

# 枯草芽孢杆菌作为生防制剂在农业上的应用

马艳娟

徐州生物工程职业技术学院

DOI:10.12238/as.v5i2.2137

**[摘要]** 以枯草芽孢杆菌为代表的微生物可通过生物之间的竞争性、抵抗性、侵入性、降解性抑制某些病原菌在农作物中的活性,遏制病原体的存活。枯草芽孢杆菌可以通过与病原体争夺营养物质和生存空间,生产抗生素以防止病原体的发展,并刺激植物抗药性,来达到防治各种真菌、细菌和病毒病害的作用。面对枯草芽孢杆菌作为生防制剂稳定性较差的特点,可以与化学农药混合,协同控制其他拮抗微生物共同防治植物病害,拓展其在农业上的应用。

**[关键词]** 枯草芽孢杆菌; 生防制剂; 农业; 应用

中图分类号: S5 文献标识码: A

## Application of *Bacillus Subtilis* as a Biocontrol Agent in Agriculture

Yanjuan Ma

Xuzhou Vocational College of Bioengineering

**[Abstract]** Microorganisms represented by *Bacillus subtilis* can inhibit the activity of some pathogenic bacteria in crops and curb the survival of pathogens by competition, resistance, invasiveness and degradation among organisms. *Bacillus subtilis* can control various fungal, bacterial and viral diseases by competing with pathogens for nutrients and living space, producing antibiotics to prevent the development of pathogens and stimulating plant drug resistance. Facing the poor stability of *Bacillus subtilis* as a biocontrol agent, it can be mixed with chemical pesticides to collaboratively control other antagonistic microorganisms to jointly prevent and cure plant diseases and expand its application in agriculture.

**[Key words]** *Bacillus subtilis*; biocontrol agents; agriculture; application

### 引言

目前,农业微生物和病虫害的控制以化学杀虫剂为主,但大量使用的化学物质不但对生态环境和人体健康造成了严重的影响,同时也会引起更多的抗药性菌株的产生,进而对农业生产产生不利影响。以枯草芽孢杆菌为代表的微生物可以通过生物间的竞争性、抵抗性、侵入性、降解性抑制某些病原体在农作物中的活性。这些生防制剂不仅不会污染环境,而且还能保证人类和动物的安全,抑制病原体抗药性的发展,非常符合当今社会可持续发展的观念。近年来,国内外开展了许多关于微生物生防制剂的研究,但大多数研究侧重于菌株筛选和菌株有效性评估,对特定菌种作为生防制剂在农业上的研究较少。本文将选取枯草芽孢杆菌作为生防制剂在农业上的应用展开研究,以期为后续的实践研究和理论发展提供借鉴。

### 1 生防制剂概述

生防制剂,也称为“生物农药”,是一种具有杀虫、杀菌或抗病作用的非人工农药。现在发明的生物农药主要有微生物源(农用抗生素、微生物杀菌剂等)、植物源杀菌剂、微生物代谢

产物杀菌剂。首先生防制剂具有诸多优点,比如可以考虑到病虫害的特异性,具有选择性,仅杀死有害病虫,而不杀害有害病虫的天敌,有利于保障生态平衡;其次生防制剂作用机制多样,不会因为单一的作用机制导致病虫害和病菌产生抗药性;再次生防制剂安全可靠,不会危害人类和动物生存环境,不污染周边环境,并且残留毒性较低;最后生防制剂原材料和有效成分可以被自然降解,直接回归大自然,有助于农业的可持续发展;此外生防制剂具有广阔的发展空间,在生物技术和遗传工程的帮助下,可对微生物及其发酵过程进行调整,进而继续提高生防制剂的性能和质量,并开发各种用途的产品。

