学创新和进步以帮助实现可持续发展目标及其具体目标的潜力。虽然1998年发表的著名的12项原则（Anastas和Warner, 1998）阐述了“绿色化学”的概念，但最近已经演化出了“可持续化学”这个与之密切相关但更为全面的概念（Blum等人, 2017; Kümmerer, 2017）。此外，推动化工业实现转变、扩大业绩界定范围以纳入可持续性因素的势头正在增强。这种转变要求超越传统的化学创新方式，以从分子层面到对全球的积极影响等不同角度来整合系统思维和系统设计（Zimmerman等人, 2020）。

绿色可持续化学的机遇

近年来在化学和先进材料方面的创新为在整个价值链促进可持续性创造了新的机遇。这些创新包括：彻底变革能量的储存和电池的研发；创造可持续建筑材料；提高一些产品的可回收性和生物降解性；将二氧化碳（CO₂）和废物转化为化学原料和有价值的产品。在化学、生物学和计算机科学的衔接领域进行更加绿色、更可持续的创新尤其前景广阔（环境署, 2019）。

可持续发展目标为推进绿色可持续化学议程提供了重要参考，并为其铺平了道路。绿色可持续化学可直接作出贡献，让许多可持续发展目标受益，其中包括：零饥饿（可持续发展目标 2）、良好的健康和福祉（可持续发展目标 3）、清洁水 and 环境卫生（可持续发展目标 6）、负担得起的清洁能源（可持续发展目标 7）、可持续消费和生产（可持续发展目标 12）以及气候行动（可持续发展目标 13）。通过减少和（或）消除化学危害、相关的健康和环境影响以及污染，绿色可持续化学还将推进其他可持续发展目标，如体面工作和经济增长（可持续发展目标8）、创新和基础设施（可持续发展目标9）、保护海洋生态（可持续发展目标14）和保护陆地生态（可持续发展目标15）。

绿色可持续化学的市场潜力

尽管人们对绿色可持续化学的描述各有不同，但现有（尽管是有限的）数据表明，更加绿色、更可持续的化学产品的供应和需求在过去几年中大幅度增长。据报道，2015年全球绿色化学工业的市值超过500亿美元（BCC Research, 2016），到2027年时预计将增长到1 670亿美元（ReportLinker, 2020）。亚太、西欧和北美是主要市场增长区域（Pike Research, 2011）。

表 2.1: 与绿色可持续化学有关的一些可持续发展目标和具体目标
(改编自环境署, 2019, 第644页)

部门	可持续发展目标	具体目标	管理和创新机遇实例
农业和食品		具体目标2.4: 可持续粮食生产	推广虫害综合防治和农业生态方法, 包括开发和使用非化学替代品和其他良好农业做法
健康		具体目标3.8: 安全的药品和疫苗	健全管理可造成抗生素耐药性的药品和消毒剂
能源		具体目标7.a: 清洁能源研究和技术	在能源部门脱碳时, 用资源效率高的可持续材料来改进技术
基础设施		具体目标9.1: 可持续基础设施	通过使用今后不会有遗留问题的先进材料来减少原材料的使用和废物的产生
工业		具体目标9.2: 可持续工业化	确保化学密集型行业采用现有最佳技术和最佳环保做法
住房		具体目标11.1: 安全住房	通过使用更安全的保温材料和替换引发关切的建筑材料(如石棉)来减少室内空气污染
交通运输		具体目标11.2: 可持续的交通运输系统	推动清洁出行, 例如为电池寻找可持续的化学解决办法
旅游		具体目标8.9: 可持续旅游业	采用减少旅游服务化学足迹的做法
采矿		具体目标12.2: 自然资源的可持续利用	对尾矿实行无害环境管理
劳工		具体目标8.8: 安全工作环境	对引发关切的化学品进行风险评估, 同时促进对绿色可持续化学的投资, 以减少有害的职业接触
教育		具体目标4.7: 教育促进可持续发展	将绿色可持续化学列入相关课程
筹资		具体目标17.3: 从多渠道筹集财政资源	进一步将绿色可持续化学指标用作投资标准

