

# 不同覆盖条件下甘蔗土壤微生物区系研究

郑 超<sup>1</sup>, 谭中文<sup>2</sup>, 刘可星<sup>3</sup>, 廖宗文<sup>3</sup>, 刘月廉<sup>1</sup>, 廖渝朗<sup>1</sup>

(1 湛江海洋大学农学院, 广东 湛江 524088; 2 华南农业大学农学院, 广东 广州 510642;

3 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 对不同覆盖条件下甘蔗试验地土壤微生物区系研究的结果表明, 不同覆盖条件为微生物提供了特殊的土壤生态环境, 使土壤理化性状发生了一定变化。在甘蔗生育期, 蔗叶覆盖和地膜覆盖比不覆盖土壤中好气性细菌、真菌和放线菌数量以及微生物总数有明显增加; 氮素生理群中的氨化细菌和硝化细菌都有明显增加, 好气性自生固氮菌数量变化不明显, 厌气性细菌数量明显减少。在所有覆盖条件下, 蔗叶覆盖的效果较好。

**关键词:** 蔗叶覆盖; 地膜覆盖; 土壤微生物区系

中图分类号: S154.36

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)02-0005-05

## Study on soil micro-organism community of sugarcane field under different mulch conditions

ZHENG Chao<sup>1</sup>, TAN Zhong-wen<sup>2</sup>, LIU Ke-xing<sup>3</sup>, LIAO Zong-wen<sup>3</sup>, LIU Yue-lian<sup>1</sup>, LIAO Yu-lang<sup>1</sup>

(1 Agronomy College of Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2 College of Agriculture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

3 College of Resources and Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The results of the study on soil microflora in sugarcane experiment field under different mulching conditions showed that different mulching conditions provided a special ecological environment for microbes and changed some physical and chemical characteristics of the soil. During the period of sugarcane growth, the quantities of aerobic bacterium, fungi and actinomycetes, and the total number of microbes in the soil covered by sugarcane leaf and plastic film increased more obviously than that of the soil without mulch. The quantities of ammonifiers and nitrifiers in the nitrogen physiological group increased significantly. The number variation of aerobic nitrogen-fixing bacterium was not obvious while the number of anaerobic bacterium decreased obviously. Under the mulching conditions, the effect of sugarcane leaf mulch was much better.

**Key words:** sugarcane leaf mulch; plastic film mulch; soil microflora

广东省湛江市是我国重要的蔗区之一, 同时也是广东省农业缺水的重灾区。近年来, 覆盖栽培作为旱地蔗区节水农业措施之一, 日渐受到人们的广泛应用。目前, 地膜覆盖和蔗叶覆盖是甘蔗栽培的 2 种主要形式。国内外试验和生产实践证明, 甘蔗的旱地

覆盖栽培具有减少地表径流、保持土壤水分、调节土温、提高土壤肥力、保持土壤疏松等作用<sup>[1]</sup>。土壤微生物是土壤的重要组成部分, 它对土壤肥力的形成及植物营养转化起着积极作用。但在甘蔗覆盖条件下, 土壤微生物的区系研究鲜见报道。本文旨在了解

土壤环境条件与微生物组成的关系,在一定程度上推断土壤肥力发育的程度和发展趋向,并通过调节土壤环境条件来调整微生物区系,发挥有益微生物的作用,培肥土壤,为覆盖栽培技术在旱地蔗区的合理应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验处理

试验在广东省湛江市幸福农场科研基地进行,试验地土壤为玄武岩母质发育的旱地砖红壤,于2002年2月至2002年12月进行。甘蔗品种为新台糖16号,蔗种采用双芽苗经浸种、消毒,于2002年2月6日全部播种完毕。每公顷下种量为6.6万个芽,种植规格为行距0.9 m,每米5个双芽苗。试验设3个处理:Ⅰ.不覆盖(对照),Ⅱ.地膜覆盖,Ⅲ.甘蔗叶覆盖。每个处理重复3次,共9个小区,每个小区面积为38 m×24 m,田间随机区组排列。

