

加强气候变化背景下植物病原真菌控制技术的创新和突破

姚彦坡, 朱永官, 褚海燕

引用本文:

姚彦坡, 朱永官, 褚海燕. 加强气候变化背景下植物病原真菌控制技术的创新和突破[J]. *农业环境科学学报*, 2024, 43(3): 473-

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2024-0125>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

镍污染土壤修复技术研究进展

王丙烁, 黄益宗, 王农, 李娟, 龙健

农业环境科学学报. 2018, 37(11): 2392-2402 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0862>

四种生物炭对潮土土壤微生物群落结构的影响

陈义轩, 宋婷婷, 方明, 于志国, 李洁, 赖欣, 张贵龙

农业环境科学学报. 2019, 38(2): 394-404 <https://doi.org/10.11654/jaes.2018-0966>

植物修复重金属和抗生素复合污染土壤微生物数量和酶活性的变化

周显勇, 刘鸿雁, 刘艳萍, 刘青栋, 涂宇, 顾小凤, 吴龙华

农业环境科学学报. 2019, 38(6): 1248-1255 <https://doi.org/10.11654/jaes.2019-0029>

苯并芘[a]不同污染方式对黄褐土微生物区系的影响

葛高飞, 张鸣帅, 姚时, 咎萱, 张芳

农业环境科学学报. 2018, 37(5): 941-947 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-1176>

基于文献计量学分析2016年环境土壤学研究热点

吴同亮, 王玉军, 陈怀满, 周东美

农业环境科学学报. 2017, 36(2): 205-215 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-0128>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

姚彦坡, 朱永官, 褚海燕. 加强气候变化背景下植物病原真菌控制技术的创新和突破[J]. 农业环境科学学报, 2024, 43(3): 473-475.

YAO Y P, ZHU Y G, CHU H Y. Strengthen the innovation and breakthrough of plant pathogenic fungi control technology in the context of climate change[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2024, 43(3): 473-475.



开放科学 OSID

加强气候变化背景下植物病原真菌控制技术的创新和突破

姚彦坡¹, 朱永官^{2*}, 褚海燕^{3*}

(1. 农业农村部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 3. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 全球气候变化是现代农业生态系统目前面临的主要威胁之一。一方面, 气候变化正在重塑植物与微生物的互动, 诱导某些共生微生物转变为病原微生物, 提升植物真菌病害发生的频率和程度; 另一方面, 气候变化降低植物的免疫力和抗病性, 导致植物更严重的真菌病害。本文将重点讨论气候变化如何影响共生真菌与作物的互动, 如何驱动植物真菌病害的发生和传播, 以及采取何种调控措施从源头上预防病原真菌的危害。

关键词: 气候变化; 主要作物; 条件致病菌; 生态调控

中图分类号: S432.44 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2024)03-0473-03 doi:10.11654/jaes.2024-0125

Strengthen the innovation and breakthrough of plant pathogenic fungi control technology in the context of climate change

YAO Yanpo¹, ZHU Yongguan^{2*}, CHU Haiyan^{3*}

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300191, China; 2. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Global climate change is one of the major threats to modern agroecosystems. On the one hand, climate change is reshaping the interaction between plants and microorganisms, inducing some symbiotic microorganisms to transform into pathogenic microorganisms, and increasing the frequency and extent of pathogenic microorganism. On the other hand, climate warming reduces plant immunity and disease resistance, leading to more severe fungal diseases in plants. This paper will focus on how climate change affects the interaction between symbiotic fungi and crops, how to drive the harm and spread of plant fungal disease, and what regulatory measures we should take to prevent the harm of crop pathogenic fungi from the source, with the aim of providing scientific guidance for more effective monitoring, management and mitigation of plant fungal diseases, and safeguarding crop health and food security.

Keywords: climate change; staple crops; pathogenic fungi; ecological regulation

全球气候变化是现代农业面临的重大威胁之一, 预计全球气候变化将持续数十年, 这将对农业生产系统产生不利影响, 会造成巨大的经济损失和粮食供应问题。为了减轻气候变化的风险, 需要接受并加强能够抵消这些影响的农业创新的研究。为了实现最

大程度的改善, 农业创新不应只关注作物, 而应采取包括整个生态系统在内的整体方法。数百万年来, 植物的进化与其他生物密切相关, 尤其是土壤微生物, 它们塑造了植物的进化和当代生态。一方面, 对植物有益的共生微生物能够为植物提供抗病、营养吸收和