3 绿色可持续化学行动能实现什么？指导性考虑因素

绿色可持续化学的愿景

本框架手册提出了绿色可持续化学的愿景，强调化学有可能与《2030年可持续发展议程》完全相符。这一愿景涵盖更加绿色更可持续的化学创新，同时也解决了以往化学业遗留下来的毒性和持久性问题。它可以通过化学领域中新的设计和创新来实现，在满足更广泛发展目标的同时，提供理想的化学品、材料、产品和服务，而不会对人类健康和环境造成损害。

除了绿色化学的12项原则和绿色工程的12项原则外，还没有一个有助于更好理解什么是“绿色可持续化学”的参考框架。也没有一套用来确定化学品或工业流程的“绿色”或“可持续”程度的商定标准（环境署，2019）。

目标和指导性考虑因素

本框架手册就“绿色和可持续化学要实现什么”提出了10项目标和指导性考虑因素。其中包括一系列内容，从基于绿色化学原则的分子设计到确保满足社会需求的化学创新。由于认识到落实10项目标和指导性考虑因素需要在提高认识、创造新知识和开展创新实践等方面有根本的转变，因此这些目标鼓励和试图激励行为者将其化学创新活动转向绿色可持续创新。

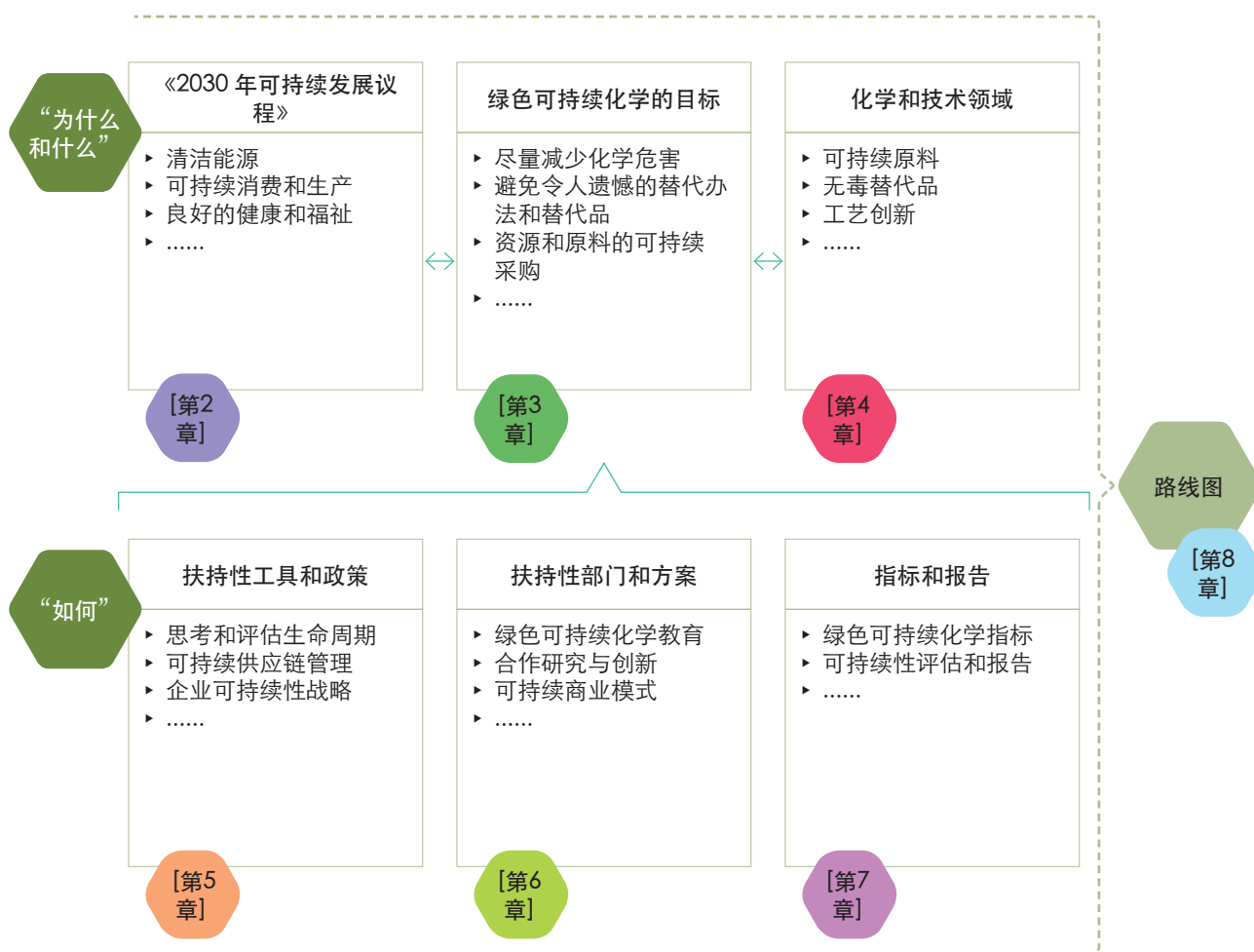


4 《框架手册》 如何鼓励在绿色可持续化学领域采取行动?

《框架手册》是按照“通过绿色可持续化学推进可持续性”概念框架的要点编写的；该概念框架是通过一个协商过程制定的，下文将予以介绍。第2、3和4章论述的问题是：“为什么”需要绿色可持续化学，它要实现“什么”目标，以及要在哪些具体创新领域实现。第5、6和7章重点论述促进绿色可持续化学的扶持性工具和措

施（即“如何”实现）。这些行动扶持要素包括一系列内容，从推行生命周期方法到加强研究和创新政策与方案。一个贯穿不同领域的重要专题是需要各级扩大提高认识和教育举措的范围，通过正规、非正规和非正式教育，让一系列潜在行为者知悉绿色可持续化学。