各小区尿素、过磷酸钙、氯化钾的施用量分别为750.2 250和750 kg/km<sup>2</sup>。其中30%做基肥,70%做追肥,于5月中旬大培土时施入。在播种和施基肥后,分别用地膜、甘蔗叶覆盖甘蔗田,以不覆盖作为对照。每个试验小区植沟灌水量、所施肥料的量及其他田间管理完全一致。

### 1.2 供试土样

分别在甘蔗苗期、伸长期和成熟期进行采样,在处理地块内取5个样点土壤的混和样品进行微生物区系分析。土样取自靠蔗株旁0~20 cm耕层土壤。有机质14.58 g/kg,全氮0.69 g/kg,碱解氮7.86 mg/kg,速效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)5.52 mg/kg,速效钾(K<sub>2</sub>O)38.58 mg/kg。

### 1.3 测定方法

土壤微生物区系分析按照《土壤微生物分析手册》<sup>[2]</sup>进行,好气性细菌、放线菌、真菌数量的测定采用平板培养测数法、混菌法接种,培养基分别为牛肉

汁蛋白胨琼脂、淀粉铵盐培养基、酸性马铃薯琼脂。厌气性细菌的计数采取平板法,培养基为高泽有机氮琼脂。好气性细菌、厌气性细菌、放线菌、真菌数量相加作为微生物总数。

氨化细菌、硝化细菌、反硝化细菌等生理群微生物的测定都是采用稀释法,各培养基依次为蛋白胨培养基、改良的斯蒂芬逊培养基、反硝化细菌培养基。好气性自生固氮菌的数量用土粒法测定,其培养基用改良的阿须贝无氮琼脂培养基。

土壤含水量的测定:分别在甘蔗苗期(2月22日、3月5日、4月20日)、分蘖期(6月5日、7月22日、8月17日)、成熟期(10月12日、11月23日、12月25日)采集土样共9次,用烘干法测定土壤含水量,然后对各个时期的3个结果取平均值,作为该时期的平均土壤含水量。

土壤温度的观测:在土壤0~20 cm耕作层,使用最高最低温度计。分别在苗期、分蘖期、成熟期分别测定每天土壤的最高最低温度。

土壤养分的测定:按照《土壤农化常规分析方法》<sup>[3]</sup>进行,碱解氮的测定用碱解扩散法,速效磷的测定用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>浸提-钼锑抗比色法,速效钾的测定用1 mol/L NH<sub>4</sub>OAc浸提火焰光度法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同覆盖条件对土壤理化性状的影响

2.1.1 不同覆盖条件对土壤温度的影响 观测结果如表1所示,从测定结果看,在苗期和分蘖期,地膜覆盖(Ⅱ)和蔗叶覆盖(Ⅲ)与不覆盖(Ⅰ)相比,提高了土壤的最低温度,降低了土壤的最高温度。而进入成熟期,2个覆盖处理也提高了土壤的最低温度,但同时提高了最高温度。成熟期正值当地的秋冬季节,气温下降,覆盖处理较高的最低温度和最高温度有利于甘蔗根系生长和土壤微生物的活性。

表1 不同覆盖条件土壤最高温度( $t_h$ )和最低温度( $t_l$ )<sup>1)</sup>

Tab. 1 The highest and lowest temperature of soil under different mulch conditions

覆盖条件 mulch condition	苗期 seedling stage		分蘖期 tillering stage		成熟期 maturing stage	
	$t_l/^\circ\text{C}$	$t_h/^\circ\text{C}$	$t_l/^\circ\text{C}$	$t_h/^\circ\text{C}$	$t_l/^\circ\text{C}$	$t_h/^\circ\text{C}$
I	15.32b	24.34a	22.15b	30.32a	17.56b	24.58b
II	18.96a	23.67b	23.20a	28.69b	20.35ab	26.95a
III	17.25ab	23.81b	23.56a	26.30c	21.73a	25.14ab

