

“争取在国家和国际立法、政策和协定中承认真菌是一个独立的生命王国，以推动对真菌的保护，并采取具体措施，在三重环境危机的背景下保持真菌对生态系统和人类的益处。”

野生真菌在维持自然生态系统的运转和改善人类福祉中发挥着重要作用。它们通过分解有机物保持土壤肥力，并通过菌根与植物根系的结合促进水分和养分的吸收，从而提高碳固存。此外，野生真菌的采集、利用和贸易也是必不可少的经济和文化活动，有助于改善人们的生计，并为人们提供食物和药用成分¹。真菌与我们的生活息息相关，数千年来，它们一直被用于食物的生产、调味和保存²。没有真菌，就没有面包、豆制品、肉类、奶酪、葡萄酒、啤酒，甚至青霉素，这些还只是我们日常生活中消费和使用的一小部分产品。

真菌为我们应对**三重地球危机**（气候变化、生物多样性丧失和污染）方面的挑战提供了一系列可能性。鉴于真菌在分解有机物从而使养分重新融入土壤中的基本作用，真菌可用于生物修复过程，降解环境中的污染物，为减轻影响生态系统及其生物多样性的压力提供了巨大的可能性。从这个意义上说，通过恢复退化的生态系统，可以恢复其结构和功能，为物种提供栖息地，改善生物多样性状况，并提供生态系统服务，如调节气候。例如，白腐真菌可以分解木质素和其他复杂的有机污染物（ABS 概况介绍，生物多样性公约秘书处，2011）^{3 4}。

尽管真菌具有强大的功能性和适应性，但它们受到的关注度还远远不够。据估计，世界上有 220 万到380万种真菌，它们都发挥着多种多样的重要生态作用⁵。与其他动植物物种一样，真菌也受到栖息地丧失和退化、过度开发、土地利用变化以及气候变化影响的威胁⁶。

2018年，库哈尔等人⁷发表了一份文件，对“funga”一词进行了定义，认为有必要专门为真菌王国采用一个与“动物群”和“植物群”相当的统称。由此，“动物(Fauna)、植物(Flora)、真菌(Funga)(3F)”倡议应运而生，旨在提升真菌在环境保护领域的地位。

在这方面，根据3F倡议，本宣言认为迫切需要推动国家和国际立法、政策和协定承认真菌是一个独立的生命王国，以便开始采取具体步骤，将真菌纳入农业和保护政策框架，同时筹集资金，增加与真菌学有关的研究、调查和计划，最终实现有效保护真菌，将其作为保护自然对人类贡献的关键。

¹ (Oyanedel et al, 2022)。

² (Prescott et al, 2018)。

³ <https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-uses-es.pdf>

⁴ (Cui et al, 2021)。

⁵ (Hawksworth y Lücking, 2017; Wu et al., 2019)。

⁶ (Heilmann-Clausen et al., 2015)。

⁷ (Kuhar,Furci, Dreschler-Santos & Pfister, 2018)。



UK Government

Fungi
FOUNDATION

智利共和国和大不列颠及北爱尔兰联合王国与哥伦比亚共和国、贝宁共和国、西班牙王国、墨西哥合众国、哥斯达黎加共和国、秘鲁共和国、厄瓜多尔共和国、柬埔寨王国、几内亚共和国、德意志联邦共和国、埃塞俄比亚联邦民主共和国，呼吁《生物多样性公约》（**CBD**）缔约方优先保护真菌，在国家和国际立法中承认真菌是一个独立的生物生命王国，将保护真菌的具体措施纳入国家生物多样性战略和行动计划（**NBSAP**），并将真菌学作为未来保护措施的一门重要科学加以推广。

根据上述要求，请《生物多样性公约》秘书处制定一项工作议程，供科学、技术和工艺咨询附属机构（**SBSTTA**）讨论，以便在《生物多样性公约》框架内解决全球宏观和微观真菌保护问题，并推进生物多样性保护计划和战略中的具体措施。其目的是在国际环境条约和框架、国家农业和环境法律和政策以及地方环境和保护倡议中强调真菌对生态和人类福祉的重要性。