收稿日期: 2024-01-31 录用日期: 2024-02-07

作者简介: 姚彦坡(1977—), 男, 河北邯郸人, 博士, 研究员, 主要从事土壤微生物组与功能调控研究。E-mail: yao7707@126.com

*通信作者: 朱永官 E-mail: ygzhu@rcees.ac.cn; 褚海燕 E-mail: hychu@issas.ac.cn

转化及抗逆方面的有益作用;另一方面,致病微生物能够降低植物的免疫能力和抗逆性,导致植物严重的真菌病害。现在,气候变化正在重塑作物-微生物互作的基础,加重植物病害发生的频率和程度。研究发现,全球气候变暖正在加剧,预计到21世纪末平均气温将上升2~4℃。研究也表明,气温每升高1℃,植物病害的发生率会提高1~2倍,气候变暖将对植物生态系统造成严重威胁。尽管广泛使用杀菌剂、采取有效的农艺措施、播种更耐病的栽培品种等,但全球农作物每年因真菌病害造成的损失仍在20%~40%之间,可谓是损失巨大。粮食因作物罹病而受到真菌毒素污染将严重威胁到粮食安全和人类的身体健康。联合国粮农组织(FAO)指出,绝大部分农作物对人类营养至关重要,其中数百种农作物已受到真菌病害及其真菌毒素污染的影响,作为主粮作物的水稻、小麦、玉米、土豆可能受到稻瘟病、小麦赤霉病、玉米穗腐病和黑粉病、马铃薯晚疫病的影响会更大。这些作物真菌病害造成的产量损失相当于向近40亿人口每天提供2 000 cal(1 cal=4.184 J)热量的一年食物量。气候变暖对农作物真菌病害发生、发展和危害的确切影响难以准确预测,但可能会对农业生态系统和人类产生破坏性的后果。在气候变暖的现实情况下,如果世界各国不采取任何有效的缓解措施或办法,这种损失可能会进一步加剧,最终威胁到人类的生存和世界的稳定。我们需要更多地关注气候变化对真菌病害及其对世界农作物造成的困境,加大政府、企业和私营部门对农作物真菌病害研究的投资。

1 气候变化对病原真菌的影响

1.1 驱动病原真菌的危害和传播

气候变化如何影响病原真菌与作物的互作,如何影响作物健康,目前是一个悬而未决的科学难题。全球气温升高将推动植物病原真菌的种群及其对环境变化适应性的演化,并使原本局限在低纬度地区的真菌病原体得以扩散。自20世纪60年代以来,随着全球气候变暖的加剧,病原真菌以每年约2.3 km的速度向两极迁移,20世纪90年代以后更是达到惊人的7 km,而且这种情况还在继续恶化。中国学者已经报告了河北、山东等省份北部地区花生白绢病发病和流行情况,这种病害原本在热带和亚热带的华南和长江流域花生产区发生。在未来30年里,全球人口预计将增长到近100亿,粮食在现有产量下需要再提升50%才能满足全球人口增长的需求,如果这些情况不

改变,人类将面临前所未有的粮食危机。

1.2 改变植物与共生真菌的互作,导致致病性提升

大多数植物病原体都具有宿主特异性,但当以前的侵染障碍被打破时,新的病害就会迅速出现。气候变化使全球气温上升,导致许多地区干旱胁迫的频率和程度在增加,这对植物与共生微生物之间的互作关系产生了重要影响,对植物生长和作物产量构成了巨大挑战。短期内,植物对气候变暖的适应主要由微生物驱动,而长期内植物的适应将由植物与微生物之间的生态进化及相互作用驱动。但是,随着植物在应对环境压力过程中其生理特性的改变,原本对植物无害的内生真菌可能会变为致病菌,威胁作物的生长和发育。研究发现,随着CO₂浓度的升高及伴随的温度增加,一些原本无害或低致病力的某些镰孢菌属和曲霉属的真菌危害性显著提升。此外,这些真菌对较高温度的耐受性可能会增加土壤中的习居病原菌侵染寄主植物的可能性,同时也可能增加人类或动物的致病性风险。全球人口增长和贸易流动增多,在给作物生产和粮食增产带来空前压力的情况下,这些问题将进一步加剧。所以需要更好地了解植物与其微生物互作及对气候变化的响应,以及利用植物微生物来减轻气候变暖对作物负面影响的方式,并帮助开发管理和政策工具以提高植物系统的抗病性和抗逆性。

2 制定有效应对气候变化和病原真菌危害的策略

为更好地保护农作物免受病原真菌的危害,需要采取包括利用有益微生物、药剂防控、育种控制、管理措施和政策制定在内的系统性、整体性的方法。种植者和其他利益相关者必须利用各种技术创新来更有效地监测、管理和减轻真菌病害。

2.1 作物真菌病害早期检测与诊断

快速、精准的早期诊断是预防作物真菌病害比较有效的一种措施,尤其是针对同气候变化密切相关的真菌病害。近几年来人工智能(AI)、卫星、遥感工具(如无人机)等监测技术的进步,使作物真菌病害监测的能力更加高效。同时,各个国家应该鼓励和动员农民和利益集体等公众参与报告植物疾病(无论是农作物还是野生物种),这样快速且简便的数据共享有助于发现病害,从而实现更快速、更高效的作物真菌病害控制。通过AI、卫星、遥感等科学项目收集的数据与植物病害记录的有效整合和计算,可为植物真菌病害发生的时间和地点建立更加高效的预测模型,反过