1) 最低温度和最高温度是2002年2~12月各个时期观测值的平均值;2) 表中同列数字后有相同字母者表示在0.05水平差异不显著(DMRT法)

在甘蔗的各个生育时期,地膜覆盖和蔗叶覆盖处理土壤温差均低于不覆盖。在苗期地膜覆盖的土壤温差小于蔗叶覆盖,而在分蘖期和成熟期却相反,蔗叶覆盖比地膜覆盖更能缩小土壤温差。因此,覆盖处理对甘蔗田土壤温度的调节作用是肯定的,地膜覆盖和蔗叶覆盖两者相比哪一个的效果更好,因生育期的不同而有所不同。

**2.1.2 不同覆盖条件对土壤水分的影响** 甘蔗各个时期土壤含水量平均测定结果如表2所示,地膜覆盖与蔗叶覆盖的含水量在各个生育期都比不覆盖的土壤含水量明显提高。其中,蔗叶覆盖的土壤含水量在苗期、分蘖期与地膜覆盖相比差别不大,但在成熟期前者比后者高出9.9%。可见,地膜覆盖和蔗叶覆盖都有明显的保水作用,其中以蔗叶覆盖的效果较好。种植甘蔗后覆盖地膜,因地膜不透气、不透水,土壤水分蒸发而不散失,会在膜内形成水珠,然后又回到土壤中。虽然在苗期,雨后土壤没有雨水直接滴入,但有雨水的横向渗入,加上进入伸长期,甘蔗的拔节生长而使甘蔗穿破地膜,有一定的雨水滴入,土

壤水分蒸发损失较少,因而使土壤经常保持湿润状态。蔗叶覆盖可减少土壤毛细管水蒸发,在一定程度上隔阻了土壤空间的水分交换,且降雨时可截留较多雨水进入土壤,故蔗叶覆盖的土壤含水量比地膜覆盖的高。

**2.1.3 不同覆盖条件对土壤养分的影响** 甘蔗成熟期测定土壤速效养分含量,由表2看出,土壤养分各因素基本为蔗叶覆盖>地膜覆盖>不覆盖。可见,蔗叶覆盖处理的速效养分含量较多,主要是由于覆盖材料甘蔗叶的部分分解,增加了土壤有机质。再者,蔗叶覆盖所形成的适合微生物生长的土壤环境,增加了蔗作土中的微生物数量,并使施用的化肥更多地被生物固结而保留在土壤之中,从而提高了土壤养分的容量与有效性,减少了土壤中游离的养分,减少了养分的流失,扩大了养分的再循环能力。地膜覆盖虽能减少降雨时对土壤营养物质的淋溶损失,但其所形成的土壤环境略差于蔗叶覆盖,微生物数量也就相对少些,故地膜覆盖的速效养分低于蔗叶覆盖处理。

表2 不同覆盖条件对土壤水分和养分的影响<sup>1)</sup>

Tab. 2 The effects of different mulch conditions on soil water and nutrients

覆盖条件 mulch condition	w(水 water)/%			w(养分 nutrients)/(mg·kg <sup>-1</sup> )		
	苗期 seedling stage	分蘖期 tilling stage	成熟期 maturing stage	碱解氮 available N	速效磷 available P	速效钾 available K
I	21.86b	29.38b	23.99c	17.02c	10.36c	50.39c
II	27.77a	34.84a	29.10b	22.78b	15.03b	64.53b
III	27.92a	34.22a	32.31a	28.65a	20.45a	77.56a

1) 表中同列数字后有相同字母者表示在0.05水平差异不显著(DMRT法)