图 4.1: 通过绿色可持续化学推动可持续性

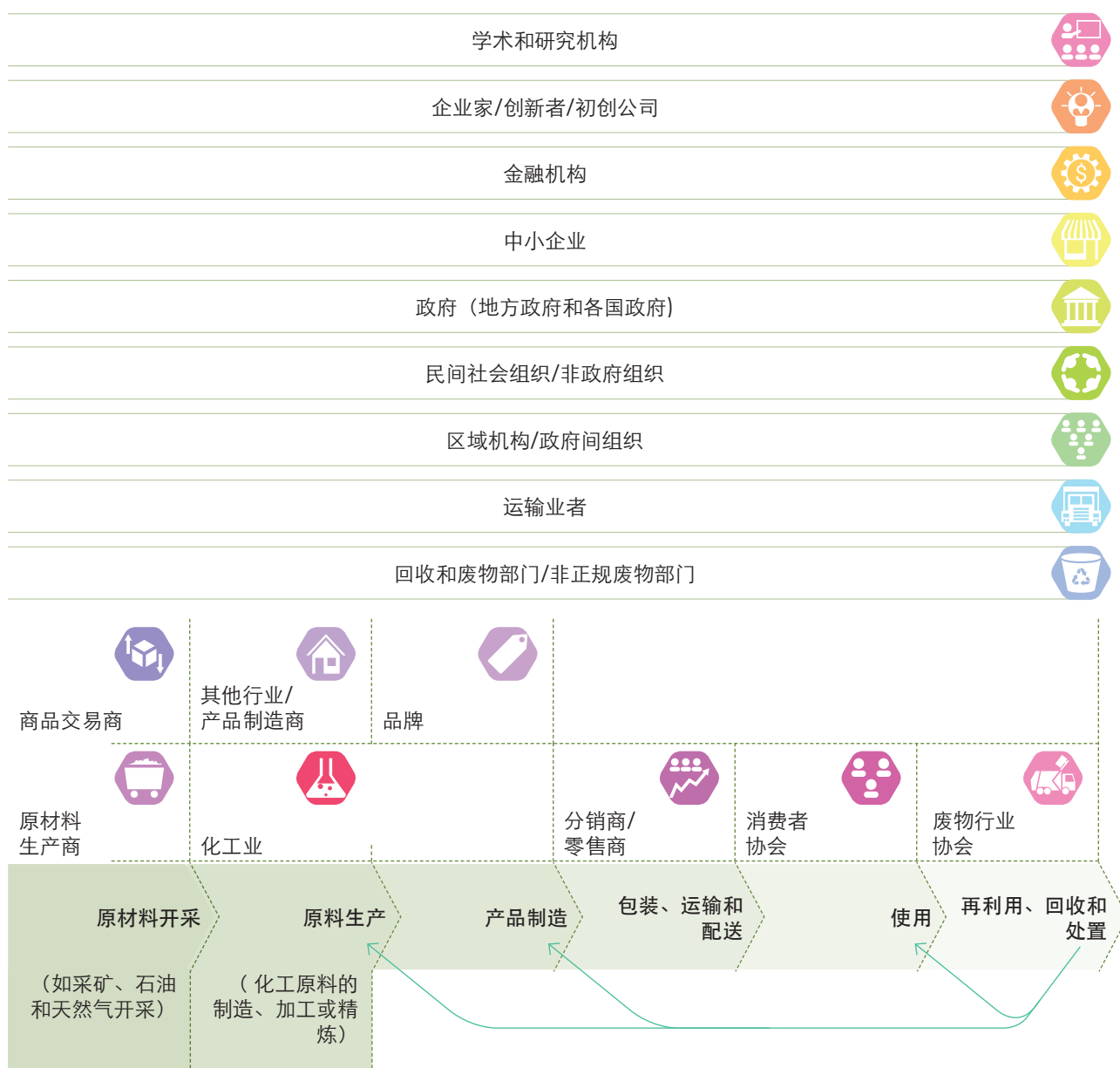


鼓励哪些利益攸关方使用本手册？

本框架手册是为各类关注化学品和废物健全管理问题的受众和利益攸关方编写的。他们包括以下领域的决策者和管理人员：

- 负责监管引起关切的化学品和负责促进更加安全化学创新的公共主管部门。
- 从事培养二十一世纪下一代科学家的小学、中学和高等教育机构。
- 在化学、工艺工程和产品设计等领域开展基础和应用研究的学术和研究机构。
- 参与从原材料和原料采购、生产到回收和处置的价值链所有阶段工作的私营部门实体。

图 4.2: 价值链中绿色可持续化学的利益攸关方和目标受众 (改编自Ryberg、Laurent 和 HausChild, 2018, 第10页)



- ▼ 用自己的选择促使市场需求转向更加安全更可持续的产品的消费者。
- ▼ 参与促进公共和私人行为者以及消费者对化学品和废物进行健全管理的民间社会组织。
- ▼ 争取不让工人受危险化学品危害的劳工组织。
- ▼ 渴望更可持续的生活方式和社会的广大公民和公众。

图4.2: 展现了价值链中绿色可持续化学的利益攸关方和目标受众，它是根据Ryberg、Laurent 和 Hauschild (2018) 展示的塑料价值链类似图表绘制的。


制定绿色可持续化学利益攸关方路线图

制订路线图来支持战略规划与决策的方法已使用多年，事实证明这是一个推动创新的有力工具。在化工部门，路线图已被用来推动健全管理化学品和废物的行动。化工企业和行业协会在促进可持续发展世界商业理事会（促发世商会）主持下制定的路线图就是一个例子，该路线图探讨了化工部门如何为实现各个可持续发展目标和具体目标做出贡献（促发世商会，2018）。另一个例子是世界卫生大会2017年5月通过的世卫组织化学品路线图，确定了卫生部门可在哪些行动中发挥主导作用或重要支持作用，以推进化学品和废物的健全管理。