来,更准确的植物病害预测可以触发人们对植物病害的早期干预,以抵消农作物的产量损失。

2.2 利用有益微生物提高作物对生物胁迫和非生物胁迫的适应能力

气候变暖,特别是其导致的真菌病害及干旱胁迫是威胁植物生长和健康的重要因素。研究发现,利用植物共生微生物的抗逆潜力可能是缓解植物适应气候变暖、病虫害、土壤干旱胁迫的一项重要策略,是一种有效且便于灵活掌握的解决问题的工具。在气候变暖的背景下,利用假单胞菌属(*Pseudomonas*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、肠杆菌属(*Enterobacter*)等细菌以及哈茨木霉(*Trichoderma harzianum*)、拟青霉(*Paecilomyces varioti*)、绿粘帚霉(*Gliocladium viride*)等真菌可以显著提高小麦、玉米、大豆、高粱和水稻等粮食作物的生产性能和抗逆能力。有益微生物诱导的耐热性受到植物-微生物相互作用复杂信号的调节,可通过直接或间接的调控机制影响植物对气候变暖的响应。研究表明,这些微生物通过对植物的转录水平和代谢的重编程来改变植物抗氧化酶活性、养分吸收、气孔导度、离子转运、碳水化合物代谢和植物激素状态,从而诱导植物对逆境的耐受性或抗性,保障植物健康生长。

2.3 抗病育种及提升农田作物品种多样性

开展气候变化下的作物抗病育种工作及种植包含多种抗病基因的作物新品种组合是减缓致病真菌危害的一条重要途径。播种具有不同抗病性的作物品种,将极大提升农业生态系统的稳定性和健康程度,显著减少真菌病害的传播和抗病基因的消耗,延缓抗病品种的退化。传统的育种方法是将一个或两个抗某种病原菌的抗病基因引入特定品种。然而,尽管病原菌可能在数年内才能克服这种抗病基因介导的抗性,但传统育种方法育成这种抗病品种耗时较长(一般需要10~20 a时间),难以满足现实生产需求。植物本身具有早期病原菌检测系统能力,通过细胞膜表面的模式识别受体识别病原菌相关的模式分子,进而触发植物免疫,可以借助植物的这种“免疫增强”能力,以及结合传统育种方法和抗病基因编辑技术,将多个抗病基因结合在一起进行育种,将极大提高作物抗病原体的能力,延缓病原真菌对育成的作物新品种的抗性,为作物提供更持久和更广泛的抗性。

2.4 开发多靶标抗真菌病害药剂

利用化学农药控制作物真菌病害是一种比较直接有效的措施,也是一种“迫不得已”的最终防控措

施。研究表明,由于杀菌剂的成分不同及作物品种的差异,杀菌剂的田间应用效果表现出很大的不同。这种效果上的差别,虽有客观上的原因,但主要同化学杀菌剂筛选过程有关。迄今为止,这个过程主要依赖于在大规模筛选化合物过程中偶然发现抗真菌药物,如制药产业的副产品,自20世纪80年代以来,还有合成已知化合物的化学变体。这种单一的筛选方法和带有偶然发现的策略难以满足时代的发展和现实的需求。摆脱对单一靶点杀真菌剂的依赖,寻找针对多种病原真菌的多种过程的有效化合物势在必行。目前已开发出的多种多靶标杀菌剂,对作物真菌病害具有更强的杀灭效果,专一性更强,且对生态环境负面影响更小,有利于农业生态系统的稳定性,保护作物健康生长和粮食安全。

3 结论

气候变化是影响作物病害发生、发展和流行的一个至关重要的因素。当作物、真菌病原体 and 气候条件有利于发病时,就会促进病原菌快速生产并侵染作物,导致植物病害的发生。有关研究表明,气候变化能够显著影响植物共生微生物的种群丰度和多样性,以及植物与微生物的互作,其影响甚至超过植物基因型对共生微生物的调控作用。在相似或相近的生态环境和传导条件下,作物病原菌的发病率与存在的致病菌丰度密切相关,这就决定了采取何种措施能够有效防控病害的发生。利用抗病育种和不同抗病特性的作物新品种的布局是防控气传病害比较有效的一种办法,利用有益微生物来提高植物的抗病性,或者直接对作物真菌病害进行防治不失为一种理想的控制措施,当植物病害发生而其他措施已经用尽,利用多靶标杀菌剂进行防治将是作物病害防治最后的一种有效手段。当前,从科学的角度来说,作物和病原体在气候、环境变化等胁迫条件下的生态响应和抗逆能力不同,导致直接或间接的胁迫因素对真菌病原体的影响还难以评估。因此,这些问题的复杂性使得有必要考虑一种综合的方法来控制作物真菌病原菌的感染。总之,应对真菌作物病害对作物和人类健康的威胁需要全球范围内的合作与共同努力。为了维护粮食安全和人类福祉,政府、慈善组织和私营企业需要投入更多资源进行研究,同时充分发挥创新技术在解决问题中的潜力。通过加强研究和推动跨国合作,可以更好地应对真菌病害对作物的影响,为全球粮食安全和人类健康保驾护航。