附录

真菌在保护生物多样性和应对气候变化中发挥重要作用

要实现保护生物多样性的目标，就必须**全面了解自然界**。讨论的核心是认识到真菌不仅**自成一个王国**，而且是一种完全不同的生命形式。真动植物通常作为单独的物种发挥作用，而真菌与周围的生物存在着错综复杂的相互依存关系。因此，确保对真菌的保护必然会导致对大自然整体的保护。

真菌王国提供重要的生态系统服务，加强生物多样性和生态平衡。通过养分循环、菌根与植物的结合、侵蚀控制以及碳循环和固碳，真菌在自然界中的贡献难以估量。我们必须明白，真菌王国有别于动物和植物。因此，我们强调真菌应得到与动植物同样的重视。

真菌是一个种类繁多的生命王国，仅次于动物，全世界估计有250万种真菌，其中被描述的只有15.5万种。这意味着超过90%的物种仍不为科学界所知 (Antonelli et al., 2023)。

真菌是推动碳和养分循环的关键角色 (Terrer et al., 2016)。大约 90% 的已知陆生植物物种通过其根部与土壤中自然存在的真菌形成共生互动，形成菌根 (Antonelli et al., 2023)。菌根真菌是碳进入土壤食物链的入口，每年封存的二氧化碳相当于全球化石燃料排放量的三分之一。从化学角度看，它们是生态系统碳循环的基石，在此过程中，它们不仅帮助土壤固碳，而且通过与其他生物的多种互动，加强了整个物种网络和生态系统的恢复能力。

真菌在固碳方面的作用现已得到广泛认可。据估计，真菌每年能将50亿吨碳封存在土壤中 (Frey, 2019)。因此，破坏真菌会导致碳突然释放到大气中，造成全球变暖。每年仅释放地下储存碳的1%，就大致相当于1000万辆汽车一年的排放量。

因此，促进这种关系以支持树木的矿物质营养至关重要。菌根真菌利用其菌丝 (菌丝体) 网络到达较小的孔隙，从而增加了树木根系所能接触到的土壤面积，使树木能够获得原本无法获得的水分和养分。植物将其通过光合作用固定的碳的20%用于维持真菌的生长，作为回报，真菌可满足植物80%的氮需求和100%的磷需求。这种基本养分的相互交换提高了树木的生产力和生物量，增强了树木对病虫害的防御能力。

当前真菌对工业的影响

酵母菌和丝状真菌作为遗传资源被广泛应用于食品工业(Prescott et al, 2018)。发酵是啤酒、葡萄酒和白酒等酒精饮料生产的关键,这要归功于酵母,尤其是酿酒酵母,它们能使糖发酵。酿酒酵母也是烘焙中必不可少的物质,它们通过产生二氧化碳来发酵面包。在奶酪生产中,罗克福尔青霉菌和卡门培尔青霉菌等霉菌分别是制作蓝纹奶酪和卡门培尔奶酪的关键(Ropars et al., 2015)。真菌在巧克力生产中也起着至关重要的作用,特别是在可可豆的发酵过程中,酵母菌和其他微生物会形成优质巧克力特有的基本风味。

数千年前,人们就认识到许多大型真菌具有极高的营养价值。因此,在当今的全球市场上,蘑菇种植的年产值高达数十亿美元(Business Research Insights, 2024)。此外,菌根真菌对作物生长至关重要,是全球粮食安全的关键(Hristozkova & Orfanoudakis, 2023)。

制药业

真菌作为遗传资源,已成为工业和医药领域越来越珍贵的生物活性化合物来源,如抗生素、免疫抑制剂、他汀类药物和有机酸等(Niskanen et al., 2023)。自1928年人类从鲁本斯青霉中意外发现青霉素以来,真菌提供了许多珍贵的药物。其中包括一些世界上最常用的处方药:降低胆固醇的他汀类药物。他汀类药物是从各种丝状真菌中提炼出来的,其中包括土曲霉和橘青霉菌株。此外,真菌膨大弯颈霉还被用来生产免疫抑制剂环孢素,彻底改变了器官移植的成功率(Antonelli et al., 2023)。