## 2.2 不同覆盖条件下土壤微生物区系动态

由于不同的覆盖条件改变了土壤微生物的生态环境,即土壤水分、空气、热量和养分等条件,必然会影响土壤中各类微生物的数量。对不同覆盖条件下土壤微生物区系的测定结果列于表3,由表3看出,不同覆盖条件下甘蔗田的土壤微生物总量和细菌数量在各生育期的变化趋势是一致的,即从苗期到分蘖期微生物总量和土壤中三大类群微生物(好气性细菌、真菌、放线菌)数量逐渐增加,并于分蘖期达到最高值。进入成熟期,微生物数量下降,这与当地11、12月份气温下降和秋冬季干旱有关,且甘蔗的生长发育转向糖分的积累,根系代谢减弱,土壤养分转化放缓,不利于微生物的生长发育。

覆盖条件可以增加土壤微生物的数量,但不同覆盖条件的土壤微生物数量有差异<sup>[4~6]</sup>。表3的各

生育期土壤微生物三大类群数量均表现出蔗叶覆盖处理的最多,体现出蔗叶覆盖>地膜覆盖>不覆盖的规律。这一特点表明不同的覆盖条件直接影响土壤微生物的消长,蔗叶覆盖处理可有效地促进微生物生长发育和微生物的增加。

不同覆盖条件的甘蔗田土壤中的微生物以细菌居优势,放线菌次之,真菌最少。在甘蔗伸长期,细菌占微生物总数的56%~83%,放线菌为8%~31%,真菌为8%~14%,这与一般土壤微生物区系相吻合<sup>[7]</sup>。

地膜覆盖土壤中好气细菌数量在幼苗期和分蘖期都高于不覆盖和蔗叶覆盖。而在成熟期,与不覆盖土壤中好气细菌数量相比,无明显差异,但比蔗叶覆盖的少52.9%。

放线菌数量的测定结果(表3)表明,在甘蔗的整

表3 不同覆盖条件下土壤微生物区系动态变化<sup>1)</sup>Tab. 3 The dynamic variation of soil microflora under different mulch conditions  $\times 10^4 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 

覆盖条件 mulch condition	好气性细菌 aerobic bacterium			放线菌 actinomycetes			真菌 fungi		
	苗期 seedling	分蘖期 tillering	成熟期 maturing	苗期 seedling	分蘖期 tillering	成熟期 maturing	苗期 seedling	分蘖期 tillering	成熟期 maturing
	stage	stage	stage	stage	stage	stage	stage	stage	stage
I	3.70b	12.1c	3.00b	2.45c	2.75b	1.82b	1.86a	3.00b	1.80b
II	7.65a	19.00a	3.51b	3.59b	3.00b	1.84b	2.56ab	3.00b	1.98b
III	4.76b	14.00b	7.46a	5.93a	11.00a	6.00a	3.00a	5.00a	3.21a

1)表中同列数字后有相同字母者表示在0.05水平差异不显著(DMRT法)

个生育期,蔗叶覆盖与地膜覆盖、不覆盖相比,放线菌的数量明显增加.这说明蔗叶覆盖形成的环境条件适合土壤中放线菌的生长繁殖.

从表3看出,在甘蔗的整个生育期,真菌的数量偏少,地膜覆盖与不覆盖相比较,土壤中的真菌数量相差不大.而蔗叶覆盖土壤中真菌的数量明显增加,这是由于蔗叶覆盖减少了土壤水分的蒸发,同时能提高土壤温度,又具有良好的保水特性,致使蔗叶覆盖土壤中温度较高、湿度较大,有利于真菌的生长.

### 2.3 不同覆盖条件对土壤微生物氮素生理群组成的影响

土壤中氨化细菌、硝化细菌、好气性自生固氮菌、反硝化细菌、厌氧性细菌等氮素生理群微生物的协调作用与土壤氮素的积累形成和转化密切相关.

甘蔗分蘖期主要氮素生理群微生物数量测定结

果见表4.由表4显示,不同覆盖条件下的甘蔗田土壤中,氮素生理群微生物的组成情况是以硝化细菌占优势,其次是反硝化细菌和氨化细菌,而好气性自生固氮菌数量最少.