### 2 枯草芽孢杆菌概述

枯草芽孢杆菌是一种能够生存于各种环境中,并能产生内生芽孢的革兰氏阳性杆状细菌。它是最为理想的生防微生物,因为枯草芽孢杆菌生长迅速,营养需求简单,很容易生存,可以在植物中快速繁殖。枯草芽孢杆菌具有简单且稳定的生物结构,因此制成的生防制剂易于生产,且易于稳定储存。枯草芽孢杆菌既是一类嗜温细菌,也是一类好氧细菌,可以自发形成许多内生

芽孢,有着其多样化复杂的形态生理特征结构和极其广泛多样的空间分布,所以它极容易被分离鉴定和培养。枯草芽孢杆菌不致病,但它能够直接从植物土壤中和从植物根系等外部营养部位中产生,并且也常见存在于植株组织内,尤其是生长在植株根部。枯草芽孢杆菌已证明在大米、大豆、棉花、小麦、辣椒、西红柿和玉米有关的病虫害防治方面是有效的。而且,枯草芽孢杆菌还是一种生长迅速、耐热、适应力强的细菌,可以有效促进生化制剂的制造、保存、使用和繁殖,而且由于生产过程简单、便宜,可以实现大规模生产,使其成为可供推广的生防制剂。在不同作物的种子上使用枯草芽孢杆菌后,可以使其产量平均增加9%,根部疾病大幅减少。在日本,枯草芽孢杆菌及其分泌物被成功地用来防治西红柿病虫害。我国研究表明,枯草芽孢杆菌可以有效消除小麦、棉花、西红柿和烟草的病虫害,并有效提高作物产量。

### 3 枯草芽孢杆菌的生防作用机制

竞争效应是生物防治中最重要的机制,它包括了养分的竞争和位点竞争。位点竞争是在相同的环境中,两种或更多的微生物之间的竞争。一些细菌可以利用一种与环境中铁元素紧密联系的元素,从而阻止植物体内缺铁细菌的生长和繁殖。大部分的枯草杆菌都把位点竞争当作竞争的根本手段。在天然条件下,枯草芽孢杆菌能在玉米体内生存,并通过位点的竞争快速增殖,有效降低了菌体和毒素的积累。

生物都具有一定的生态适应性。所有生物都有特定的环境适应性。一旦将生防制剂细菌引入特定的生态系统,其适应生态系统的的能力,对宿主植物的寄生能力和繁殖能力以及与相应病原体的竞争能力,将决定生防制剂的成败。这些因素都与生防制剂的繁殖和细菌的生物特性密切相关。理想情况下,枯草芽孢杆菌必须具有高度的营养竞争力,能够生产大量的抗菌素,实现迅速生长,并且必须具备高度的适应性。对根际定殖微生物的测定也是筛选应用生防制剂微生物品种的又一项关键步骤。目前,大多数的外来病原微生物都在未进行根际定殖试验前,就必须先被进行分类和标记,常见有效的分类标记方式主要为天然的抗生素标记方法和人工外来微生物基因标记。近年来,由于细胞分子生物学技术与细胞生物化学与分析生物学技术方面的快速进展,产生出了一些分子生物学新技术方法与新工具,可以直接用于分析研究枯草芽孢杆菌的根际定殖作用与种群的竞争作用。

抗生作用是微生物通过低浓度的新陈代谢产物来抑制病原体的生长和新陈代谢的作用。抗生作用可以有效降低病原体微生物的生存和活性。在过去半个世纪里,研究学者从枯草芽孢杆菌的各种菌株的代谢物中分离出大量有效的抗菌素,并对其进行了提纯,从而为研究和应用该种细菌在植物病原体方面的防治工作奠定了基础。另外,枯草芽孢杆菌还具有一定的溶菌活性。溶菌作用以附着于细菌的菌丝为特征,并伴随着菌体一起成长,直至菌体断裂,抑或是制造一种能破坏细菌细胞壁或细胞膜的抗菌剂,从而导致细胞壁的穿孔和变形,从而抑制病原体的生