采矿业

某些真菌被用于采矿业的生物淋滤过程,它们有助于从低品位矿石中提取铜和金等金属,利用比传统化学方法更可持续的生物过程(Dusengemungu et al., 2021)。由于曲霉具有强大的淋滤剂作用,其不同曲霉菌株被广泛应用于采矿业,平均使用率为85%,其次是镰刀菌属、青霉属和枝孢菌属,三个菌属的使用率均为5%(Achahui et al., 2022)。

芬兰国家技术研究中心的科学家们开发出了一种利用真菌从废弃手机电路中提取黄金的新方法,这种方法能以环保方式回收高达80%的金属(Portal Minero, 2014)。

生物技术

真菌可用于生产淀粉酶、纤维素酶、脂肪酶、蛋白酶和柠檬酸等工业酶,这些酶可用于食品、纺织、洗涤剂和造纸工业。例如,黑曲霉是果胶酶和葡萄糖淀粉酶等酶的主要生产者。此外,某些真菌还被用于生物修复过程,以降解环境污染物。例如,白腐真菌是一种独特的微生物,具有很强的降解各种有毒异型生物质化合物的能力(Torres-Farradá et al., 2024)。

真菌基因组体积小,是真核生物遗传研究的有力目标,也是生物技术和生物工程的高效微生物工厂(Sribille et al., 2022)。

林业

菌根真菌在林业中发挥着至关重要的作用,它与树木根系形成共生关系,大大提高了树木对磷和氮等养分的吸收效率(Delavaux et al., 2023)。这些菌根关系对森林的健康生长至关重要,尤其是在养分贫乏的土壤中,可用于植树造林实践和可持续森林管理。此外,菌根真菌还能增强树木对

疾病和压力条件的抵抗力，有助于提高森林生态系统的可持续性和生产力(美国林业局，2022)。

真菌在创新和可持续发展方面的潜力

可持续能源

联合国可持续发展目标7旨在解决用电和烹饪能源不足的问题，确保人人享有负担得起、可靠、可持续和清洁的能源。真菌在生物能源领域具有巨大发展潜力，例如，可以扩大真菌目前在木质材料预处理方面的用途。丝状真菌里氏木霉等菌类产生的真菌酶可分解植物有机物，并可持续培养。这些酶可以提高从植物中回收生物能源的能力，并从生物能源过程的副产品(如生物柴油生产过程中产生的残留甘油)中产生更多能量。此外，微生物燃料电池可利用真菌酶(如来自酿酒酵母的酶)，以乙醇的形式从植物生物质中发电(Antonelli et al., 2023)。

环境修复（菌类修复）

多项研究表明，真菌可用于受采矿活动污染的土壤和水体的生物修复，帮助降解重金属和氰化物等有毒废物并解除其毒性，从而促进受采矿影响地区的生态恢复。

真菌修复利用某些真菌分解石油、重金属和杀虫剂等污染物的能力，使真菌成为清洁受污染土壤和水域的重要工具(Akpasi et al., 2023)。此外，真菌还可用于废物管理，分解农副产品等有机材料，将其转化为堆肥等有价值的产品，这有助于减少垃圾填埋场的使用和甲烷排放(Llacza & Castellanos, 2020)。

食品与农业

从真菌生物质中提取的真菌蛋白是一种高蛋白、低脂肪的肉类替代品。真菌蛋白作为一种可持续的食物来源，正越来越受欢迎(Wang et al., 2023)。

此外，一些真菌还可以防治害虫和刺激植物生长，因此可作为生物农药和生物肥料用于发展可持续农业(Odoh et al., 2020)。

真菌制造和生物材料

从真菌菌丝体中提取的真菌皮革是传统皮革的一种可持续替代品，因为它可生物降解、无公害，而且在生产过程中对环境的危害较小(Niskanen et al., 2023)。另一方面，霉菌复合材料利用真菌菌丝结合农业废弃物的能力，形成坚固、轻质的材料，可用于包装、隔热甚至家具制造(Hyde et al., 2019)。此外，由真菌制成的真菌塑料正被开发为石油基塑料的可生物降解替代品，为包装和一次性产品提供了更多可持续的选择。