土壤中氨化细菌的数量直接反映了氨化作用的强度.从表4可以看出,蔗叶覆盖土壤中氨化细菌的数量比前两者多.分别是不覆盖和地膜覆盖的15.4倍和5.7倍.蔗叶覆盖甘蔗田土壤温度适宜,水分充足,正值伸长期的甘蔗旺盛生长能提供更多的养分物质,致使氨化细菌大量繁殖.地膜覆盖比蔗叶覆盖所形成的土壤环境稍差,故地膜覆盖的氨化细菌数量比蔗叶覆盖的少.不同覆盖条件下氨化细菌数量相差较大,这表明土壤中氨化细菌的数量与覆盖条件关系密切.

土壤中硝化细菌数量的多少反映了土壤硝化氮

表4 不同覆盖条件对土壤微生物氮素生理群组成的影响<sup>1)</sup>Tab. 4 Effect of different mulch conditions on the nitrogen physiological group of soil microorganism  $\times 10^2 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 

覆盖条件 mulch condition	氨化细菌 ammonifier	硝化细菌 nitrifier	好气性自生固氮菌 aerobic nitrogen-fixing bacterium	反硝化细菌 denitrifying bacterium	厌气性细菌 anaerobic bacterium
	ammonifier	nitrifier	aerobic nitrogen-fixing bacterium	denitrifying bacterium	anaerobic bacterium
I	1.3b	45c	0.04b	130b	1 750a
II	3.5b	115b	0.24a	200a	650b
III	20.0a	350a	0.18a	200a	600b

1)表中同列数字后有相同字母者表示在0.05水平差异不显著(DMRT法)

的供应状况.表4结果表明,与不覆盖相比,蔗叶覆盖、地膜覆盖土壤中硝化细菌的数量都有增加.蔗叶覆盖土壤中硝化细菌增加的幅度更为明显.这主要是由于蔗叶覆盖促进了土壤氨化细菌的大量生长繁殖,生成较多的氨态氮,这为硝化细菌提供更多的养分物质,促进了硝化细菌的生长.另一方面,由于硝化细菌是好气性微生物,故土壤的透气性也是影响硝化细菌数量的关键因素.在不覆盖条件下,种植甘蔗后,由于雨水的冲刷,土壤很快就会板结而变得通透性不良,不利于硝化细菌的生长;而地膜覆盖的甘

蔗田,避免了风雨对土壤的直接冲刷,但由于地膜致密不透气,使土壤与大气交流不良,也不利于硝化细菌的生长.蔗叶覆盖一方面可以减弱雨水对土壤的冲刷;另一方面覆盖在甘蔗田的蔗叶之间存在空隙,可保持土壤与空气的流通,通气状况良好,因此蔗叶覆盖甘蔗田的硝化细菌的数量比较多.

土壤中的反硝化细菌在一定条件下会造成土壤中的氮素损失,因此反硝化细菌数量的多少同样会影响土壤的肥力状况.从表4可看出,蔗叶覆盖、地膜覆盖土壤中反硝化细菌的数量都明显地高于不覆

盖. 但不能简单地认为覆盖使反硝化细菌增多, 反硝化作用就增强, 从而增加了土壤中氮素的损失. 土壤中的反硝化细菌都是兼厌气性细菌, 在有氧时进行有氧呼吸, 无氧时才利用  $\text{NO}_3^-$  和  $\text{NO}_2^-$  作为呼吸作用的最终电子受体, 将其还原为  $\text{N}_2\text{O}$  和  $\text{N}_2$ , 导致氮素损失, 所以反硝化细菌数量增加并不意味着土壤中的反硝化作用一定会明显地加强, 这要取决于土壤的通气状况<sup>[7]</sup>. 前面已阐述 3 种处理的土壤通气性为: 蔗叶覆盖 > 地膜覆盖 > 不覆盖, 所以不覆盖条件的反硝化细菌数量虽少, 但在通气不良的情况下, 发生反硝化作用, 造成氮素损失, 对甘蔗生产是不利的.

