

高温对栽培植物病虫害发生发展的影响

Автор(и): гл. ас. д-р Мария Христозова, Институт по овощарство – Пловдив, Селскостопанска академия – София; гл.ас. д-р Дяна Александрова, Институт по овощарство – Пловдив, ССА

Дата: 25.07.2025 *Брой:* 7/2025



摘要

过去十年，全球年平均气温持续上升已成为一个长期趋势。这对农业生产，包括栽培植物的生理、农艺实践和产量稳定性，都产生了显著影响。气温升高极大地影响了许多具有重要经济意义的病害和害虫的发育动态、分布及生物学特性，为植物保护和农业生态系统的可持续管理带来了新的挑战。

大量研究证实，高温会同时影响病原体、害虫和植物抗性，导致传统发育周期发生改变、侵染压力增大以及病原微生物的适应。高温胁迫对植物的生理和生化方面具有广泛影响。在栽培植物中，高温造成的生理损伤最常见表现为叶片和茎秆灼伤、叶片过早脱落、新梢生长受抑以及果实畸形或败育。这些变化导致光合活性大幅降低、水

分平衡紊乱，最终造成减产和产品品质下降。在某些物种中，还观察到组织加速衰老、授粉受损以及对病原体和生物胁迫因子的敏感性增加。



高温对树莓造成的损害

在温度胁迫的影响下，果树作物会发生显著的生化变化，这些变化既影响初级代谢，也影响保护性化合物的合成。其中最常见的反应之一是**活性氧**积累增加，从而诱导细胞内的**氧化应激** (Mittler, 2002)。这会激活旨在解毒和稳定膜完整性的酶促抗氧化系统 (Hasanuzzaman et al., 2013)。此外，还会观察到**渗透保护物质** (如脯氨酸、糖类和甘油) 的合成增加，这些物质有助于保持水分并保护蛋白质免于变性 (Wahid et al., 2007)。温度胁迫还会抑制与光合作用相关的关键酶活性，破坏大量元素 (如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+}) 的代谢，并减少叶绿素合成，从而导致光降解 (Camejo et al., 2005)。



高温对李子和榛子造成的损害

在长期胁迫下，会记录到酚类化合物、类黄酮和植物抗毒素的积累，这些物质具有保护功能，包括抗菌活性，但通常以牺牲生长和结果为代价（Krasensky & Jonak, 2012）。生化反应的强度具有物种和品种特异性，并取决于植物的年龄和先前的生长条件。

在禾谷类作物中，已确定高温会导致调节氮代谢的硝酸还原酶活性降低。这对谷物的成分和重量都有很大影响（Paulsen, 1994）。

除了植物，高温也会影响病害和害虫的发育。

温度是强烈影响昆虫分布和发育的主要因素之一（Stange and Ayres, 2010）。昆虫是变温生物，即它们没有自身恒定的体温。它们随环境温度而变化并依赖于此。所有代谢过程都在特定的温度范围内进行。随着温度升高，大多数昆虫物种开始消耗更多食物，发育加速，活动性增强，这反过来又影响其生命周期、种群规模和地理分布（Porter et al., 1991）。有些物种无法适应更高的温度，导致发育减慢和种群数量减少。另一方面，有许多昆虫物种，更高的温度有助于其更快繁殖、增加世代数和提高种群密度（Bale et al., 2002; Skendžić et al., 2021）。例如，在较高的温度和较高的空气湿度下，烟粉虱（*Bemisia tabaci*）的种群数量显著增加（Pathania et al., 2020）。在蔬菜作物中，Reddy (2013) 观察到甘蓝根蝇（*Delia brassicae* W.）、葱蝇（*Delia antiqua* M.）、科罗拉多马铃薯甲虫（*Leptinotarsa decemlineata* S.）和欧洲玉米螟（*Ostrinia nubilalis* H.）的种群发育加速。

在果树物种中，观察到苹果蠹蛾 (*Cydia pomonella* L.) 和榆全爪螨 (*Panonychus ulmi* Koch) 的世代数增加 (Porter et al., 1991)。昆虫发育最适宜的温度范围在10°C至30°C之间。对于不同的发育阶段，存在不同的最适温度，在此温度下生理过程进行得最为剧烈。在这些最适温度下，昆虫寿命最长，繁殖力最大。每个物种都存在所谓的发育下限温度和上限温度，即低于或高于该温度，昆虫发育会减慢或停止。当温度上升到发育上限以上或超过40°C时，许多昆虫会出现致死效应。在此类高温下，昆虫体内的酶和血细胞被破坏，导致其死亡。例如，苹果蠹蛾 (*Cydia pomonella* L.) 的幼虫在48°C时死亡 (Tang et al., 2000)。舞毒蛾 (*Lymantria dispar* L.) 的卵在温度高于55°C时不孵化 (Hosking, 2001)。