真菌在土著社区中的重要文化地位

真菌在许多土著社区的知识与文化中扮演着重要角色。作为世界上大部分生物多样性的守护者，土著社区在保护这些生物和依赖它们的生态系统方面发挥着至关重要的作用 (Nitah, 2021)。在历史上记录的数百种真菌与土著文化之间的关系中，雅诺马米人与真菌 *Marasmius yanomami* 的关系尤为突出。它的根状茎与未加工的藤本植物编织在一起，并涂上颜色制作成篮子，将真菌融入了这个社区的日常生活和习俗中 (Oliveira et al., 2014)。

此外，拟层孔菌属在各种土著文化中都具有重要地位，其物种因具有多种特性而被使用了数千年。这些真菌被用来打磨工具、止血，还被用作制作衣服的纺织品。在某些情况下，它们还被视为具有超自然力量的物品，被用于萨满教仪式和作为坟墓的守护者。在意大利阿尔卑斯山发现的 3000 多年前的冰人奥茨 (Ötzi the Iceman) 随身携带的装备中就有拟层孔菌属，这说明它在古代被用作防腐剂和加强免疫系统的药液 (ABC Ciencia, 2019)。真菌与土著社区丰富多样的关系不仅反映了土著社区对生态的深刻理解，也反映了二者之间多个世纪以来精神和文化上的联系 (Blanchette et al., 1992)。

保护真菌这一遗传资源

气候变化也对保护真菌产生了不利影响。由于绝大多数真菌的多样性直接依赖于植物——无论是作为有益的伙伴、分解者还是寄生虫——与气候相关的生境变化既会损害植物，也会影响与植物共生的真菌。温度和湿度的变化会直接影响真菌。同时，过度开发具有经济价值的真菌也会对某些物种构成风险，例如喜马拉雅山脉一直被当作传统中药和藏药的冬虫夏草 (Antonelli et al., 2023)。

全球和国家红色名录中的数据表明，当前真菌物种面临的威胁与动植物面临的威胁基本一致。主要威胁来自改变自然系统的土地使用变化，如改造林地、农业活动或住宅和商业开发。根据世界自然保护联盟 (IUCN) 的标准，625 种真菌被列入红色名录，其中 352 种 (56%) 被认为已经或即将受到全球威胁。这意味着仅有 0.4% 的已描述真菌的全球保护状况得到了评估，相当于估计现有物种的 0.02% (Antonelli et al., 2023)。

真菌的生长位置相对固定，通常寿命较长，因此可以从许多保护动植物物种的行动中受益，例如保护遗址和维持受威胁栖息地的生态过程。然而，红色名录评估显示，某些生态环境的退化对真菌的影响尤为严重。因此，保护真菌的多样性和功能需要特殊的管理措施。这些措施包括保护作为物种宝库的成熟树木，保持森林中的枯木供应，以及管理营养水平低的草地。