殖。植物抗药性是指枯草芽孢杆菌不仅有能力抑制植物病原体的存活和繁殖,而且有能力抑制植物自身疾病的暴发,从而提高对植物自身对疾病的抵抗力。枯草芽孢杆菌是有史以来最具韧性、多样性、适应性和持久性的生防制剂。该种细菌可产生类似于细胞分裂素和植物生长激素的物质,这些物质可促进植物生长,使得植物对病原体具有自身的抵抗力。

### 4 枯草芽孢杆菌生防制剂在农业上的应用

枯草芽孢杆菌被用来控制国内外植物疾病的研究已经较为成熟,目前在农业上主要防治农作物的真菌、细菌和病毒病害。枯草芽孢杆菌可以通过与病原体争夺营养物质和生存空间,生产抗生素以防止病原体的发展和刺激植物抗药性,来达到防治各种真菌、细菌和病毒病害的作用。枯草芽孢杆菌也可以通过诱导植物生产某些植物激素或刺激其在土壤中吸收更多的矿物、氮或钾等元素而增强自身的抗病性。枯草芽孢杆菌具有广泛的抑制效果,且菌株生长迅速,具有很强的环境适应性和抵抗力,使其成为保护农作物的理想细菌。枯草芽孢杆菌控制植物疾病的最重要机制是能产生对多种病原体菌具有强烈抑制作用的抗菌素。

枯草芽孢杆菌对真菌的控制作用十分显著,应用该菌株 TR21 (WP) 对香蕉进行根治是有效的。通过对香蕉种植区土壤及表层组织的细菌检测,发现其对香蕉枯萎病抗性较好。同时,使用含此菌株的化肥,也能有效地控制香蕉枯萎病。除控制香蕉枯萎病外,采用一种富含该菌种菌株的有机肥料,则更能够在短期内对香蕉枯萎病形成较优良持久的综合防治效果。除了加强对香蕉枯萎病等的防治,枯草芽孢杆菌对烟草黑胫病的防治效果也非常显著。在一项关于对烟草黑胫病进行细菌防治的研究中,经过枯草芽孢杆菌处理后的烟草植株的黑胫病情指数下降了七倍。不仅如此,在农业实践中,使用枯草芽孢杆菌发酵液处理后的烟草植株,暴发黑胫病的概率不到两成。西瓜枯萎病是造成西瓜植株死亡率上升的重要病症。使用枯草芽孢杆菌可有效降低西瓜枯萎病的发病率,防治效果非常显著。这主要是因为枯草芽孢杆菌生成的新陈代谢产物会抑制赤星病菌的增值,进而降低西瓜枯萎病的发病率。

在细菌防治方面,枯草芽孢杆菌也取得了非常明显的防治效果。比如在对烟草青枯病的防治中效果最为显著,在浸根处理苗期的效果甚至可以达到100%。这主要是因为枯草芽孢杆菌可以分泌出具有淀粉酶活力的蛋白,这种分泌物在烟草青枯病的防治中发挥了主要作用。在控制病毒性病害方面,黄瓜幼苗在接种枯草芽孢杆菌发酵液后,可以通过微生物的协同作用,抑制黄瓜中的病原菌并促进根部生长。并且在实际的农业实践中,枯草芽孢杆菌通常与堆肥共同使用,这是因为堆肥过程中繁殖产生的微生物可以与枯草芽孢杆菌形成微生物的协同作用,共同抵御黄瓜病毒性病害。此外,枯草芽孢杆菌还可以用于室内树苗栽培方面,可以有效提高装饰性树苗的存活率。枯草芽孢杆菌还可以作为增产促生剂,增强番茄、小麦的抗病能力。

