

生物性有害生物与森林衰退

森林衰退反映了森林对全球变化日益加剧的脆弱性。尽管非生物胁迫（干旱、热浪、霜冻）常作为触发因素，但导致树木大规模死亡的主要是生物性有害生物：小蠹虫、食叶幼虫、真菌、线虫或细菌。

1. 蛀干昆虫与食叶昆虫

- 小蠹虫（图 1）

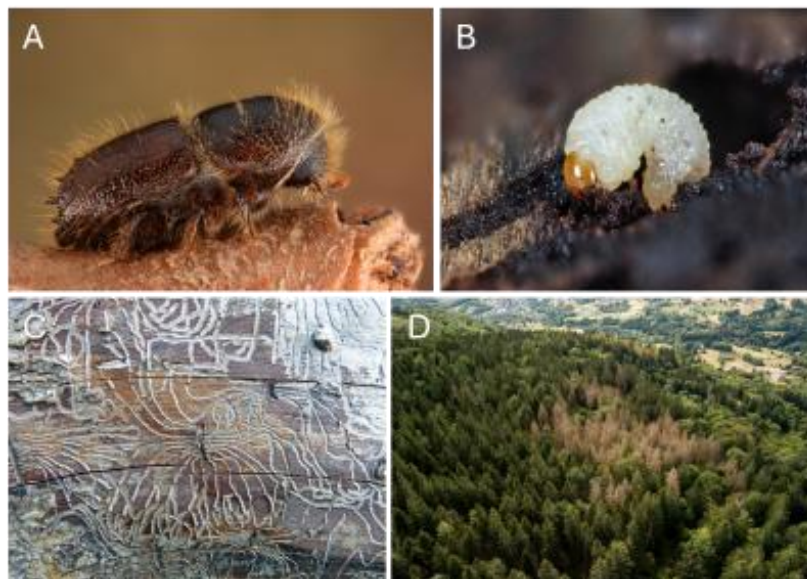


图 1. 云杉八齿小蠹 (*Ips typographus*, Linnaeus, 1758)，属鞘翅目昆虫。其幼虫在树皮留下蛀道痕迹清晰可辨。A. 云杉八齿小蠹雌成虫 [来源：© Gilles San Martin, 遵循 CC BY-SA 2.0 许可, 来自维基共享资源]; B. 小蠹幼虫 [来源：© Gilles San Martin, 遵循 CC BY-SA 2.0 许可, 来自维基共享资源]; C. 小蠹幼虫留下的蛀道 [来源：© Andrea Bonifazi, 遵循 CC BY-SA 4.0 许可, 来自维基共享资源]; D. 孚日山脉中部遭受小蠹侵害的云杉林（图中部） [来源：© Michel L. Vosges, 遵循 CC0 许可, 来自维基共享资源]。

小蠹虫（如云杉八齿小蠹）是一类小型蛀干甲虫，它们在树皮下游掘隧道，阻碍或阻断树液流动。除直接危害外，部分小蠹虫还携带真菌，这些真菌同样会堵塞维管组织，导致树木迅速死亡。

全球变暖使小蠹虫每年可多完成多达两个繁殖周期，导致其种群数量呈指数级增长[1]，并将危害时间延长至数月。由此造成的树木死亡进一步为这些昆虫的扩散提供了机会，形成恶性循环。

在加拿大，2000 年代期间，小蠹虫曾导致单一区域内近 1500 万公顷的针叶树死亡。由于冬季低温不再能有效控制其种群，其数量在短短数年内激增百倍，甚至连健康树木也难以抵御其侵袭。

- 松异舟蛾幼虫（图 2）



图 2. 松异舟蛾幼虫的巢穴。[图片来源：© Eiffel at French Wikipedia，遵循 CC BY-SA 1.0 许可，来自维基共享资源]。

冬季严寒的显著减弱，使得松异舟蛾幼虫既获得了较高的存活率，又延长了活动时间。五十年来，其种群密度不断上升，分布范围在纬度上向北扩展了 300 公里，在海拔上向上推移了 300 米。

因此，法国东南部欧洲赤松的衰退，在很大程度上取决于两种主要害虫的主导性影响：同样因气候变暖而愈发猖獗的榭寄生，以及松异舟蛾幼虫[2]。

2. 入侵性病原体与寄生虫（全球化）



图 3. 罹患荷兰榆病的榆树。该病由榆枯萎病菌（*Ophiostoma ulmi sensu lato*）引起，通过大榆小蠹（*Scolytus scolytus*，小蠹亚科甲虫）传播。[来源：© Beentree，遵循 CC BY-SA 4.0 许可，来自维基共享资源]。