土壤中好气性固氮菌数量的多少会影响土壤中氮素养分的含量. 表 4 的结果表明, 好气性自生固氮菌数量小, 但地膜覆盖和蔗叶覆盖固氮菌数量为不覆盖的 6 倍和 4.5 倍. 好气性自生固氮菌对高的氢离子浓度特别敏感, 它们的存在与否或存在数量的多少, 直接与 pH 值有关, 通常, 在环境 pH 小于 6.0 时, 只有少量的固氮细菌<sup>[8]</sup>. 本供试土样的 pH 值为 4.7, pH 值可能是限制好气性固氮菌生长繁殖的重要原因, 这与有关报导资料相同<sup>[9]</sup>.

蔗叶覆盖、地膜覆盖对降低厌气性细菌的数量具有明显效果. 从表 4 看出, 厌气性细菌的数量是: 不覆盖 > 地膜覆盖 > 蔗叶覆盖, 这与 3 种处理土壤通气性结论一致. 厌气性细菌是有害微生物. 在土壤通透性差的情况下, 厌气性细菌的活动很活跃, 于是有机质便进行嫌气分解, 这种分解是很慢的, 很不完全的, 致使中间产物堆积不能迅速矿化, 许多元素呈还原状或亚氧化物状态, 产生大量的  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CH}_3$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  以及其他有机酸等物质, 对甘蔗生长有毒害作用<sup>[10]</sup>.

### 3 小结

蔗叶覆盖和地膜覆盖可以调节地温、增加土壤含水量、提高土壤肥力、保持土壤良好的通气性, 从而改善了土壤微生物生存和活动的生态环境.

不同覆盖条件下的土壤微生物类群以细菌居优势, 放线菌次之, 真菌最少, 这与一般土壤微生物区

系相吻合. 甘蔗生长期, 蔗叶覆盖、地膜覆盖与不覆盖相比较, 土壤的好气性细菌、真菌、放线菌数量明显增加.

甘蔗伸长期测得土壤中氮素生理群的硝化细菌数量最多, 反硝化细菌和氨化细菌次之, 好气自生固氮菌最少. 与不覆盖相比较, 蔗叶覆盖、地膜覆盖土壤中氨化细菌、硝化细菌和反硝化细菌数量都有明显增加; 好气性自生固氮菌数量(绝对值)不大, 但仍比不覆盖的数量明显增加; 厌气性细菌数量有所下降.

3 种处理相比, 蔗叶覆盖条件下土壤中 3 大类群微生物和氮素生理群微生物的数量明显增加, 并对减少厌气性细菌等有害微生物有明显效果.

#### 参考文献:

- [1] 陈大钊, 叶明芳. 甘蔗花生高产技术问答[M]. 广州: 广东科技出版社, 2000. 45-46.
- [2] 徐光辉, 郑洪石. 土壤微生物分析手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 46-248.
- [3] 中国土壤学会农业专业委员会. 土壤农业化学常规分析手册[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 15-169.
- [4] MAURYA P R. Effects of different mulch material on soil properties and on the root growth and yield of maize and cowpea[J]. Field Crops Research, 1981, (3): 66-71.
- [5] 肖玉珍, 赵静珍, 齐永安, 等. 地膜覆盖栽培玉米土壤中微生物变化规律的研究[J]. 东北农学院学报, 1988, (2): 135-141.
- [6] HANWAY J J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: I: Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield [J]. Agron J, 1962, (2): 145-148.
- [7] 郭树凡, 陈锡时, 汪景宽. 覆膜土壤微生物区系的研究[J]. 土壤通报, 1995, 26(1): 36-39.
- [8] 亚力山大. 土壤微生物学导论[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 183-190.
- [9] 陈华癸. 微生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1979. 127-129.
- [10] 苏广达, 叶振邦, 吴伯全. 甘蔗栽培生物学[M]. 北京: 轻工业出版社, 1983. 382.

【责任编辑 周志红】