目前,关于枯草芽孢杆菌在疾病应用方面的研究方面也取

得了一些成功,成功研发并进入了生产领域的商品制剂有百抗、麦丰宁、纹曲宁等。百抗是枯草芽孢杆菌生防制剂的典型代表。该生物制剂的主要活性成分是枯草芽孢杆菌B908,对烟草、三七、花卉、小麦、卷心菜等农作物的病原菌防治具有显著效果,已经被广泛推广使用。百抗是中国第一个应用于水稻的生防制剂,对水稻的抗病菌能力超过70%。麦丰宁可以有效防治野外小麦病虫害,防治效果在50%~80%。纹曲宁是由江苏农业科学院植物保护研究所开发的一种新的生物杀虫剂,在防治水稻纹枯病方面非常有效。并且在实际的农业实践中,在5~45公斤工作压力范围内使用人工喷雾器喷洒枯草芽孢杆菌生化制剂可以达到最佳控制效果,也就是说喷雾压力越大,枯草芽孢杆菌生防菌的定殖越好。

### 5 在植物病害防治应用中存在的问题与解决措施

由于土壤温度、湿度、pH值、植物生长和土壤生态系统等环境因素,枯草芽孢杆菌在实际控制植物疾病方面的有效性被认为是不稳定的,因此大面积应用的风险很高。因此,使用枯草芽孢杆菌来控制植物病虫害的研究仍处于实验室阶段。解决这个问题有两种主要方法:与化学农药混合以及协同控制其他微生物以控制植物疾病。将枯草芽孢杆菌与农药结合在一起有助于克服在土壤生态系统定殖过程中与其他微生物群落的竞争,从而使枯草芽孢杆菌能够建立一个主导地位的竞争优势,从而实现土壤微生物和植物病原菌的有效控制。枯草芽孢杆菌能够帮助植物制造抗生素,促使植物凭借自身能力抵抗病原菌。同时发挥化学药剂快速杀虫和细菌控制的优势,两者结合达到稳定的控制效果,并通过复配协同作用形成相辅相成的优势,以达到减少化学药剂剂量和加强生防制剂控制的目标。

与其他拮抗微生物的协同作用是依靠两种或多种微生物的混合物,实现生防制剂细菌菌株对不同植物部分空间的彻底占

领。枯草芽孢杆菌可作为生防制剂抑制细菌与其他拮抗细菌联合使用,形成拮抗效应。生防制剂还可作为控制植物疾病的多功能生物肥料,并且含有植物生长、预防疾病和促进生长所需的有机、无机成分。目前,浙江大学生物技术研究所开发和推广的“IDA”肥料,主要是由绿色木霉为主制成的,并添加枯草芽孢杆菌作为辅助,应用于绿色蔬菜生产和草地保护中,是第一个具有良好应用潜力的植物肥料。这种杀真菌剂对人类和动物相对安全,并且具有环境无害化和不产生抗药性的优点。

### 6 结束语

随着微生物科学研究技术的迅速发展,对枯草芽孢杆菌的生防菌制剂应用环境、安全评估方法、生态研究和对农业病虫害控制的科学评估将成为研究工作的重点,并将进一步加强对枯草芽孢杆菌生防制剂的质量分析和控制技术研究。从而充分解决农业病虫害防治的常见问题,解决因缺乏技术标准和产品质量不稳定而导致的枯草芽孢杆菌生防制剂功效问题,进而提高其应用效果。

### [参考文献]

- [1]史洪涛.黄芪—枯草芽孢杆菌发酵制剂的制备及其在肉鸡上的应用研究[D].河南农业大学,2014.
- [2]朱沛霖.枯草芽孢杆菌对雪山鸡生产性能、肠道健康和免疫机能的影响及机制[D].扬州大学,2017.
- [3]杜晓雨,赵恺,赵志敏,等.枯草芽孢杆菌微生态制剂发酵研究进展[J].微生物学通报,2020,47(03):903-914.
- [4]吴孔阳,娄亚芳,杨同香,等.枯草芽孢杆菌功能及相关机制研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2020,(23):55-58.

### 作者简介:

马艳娟(1979--),女,汉族,江苏徐州人,本科,实验师,研究方向:农学。