在全球化（木材与植物贸易、人员往来及气候变化）的推波助澜下，入侵性病原体与寄生虫正急剧加速各大洲森林的枯梢与大规模衰退：

- 荷兰榆病（图 3）：该病通过出口至英国的原木运输从北美传入，20 世纪 70 年代导致欧洲 95% 的榆树种群死亡。
- 海岸松盾蚧：该虫通过用于造林的幼苗从马格里布地区传入，自 20 世纪 60 年代以来，已摧毁普罗旺斯山区超过 90% 的海岸松（近 10 万公顷），造成了名副其实的地方性经济与生态灾难。
- 栲树枯梢病：该病从亚洲传入，经波兰抵达西欧。自 2010 年出现以来传播极为迅速，正在毁灭法国的栲树种群（见图 12《森林与全球环境变化》）。
- 枫树焦枯病（病原菌：*Cryptostroma corticale*）：该真菌从北美传入英国（1945 年），后传入法国（20 世纪 50 年代），是枫树（尤其是假挪威槭）衰退的主要原因之一，威胁着林分的多样性。该真菌在其生命周期的一部分时间内在树体组织内以内生菌形式存在，不引起任何症状或可见的外部损害。当其寄主遭受水分胁迫后，该真菌转变为致病性，最终导致树木死亡。这是非生物胁迫触发生物性枯梢的典型例证。

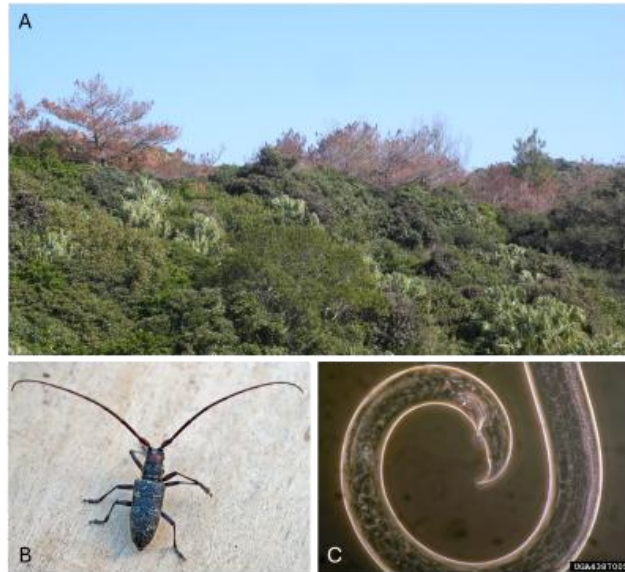


图 4. A. 松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 正在摧毁日本小笠原群岛父岛上的松树 [图片来源: ©タクナワン; 自行拍摄, CC0 许可]; B. 欧洲落叶松林天牛 (*Monochamus galloprovincialis galloprovincialis*, Olivier, 1795), 一种蛀干甲虫, 在加速木材转化为森林腐殖质方面发挥着重要的生态作用。然而, 它也可作为松材线虫的传播媒介 [图片来源: © entomartIn, DR]; C. 松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*) [图片来源: © L.D. Dwinell, 美国农业部林业局, Bugwood.org - CC BY 3.0 许可]。

松材线虫: 近期在朗德德加斯科涅森林发现了两次疫情[3]。这种源自美洲的寄生虫一旦从最初的疫源地逃逸, 便可能对该国最大的森林造成严重破坏, 同样可能带来毁灭性的经济和生态后果。自 1905 年传入日本以来, 它已导致该国 95% 的松树资源丧失。蛀干甲虫极有可能是其传播的媒介 (图 4)。

因此, 森林树种的衰退是一个复杂的现象, 与众多气候、非生物、生物及人为因素之间的相互作用密切相关。每种情况仍具有其特殊性 (树种、分布区内的位置、林业经营史、土壤、管理方式等)。虽无放之四海而皆准的解决方案, 但适当的营林措施可显著提高大多数林分对当前主要胁迫因子的抵抗力和恢复力。

注释与参考文献

缩略图: 云杉树干上的小蠹虫危害痕迹 [图片来源: © Thomas Bresson 摄影, 遵循 CC BY 4.0 许可, 来自维基共享资源]

[1] Saintonge F-X, Gillette M, Blaser S, Queloz V & Leroy Q. (2022). The situation and management of the European spruce bark beetle crisis in late 2021 in eastern France, Switzerland and Wallonia. *Revue forestière française* 73, 619 - 641.

<https://doi.org/10.20870/revforfr.2021.7201>

[2] Lemaire J, Vennetier M, Prévosto B, & Cailleret M. (2022). Interactive effects of abiotic

factors and biotic agents on Scots pine dieback: A multivariate modelling approach in south-east France. *Forest Ecology and Management* 526, 120543.

[3] <https://draaf.nouvelle-aquitaine.agriculture.gouv.fr/un-foyer-de-nematode-du-pin-detec-te-sur-l-a-commune-de-seignosse-le-prefet-de-a3874.html>