参考文献

1. ABC Ciencia. (2019). Desvelan nuevos detalles sobre la tumba de Ötzi, el misterioso hombre de hielo. *ABC Ciencia*.
https://www.abc.es/ciencia/abci-desvelan-nuevos-detalles-sobre-tumba-otzi-misterioso-hombre-hielo-201910302002_noticia.html
2. Achahui P., M., & Cañari Diaz, J. J. (2022). *Método de biolixiviación mediante la aplicación de hongos filamentosos en diversas fuentes de contaminación: revisión sistemática*. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91619>
3. Akpasi SO, Anekwe IMS, Tetteh EK, Amune UO, Shoyiga HO, Mahlangu TP, Kiambi SL. Mycoremediation as a Potentially Promising Technology: Current Status and Prospects—A Review. *Applied Sciences*. 2023; 13(8):4978. <https://doi.org/10.3390/app13084978>
4. Antonelli, A., Fry, C., Smith, R. J., Eden, J., Govaerts, R. H. A., Kersey, P., Nic Lughadha, E., Onstein, R. E., Simmonds, M. S. J., Zizka, A., Ackerman, J. D., Adams, V. M., Ainsworth, A. M., Albouy, C., Allen, A. P., Allen, S. P., Allio, R., Auld, T. D., Bachman, S. P., ... Zuntini, A. R. (2023). *State of the World's Plants and Fungi, 2023: Tackling the Nature Emergency: Evidence, Gaps and Priorities*. Royal Botanic Gardens, Kew.
5. Blanchette, R., Compton, B., Turner, N. J., & Gilbertson, R. L. (1992). Nineteenth century shaman grave guardians are carved *Fomitopsis officinalis* sporophores. *Mycologia*, 84(1), 119-124. <https://doi.org/10.1080/00275514.1992.12026114>
6. Business Research Insights. (2024, May). *Edible mushroom market size, share, growth, and industry analysis by type and application, regional insights, and forecast to 2032*. <https://businessresearchinsights.com/market-reports/edible-mushroom-market-107866>
7. Cui, T., Yuan, B., Guo, H. et al. _Enhanced lignin biodegradation by consortium of white rot fungi: microbial synergistic effects and product mapping_. *Biotechnol Biofuels* 14, 162 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13068-021-02011-y>
8. Delavaux, C., LaManna, J., Myers, J. et al. 2023. Mycorrhizal feedbacks influence global forest structure and diversity. *Commun Biology* 6: 1066.
9. Dusengemungu, L., Kasali, G., Gwanama, C., & Mubemba, B. (2021). Overview of fungal bioleaching of metals. *Environmental Advances*, 5, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100083>
10. Egidi E, Delgado-Baquerizo M, Plett JM, Wang J, Eldridge DJ, et al. 2019. A few Ascomycota taxadominate soil fungal communities worldwide. *Nat. Commun.* 10:2369
11. U.S. Forest Service. 2002. *Fungi: An important part of forest ecosystems*. USDA Forest Service. https://apps.fs.usda.gov/r6_decaid/views/fungi.html
12. Frey, S. 2019. Mycorrhizal Fungi as Mediators of Soil Organic Matter Dynamics. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 50: 237-259.
13. Gandia A, van den Brandhof JG, Appels FV, Jones MP. 2021. Flexible fungal materials: shaping the future. *Trends Biotechnol.* 39(12):1321–31

14. Gluck-Thaler E, Haridas S, Binder M, Grigoriev IV, Crous PW, et al. 2020. The architecture of fungal metabolism maximizes biosynthetic diversity in the largest class of fungi. *Mol. Biol. Evol.* 37(10):2838–56
15. Hristozkova, M., Orfanoudakis, M. 2023. Arbuscular Mycorrhiza and Its Influence on Crop Production. *Agriculture* 13(5): 825
16. Hyde KD, Xu J, Rapior S, Jeewon R, Lumyong S, et al. 2019. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Divers* 97:1–136
17. Kiers, T., Sheldrake, M. 2021. A powerful and underappreciated ally in the climate crisis? Fungi. *The Guardian*: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2021/nov/30/fungi-climate-crisis-ally>
18. Kuhar, F., Furci, G., Drechsler-Santos, E.R. et al. _Delimitation of Funga as a valid term for the diversity of fungal communities: the Fauna, Flora & Funga proposal (FF&F). *IMA Fungus* 9, A71–A74 (2018). <https://doi.org/10.1007/BF03449441>
19. Llacza Ladera, H. F., & Castellanos Sánchez, P. L. (2020). Hongos filamentosos de relave minero contaminado con plomo y zinc [Filamentary fungi of mining relay contaminated with lead and zinc]. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 23(45), 37-42. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v23i45.18046>
20. Meyer V, Basenko EY, Benz JP, Braus GH, Caddick MX, et al. 2020. Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. *Fungal Biology Biotechnology*. 7:5
21. Niskanen, T., Lücking, R., Dahlberg, A., Gaya, E., Suz, L., Mikryukov, V., Liimatainen, K., Druzhinina, I., Westrip, J., Mueller, G., Martins-Cunha, K., Kirk, P., Tedersoo, L., Antonelli, A. 2023. Pushing the Frontiers of Biodiversity Research: Unveiling the Global Diversity, Distribution, and Conservation of Fungi. *Annual Review of Environmental and Resources* 48: 149-176.
22. Nitah, S. (2021). Indigenous peoples proven to sustain biodiversity and address climate change: Now it's time to recognize and support this leadership. *One Earth*, 4(7), 907-909. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.06.015>
23. Odoh CK, Eze CN, Obi CJ, Anyah F, Egbe K, et al. 2020. Fungal biofertilizers for sustainable agricultural productivity. In *Agriculturally Important Fungi for Sustainable Agriculture*, ed. AN Yadav, S Mishra, D Kour, N Yadav, A Kumar, pp. 199–225. Cham, Switz.: Springer
24. Oliveira, J. J. S., Vargas Isla, R., Cabral, T., & Rodrigues, D. P. (2024). Spider fungi: New species of *Marasmius* and *Pusillomyces* in the aerial rhizomorph web-maker guild in Amazonia. *Fungal Systematics and Evolution*, 14 (December), 35-55. <https://doi.org/10.3114/fuse.2024.14.03>
25. Portal Minero. (2014, April 30). *Hongos para extraer oro del desperdicio electrónico*. <https://portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=89624302>
26. Prescott T, Wong J, Panaretou B, Boa E, Bond A, et al. 2018. Useful fungi. See Ref. 154, pp. 24–31
27. Ropars, J., Rodríguez de la Vega, R. C., López-Villavicencio, M., Gouzy, J., Sallet, E., Dumas, É., Giraud, T. (2015). Adaptive horizontal gene transfers between multiple cheese-associated fungi. *Current Biology*, 25(19), 2562-2569. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.08.025>
28. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2011. Usos de los recursos genéticos [Factsheet]. <https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-uses-es.pdf>

