

根结线虫侵染的番茄根系



张克勤与 根结线虫生防真菌资源的研究与应用

撰文·供图 张克勤

农作物也会生病，有一种作物病害被称为作物的“癌症”，导致作物萎蔫减产甚至绝收。作物的“癌症”是由线虫引起的，因为线虫侵染作物根系会导致根系形成大量根瘤，俗称作物“癌症”。线虫是一类微小线型蠕虫，种类十分庞大，仅根结线虫已知种类就达70多种，危害3000多种植物。据统计，每年在全球造成的损失达1570亿美元，已成为农业植物病害中的两大类病害之一。

看到“癌症”两个字，就能让人联想到这类病害是非常难以处理的，我们的科研团队历时15年的科技攻关，通过植物寄生根结线虫生防真菌资源、分子系统学、杀线虫毒素、生态及土壤抑菌作用、侵染线虫关键酶基因的克隆和高效表达、制剂工业化生产、田间使用技术等综合

研究，解决了从微生物资源到产品开发应用中的基础理论和关键技术，开发出高效低毒的生物杀线虫剂——线虫必克和灭线宁，实现了工业化生产和规模化应用，为我国粮食安全和绿色农业的发展做出了重要贡献。科研团队共同完成的项目“根结线虫生防真菌资源的研究与应用”被授予国家科学技术进步奖二等奖（2006年）的殊荣。以下为读者讲述我们团队攻克作物“癌症”的故事。

从生物防治做起，首先建立线虫生防真菌资源库。15年来，研究团队从我国26个省（自治区、直辖市）的代表性土壤和线虫体内分离并保存了6000多株线虫生防真菌，建立了全球最大的线虫生防真菌资源库，包括线虫生防真菌33属、120种，占全球报道的1/3。结合地理学和植

南方根结线虫2龄幼虫



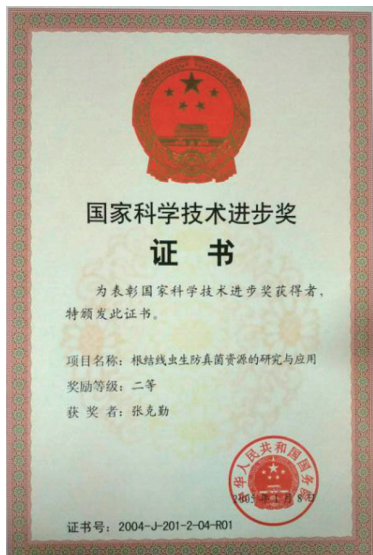
被特征,开展食线虫真菌物种多样性研究,绘制了我国食线虫真菌地理分布图,出版了《食线虫真菌分类学》专著,撰写了《中国真菌志》中的“节丛孢及相关属”。在食线虫真菌(丝孢菌)分类上,团队通过形态学、发育生物学及分子系统学研究,将已报道的21个属合并为节丛孢属、单顶孢属和隔指孢属3个属,较好地澄清了该类群真菌分类混乱的现状。

真菌的孢子类似植物的种子,是真菌重要的繁殖体,只有获得足够量的孢子,才能有效用于生物防治。我们的研究首次报道了食线虫真菌的微循环产孢现象,筛选了微循环产孢的诱导条件,发现食线虫丝孢菌存在两种不同类型的微循环产孢现象,为生产上快速获得大量生理一致的孢子奠定了基础。同时也揭示了食线虫丝孢菌多核孢子的形成机制,报道了菌丝新分枝、分生孢子梗初始形成时的细胞核迁移方式和分生孢子萌发细胞核迁入芽管的细胞核行为,通过食线虫真菌的核相和核行为研究,为菌株的遗传改良奠定了基础。

有了生防菌,也要考虑实际应用场景,才能达到有效的生物防治效果。土壤是一个复杂的生态环境,各种各样的微生物和土壤动物生活

在其中,土壤的抑菌作用(土壤抑制微生物繁殖体在土壤中萌发和生长的一种普遍现象)是导致生防制剂防效不稳定的主要因素,是制约生防制剂产业化的瓶颈问题。为了解决这个问题,技术团队测定了云南省24个县1126份不同类型土样对厚垣孢轮枝孢ZK7、淡紫拟青霉IPC两种生防菌的抑菌作用,发现抑菌率为60%~100%,充分体现了在生物防治中解决土壤抑菌作用问题的重要性和必要性。从122份强抑制性土壤样品中共分离出的1000多株微生物(包括真菌、细菌和放线菌),通过对这些微生物代谢物抑菌能力的测定和分析,发现土壤微生物中主要是细菌,特别是芽孢杆菌和假单胞杆菌起主导抑菌作用,对IPC和ZK7的孢子平均抑制率分别为72.1%和68.2%,提出土壤抑菌作用主要来自土壤微生物,特别是土壤中细菌的观点。利用固相微萃取——气相色谱/质谱法分离、鉴定了土壤及其微生物代谢物中具有抑菌作用的挥发性成分,通过筛选和田间实验,获得了解除土壤抑制厚垣孢轮枝菌ZK7的特殊物质,并设计出在田间能有效解除土壤抑菌作用的制剂。