可以根据《展望二》的建议，由不同的利益攸关方团体制定绿色可持续化学路线图，作为注重结果的国家 and 全球协调行动的重要组成部分，以实现化学品和废物的健全管理。这些路线图可以在不同层面通过不同的利益攸关方来制定，包括各级政府（国家、国家以下或地方）、化工企业和下游部门企业、大学和研究机构以及其他有关行为者。路线图也可以围绕单独事项来制定，如欧洲经济委员会区域制定的溶剂管理计划。要制定路线图，就需要相关组织内有人对此进行领导。这种领导可以自上而下，例如通过高级管理层，也可以自下而上，即通过对此关注并致力于此的个人。

采取战略行动推进绿色可持续化学的时机已经成熟

框架手册提出的趋势和机遇都指向一个方向。推进绿色可持续化学可以在环境、社会和经济方面带来许多好处。然而，各级仍然缺乏领导，必须予以充实，以充分发挥绿色可持续化学的潜力。鼓励所有行为者和决策者，从政府官员、公司首席执行官到化学实验室负责人，考虑本框架手册提供的分析和指导意见，并考虑在自己的组织内启动“绿色可持续化学路线图”。环境署鼓励并欢迎分享相关举措，以促进各国和利益攸关方之间的知识共享，探索开展能力建设的机会。此外，鼓励各国政府和区域（或地方）有关部门等主要利益攸关方在国际和国家（或区域）层面协调行动，与相关利益攸关方共同制定一致的行动计划（或路线图）。总之，这些努力可以加强和扩大全球协同行动，推进绿色可持续化学，包括发展中国家和转型国家。



携手共进，我们可以让绿色
可持续化学变成现实！

参考文献

Anastas, P.T. and Warner, J.C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/green-chemistry-theory-and-practice-9780198506980?cc=ch&lang=en&>.

BCC Research (2016). Global concerns promoting growth of 'green' chemistry markets, reports BCC Research, 4 April. *Markertwired*. <https://www.bccresearch.com/pressroom/env/global-concerns-promoting-growth-of-green-chemistry-markets>. Accessed 24 June 2020.

Kümmerer, K. (2017). Sustainable chemistry: a future guiding principle. *Angewandte Chemie International Edition* 56(52), 16420-16421. <https://doi.org/10.1002/anie.201709949>.

Pike Research (2011). Green chemistry: biobased chemicals, renewable feedstocks, green polymers, less-toxic alternative chemical formulations, and the foundations of a sustainable chemical industry. *Industrial Biotechnology* 7(6), 431-433. <https://doi.org/10.1089/ind.2011.1003>.

ReportLinker (2020). Global green chemicals industry, 7 July. *GlobeNewswire*. <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/07/07/2058992/0/en/Global-Green-Chemicals-Industry.html>. Accessed 25 January 2021.

Ryberg, M.W.R., Laurent, A. and Hauschild, M. (2018). *Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment: With a Particular Focus on Marine Environment*. Nairobi: United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26745>.

United Nations Environment Programme (2019b). *Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions - Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28113/GCOII.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

World Business Council for Sustainable Development (2018). *Chemical Sector SDG Roadmap*. <https://www.wbcsd.org/Programs/People/Sustainable-Development-Goals/Resources/Chemical-Sector-SDG-Roadmap>.

World Health Organization (2018a). The Public Health Impact of Chemicals: *Knowns and Unknowns - Data Addendum for 2016*. <http://www.who.int/ipcs/publications/chemicals-public-health-impact/en/>.

Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C. and Wagner, M. (2020). Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? in vitro toxicity and chemical composition. *Environmental International* 145, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106066>.



UN 
**environment
programme**

science.chemicals@un.org
www.unep.org

International Environment House I
Chemin des Anémones 15
1219 Châtelaine-Geneva