29. Spribille T, Resl P, Stanton DE, Tagirdzhanova G. 2022. Evolutionary biology of lichen symbioses. *New Phytol.* 234(5):1566–82
30. Tedersoo L, Bahram M, Põlme S, Kõljalg U, Yorou NS, et al. 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *Science* 346(6213):1256688
31. Tedersoo L, Mikryukov V, Zizka A, Bahram M, Hagh-Doust N, et al. 2022. Global patterns in endemism and vulnerability of soil fungi. *Glob. Change Biol.* 28:6696–710
32. Tedersoo L, May TW, Smith ME. 2010. Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza* 20:217–63
33. Terrer C., Vicca S., Hungate BA., Phillips RP., Prentice IC. 2016. Mycorrhizal associations as a primary control of the CO₂ fertilization effect. *Science* 353: 71-74.
34. Torres-Farrad G, Thijs S, Rineau F, Guerra G, Vangronsveld J. White Rot Fungi as Tools for the Bioremediation of Xenobiotics: A Review. *J Fungi (Basel)*. 2024 Feb 21;10(3):167. doi: 10.3390/jof10030167. PMID: 38535176; PMCID: PMC10971306.
35. Vasco-Palacios AM, Lcking R, Moncada B, Palacio M, Motato-Vsquez V. 2022. A critical assessment of biogeographic distribution patterns of Colombian fungi. In *Catalogue of Fungi of Colombia*, ed. RF de Almeida, R Lcking, AM Vasco-Palacios, E Gaya, M Diazgranados, pp. 121–36. London: R. Bot. Gardens, Kew
36. Van der Wal A, Geydan TD, Kuyper TW, De Boer W. 2013. A thready affair: linking fungal diversity and community dynamics to terrestrial decomposition processes. *FEMS Microbiol. Rev.* 37(4):477–94
37. Vtrovsk T, Kohout P, Kopeck M, Machac A, Matej M, et al. 2019. A meta-analysis of global fungal distribution reveals climate-driven patterns. *Nat. Commun.* 10:5142
38. Suz LM, Sarasan V, Wearn JA, Bidartondo MI, Hodkinson TR, et al. 2018. Positive plant-fungal interactions. See Ref. 154, pp. 31–39
39. Prescott T, Wong J, Panaretou B, Boa E, Bond A, et al. 2018. Useful fungi. See Ref. 154, pp. 24–31
40. Wang, B., Shi, Y., Lu, H., & Chen, Q. (2023). A critical review of fungal proteins: Emerging preparation technology, active efficacy and food application. *Trends in Food Science & Technology*, 141, 104178. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104178>
41. Wingfield MJ, Slippers B, Roux J, Wingfield BD. 2001. Worldwide movement of exotic forest fungi, especially in the tropics and the Southern Hemisphere. *Bioscience* 51(2):134–40