温度对栽培植物病害的发育、毒力和流行病学有显著影响。对于细菌性病害，最有利于侵染和传播的条件是高空气湿度与20至30°C温度的结合 (Pokhrel, 2021)。超出最佳范围 (无论是高于还是低于) 的温度，都可能通过抑制病原体的繁殖和运动能力，显著减缓或完全阻止病害发展 (Cohen & Leach, 2020)。真菌病原体也表现出温度依赖性。在葡萄上，白粉病 (*Erysiphe necator*) 在21°C至30°C之间发展最为剧烈，而温度高于34°C会导致分生孢子死亡 (Delp, 1954)。

温度升高在调节果树作物真菌病原体的孢子形成和侵染发展过程中起着关键作用。研究表明，对于引起果实褐腐病的 *Monilinia* 属植物病原体，分生孢子形成和侵染的最适温度在20–25°C之间。低于10°C或高于25°C的温度会抑制正常的孢子形成并减缓真菌病原体的定殖 (Xu et al., 2001)。一项针对植物病原体 *Monilinia fructicola* 的研究表明，随着温度升高至约25°C，子囊孢子释放和萌发所需的时间缩短，而当温度超过30°C时，孢子形成受到限制。

研究表明，细菌病原体 *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* 和 *Pseudomonas syringae* (核果类果树细菌性溃疡病的致病菌) 在25–30°C的温度结合高湿度条件下发育最佳，并且可以在15至35°C的范围内侵染植物 (Rojas et al., 2017; Peetz et al., 2009; West et al., 2024)。预测模型显示，细菌的体外最大生长速率在30°C左右达到最高值，而在≥35°C时显著下降 (Rojas et al., 2017)。

随着年平均气温的升高，改变某些农业实践变得必要。为了减少害虫造成的损害和损失，需要更早、更频繁地施用杀虫剂。

许多育种计划都专注于开发抗病或耐病以及适应气候变化的品种。通过这种方式，不仅可以减少农药使用，还能提高植物对高温和干旱的抵抗力。

气候条件的变化导致物候期提前、热浪更频繁且持续时间更长，以及干旱，这些直接影响树木的生理状态、植物病原体压力和害虫行为。在此背景下，有必要重新考虑农艺和植物保护措施。害虫的提前出现需要动态规划植物保护，重点是监测、优化处理以及纳入有韧性的技术。为了减少病虫害造成的损害，旨在开发对关键病原体具有抗性和适应性的品种及砧木的育种计划变得越来越重要。为了实现可持续生产，建议采用农艺技术，如覆盖和使用覆盖作物，以减少蒸发并保持土壤水分。

使用有机覆盖物，例如在树基周围铺上稻草或木屑，可以保持土壤水分，并在最热时期减少蒸发。覆盖物有助于抑制杂草生长，从而为树木提供更多资源来应对高温。



遮阳网

遮阳是保护果树作物免受极端高温影响的最有效方法之一。遮阳网可将太阳辐射减少30%至50%，并能使温度降低约5°C。定期和适当的修剪可以通过允许空气更有效地穿透和流通来减少热应激。

在一天中最热的时候灌溉可能导致水分在树木吸收之前就蒸发掉。清晨或傍晚浇水可确保水分到达根部而不会因高温而损失。

建议采用滴灌和施肥一体化的综合系统，以及害虫的生物防治。此外，实施早期预警系统和病害预测模型可以支持及时决策。引入新品种，结合适应性农艺方法，是在气候变化条件下保持农业生产率、质量和盈利能力的关键。

参考文献

1. Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., ... & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect

- herbivores. *Global change biology*, 8(1), 1-16.
2. Camejo, D., Rodríguez, P., Morales, M. A., Dell'Amico, J. M., Torrecillas, A., & Alarcón, J. J. (2005). High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. *Journal of Plant Physiology*, 162(3), 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.07.014>
 3. Cohen, S. P., & Leach, J. E. (2020). High temperature-induced plant disease susceptibility: more than the sum of its parts. *Current opinion in plant biology*, 56, 235-241.
 4. Delp, C. J. (1954). Effect of temperature and humidity on the grape powdery mildew fungus.
 5. Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Roychowdhury, R., & Fujita, M. (2013). Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5), 9643–9684. <https://doi.org/10.3390/ijms14059643>
 6. Hosking, G. (2001). Literature Review-Temperature Mortality Thresholds for Insects.
 7. Krasensky, J., & Jonak, C. (2012). Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of Experimental Botany*, 63(4), 1593–1608. <https://doi.org/10.1093/jxb/err460>
 8. Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405–410. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312)
 9. Pathania, M., Verma, A., Singh, M., Arora, P. K., & Kaur, N. (2020). Influence of abiotic factors on the infestation dynamics of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius 1889) in cotton and its management strategies in North-Western India. *International journal of tropical insect science*, 40, 969-981.
 10. Paulsen, G. M. (1994). High temperature responses of crop plants. *Physiology and determination of crop yield*, 365-389.
 11. Pokhrel, B. (2021). Effects of environmental factors on crop diseases. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 12(5), 553.
 12. Porter, J. H., Parry, M. L., & Carter, T. R. (1991). The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57(1-3), 221-240.
 13. Reddy, P. P. (2013). Impact of climate change on insect pests, pathogens and nematodes. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 19(2), 225-233.