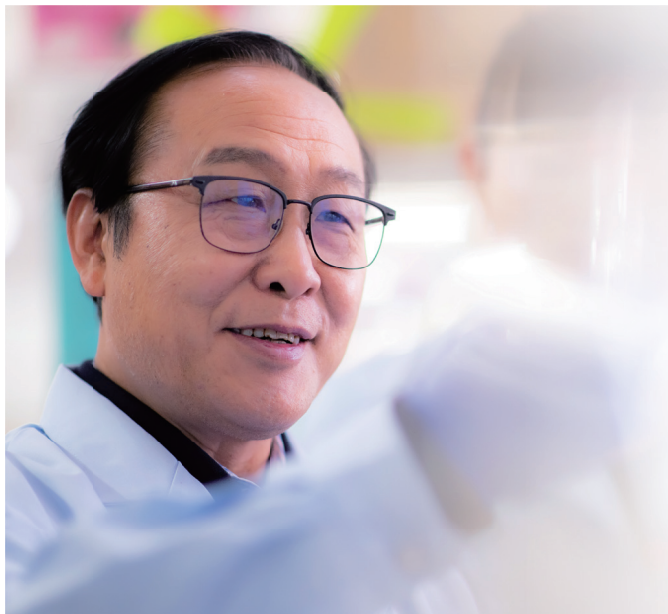
通过发酵工程、后处理工程、制剂技术和田间应用技术研究,重点解决了生防制剂的规模



国家科学技术进步奖二等奖获奖证书

化、低成本应用配套技术;通过对大量菌株的应用价值评估和高效菌株筛选,最终获得综合性状优良的线虫生防出发菌株厚垣孢轮枝孢ZK7和淡紫拟青霉IPC。完成了ZK7和IPC从实验室摇瓶培养到工业化生产的全部研究,在1998年到2002年间,共生产出合格产品1080余吨。完成了ZK7菌株毒性试验、田间药效试验和产品质量标准研究,获得了国内首个线虫生防制剂“线虫必克”的农药登记、生产许可、企业质量

张克勤院士



标准“三证”。完成了淡紫拟青霉IPC毒性试验、田间药效试验和产品质量标准研究,研发出线虫生防制剂“灭线宁”和“线虫必克”。“线虫必克”的生产菌株ZK7厚垣孢子是侵染线虫最有效的接种体,在线虫生防制剂中,液体发酵大量产生厚垣孢子一直是本领域的关键技术。我们的研究通过在发酵过程中添加抑制剂等手段,获得了液体发酵大量产生厚垣孢子的条件,攻克了液体发酵大量产生厚垣孢子的世界难题。

1998—2002年,项目组成员在云南、山东、黑龙江、贵州完成了50多个区域药效对比试验,平均防效达65%,最高达78%,每亩增收100~400元。在云南省主要烟区完成了3.5万公顷的大田试验示范,其中宜良县7060公顷、江川区1666公顷、峨山县2466公顷、宾川县3773公顷、曲靖市5570公顷、弥勒市3980公顷、蒙自市4886公顷、墨江县3266公顷。大田试验示范平均防效为60.5%,最高达76%,烟叶等级大幅增加,平均每亩增收193.5元,共新增产836.858万公斤,新增利税3097.08万元,新增产值1.03亿元。本项成果的推广,提高了农民的收益,带动了我国作物病原线虫生防制剂的发展。

“根结线虫生防真菌资源的研究与应用”项目的研究成果从理论到实践,全面反映了我国线虫生防理论研究和应用的现代水平,把科学技术转化为生产力,把科技成果转化在大地上,推动了我国粮食安全和绿色农业的发展。

作者简介

张克勤,云南大学省部共建云南生物资源保护与利用国家重点实验室主任、云南大学讲席教授、中国科学院院士、第十四届全国人大代表。我国著名的作物病原线虫生物防治专家,中国微生物学会副理事长、中国菌物学会副理事长。

(责编 桑新华)