

·特邀综述·

作物花粉高温应答机制研究进展

杨浩¹, 刘晨¹, 王志飞¹, 胡秀丽^{1*}, 王台^{2*}

¹河南农业大学, 郑州 450002; ²中国科学院植物研究所植物分子生理学重点实验室, 北京 100093

摘要 随着全球气候变暖加剧, 农作物面临更加严峻的高温威胁。高温胁迫影响作物生长发育各个阶段, 其中花粉发育过程对高温胁迫最为敏感, 因此花粉高温应答机制成为当前植物学研究热点。研究表明, 花粉可以通过质膜上的钙离子通道、内质网中的未折叠蛋白反应、活性氧积累以及H2A.Z等机制感知高温胁迫, 并通过调控热激蛋白表达、糖代谢、激素水平及活性氧清除能力适应高温胁迫。该文从高温对花粉发育的影响、花粉高温胁迫应答机制以及花粉高温胁迫研究的实验设计等方面进行综述, 旨在为相关研究提供借鉴。

关键词 作物, 花粉, 高温, 应答机制

杨浩, 刘晨, 王志飞, 胡秀丽, 王台 (2019). 作物花粉高温应答机制研究进展. 植物学报 54, 157–167.

随着全球气候逐渐变暖, 温度变化对生态环境的影响日益明显(Hansen, 2015)。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 研究报告指出, 相比20世纪末, 目前全球气温已经增加约4°C, 而温度升高将严重影响农作物生长, 威胁粮食安全(Lobell et al., 2011)。因此, 开展作物的高温胁迫研究具有重要意义。花粉作为一种具有特殊结构和功能的微小生命有机体, 包含父本基因组信息, 是种子植物有性生殖的重要调控者。由于花粉结构简单, 因此成为研究植物细胞极性、命运分化和发育的理想体系(鲁云龙等, 2014)。在生产实践中, 雄蕊产生有活性的花粉是作物形成种子和果实的前提。花粉发育过程对高温非常敏感, 高温导致花粉活性降低甚至失活, 使作物穗粒数和坐果率显著降低, 最终导致粮食减产。因此, 花粉高温应答机制研究成为植物学家关注的重点。

通常情况下, 在高于最适温度5°C以上的环境下, 花粉就会遭受高温伤害。许多重要作物如小麦(*Triticum aestivum*)、水稻(*Oryza sativa*)和玉米(*Zea mays*), 其开花期均集中在夏季, 极易遭遇连续或严重的高温天气, 从而导致花粉发育异常(Barnabás et al., 2008)。水稻散粉时环境温度通常在28°C以上, 温度每升高1°C, 就会造成水稻减产约8%。如果温度升高到33°C, 会导致花粉产量降低到13%; 而温度升高

到39°C, 就会导致花粉完全丧失活性, 落在柱头上的花粉无法萌发(Prasad et al., 2006; Endo et al., 2009)。高温对小麦影响更为严重, 在小孢子形成期, 环境温度达30°C时就会造成小孢子发育异常; 而在小花发育阶段, 长期温和高温(25°C, 白天)也会影响小麦的花粉发育(Farooq et al., 2011)。此外, 对玉米、高粱(*Sorghum bicolor*)和大麦(*Hordeum vulgare*)等的研究表明, 白天温度高于32°C会对花粉发育造成不同程度的影响(Lyakh et al., 1991; Liu et al., 2015)。

由于花粉取材相对困难, 因此针对花粉高温应答机制的研究相对较少。但随着分离技术的发展以及多种组学技术的应用, 人们对花粉的高温应答机制已有一定认识(Qin et al., 2008; Jagadish et al., 2010; Yang et al., 2015; González-Schain et al., 2016; Keller et al., 2017, 2018)。本文针对高温对作物花粉发育过程的影响、花粉高温胁迫应答机制, 以及花粉高温胁迫研究实验设计进行综述, 以期对相关研究提供借鉴。

1 高温对花粉发育的影响

花粉作为植物高度特化的雄配子体, 其发育过程既短

收稿日期: 2018-06-10; 接受日期: 2018-10-06

基金项目: 国家自然科学基金(No.31800260)

* 通讯作者, E-mail: dna_gtp@163.com; twang@ibcas.ac.cn