

秸秆覆盖免耕土壤真菌群落结构与生态特征研究

高云超¹, 朱文珊², 陈文新²

(1. 广东省农业科学院生物技术研究所, 广州 510640; 2. 中国农业大学微生物系, 北京 100094)

摘要: 不同耕作方法土壤真菌群落结构和生态特征分析表明, 翻耕 0~10cm 土层土壤真菌群落含有 29 种真菌, 其中以 *Chrysosporium merdarium* 为优势种; 翻耕 10~20cm 土层含有 17 种真菌, 以 Sterile black A 为优势种; 翻耕 20~30cm 土层含有 10 种真菌, 其中以 *Chaetomium bostrychodes* 为优势种。铁茬 0~10cm 含 16 种真菌, 其中 Sterile black A 是优势种; 铁茬 10~20cm 土层含有 26 种真菌, 优势种为 Sterile black A; 铁茬 20~30cm 含有 14 种真菌, 其中 *Chaetomium bostrychodes* 为优势种。免耕 0~10cm 土层由 23 种真菌构成, *Trichoderma viride* 和 *T. koningii* 为优势种; 免耕 10~20cm 土层由 14 个种类构成, *Talaromyces trachyspermus* 为优势种; 免耕 20~30cm 土壤由 9 种真菌组成, 其中 *Talaromyces trachyspermus* 为优势种。免耕土壤真菌群落的多样性和均匀度指数均较高。主成分分析表明, 土壤耕作形成了特征性的真菌区系。

关键词: 秸秆覆盖; 免耕; 真菌群落; 多样性; 主成分分析

Community structures of saprophytic soil microfungi in three differently cultivated field soils in the North of China

GAO Yun-Chao¹, ZHU Wen-Shan², CHEN Wen-Xin² (1. Institute of Biotechnology, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Department of Microbiology, China Agricultural University, Beijing 100094, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(10): 1704~1710.

Abstract: The community structure and composition of soil microfungi in different tillage methods have been studied. The fungi recorded were mostly Deuteromycetes. 29 species were isolated from Conventional tillage 0~10 cm soil layer and *Chrysosporium merdarium* was the most dominant fungi, 17 species in Conventional tillage 10~20 cm soil and Sterile black species A fungus dominant, 10 species in Conventional tillage 20~30 cm soil and *Chaetomium bostrychodes* dominant; 16 species in Direct drilling 0~10 cm soil and Sterile black species A fungus was the dominant species, 26 species in Direct drilling 10~20 cm soil and sterile black species A fungus was the dominant species, 14 species in Direct drilling 20~30 cm soil and *Chaetomium bostrychodes* was the dominant species; 23 species in No-tillage 0~10 cm soil and *Trichoderma viride* and *T. koningii* were the dominant ones, 14 species in No-tillage 10~20 cm soil and *Talaromyces trachyspermus* was the dominant one, 9 species in No-tillage 20~30 cm soil and *Talaromyces trachyspermus* was the dominant one. The diversity was higher in No-tillage fungal community than that in other tillage treatments. Soil microfungi populations existed in No-tillage, Direct drilling, and Conventional tillage soils were characterized by different community compositions.

Key words: straw mulch; No-tillage; soil fungal community; biodiversity; principal component analysis

文章编号: 1000-0933(2001)10-1704-07 中图分类号: S154.36 文献标识码: A

关于土壤真菌的研究早在 1886 年 Adametz 就分离了 11 株真菌, 并用于生物化学方面的研究^[1,2]。

收稿日期: 2000-07-24 修订日期: 2000-12-15

作者简介: 高云超 (1961~), 男, 吉林桦甸人, 博士, 副研究员。主要从事土壤微生物学研究工作。

1900 年 Reinitzer^[1,2]、Nikitinski^[1,3] 相继研究了真菌在土壤生态系统中的作用; 20 世纪初期人们开始研究真菌在氨化、硝化、氮转化、纤维素分解、腐殖质化中的作用^[1,2]。1948 年 Jones & Mollison^[3] 提出了数量确定真菌的方法, 形成了细菌是土壤微生物区系中的主导类群的观念; 直到 Anderson & Domsch^[4] 提出了土壤生物量和生物活性中细菌与真菌的比例为 22/78 %, 人们才认识到土壤真菌在土壤肥力中的重要作用。有关土壤真菌群落分析工作有大量报道^[5], Upadhyay & Rai^[6] 分析了印度土壤并分离出 31 个属的 70 多个种, 提出 *Aspergillus* 是最优势属, 而 *Trichoderma* 在低 pH 和有机质含量高的土壤中很丰富; Ranzoni^[7] 研究了美国西南 Sonoran 沙漠, 认为不存在特征性的沙漠真菌区系; Elmholt & Kjoller^[8] 发现真菌的数量与种类季节性变异比处理间差异大, 但有机农田真菌种类丰富度较高; Bissett & Parkinson^[9,10] 研究指出海拔增高真菌多样性与均匀度下降, 并且不同植被与海拔高度优势种群不同。然而关于免耕与耕作土壤真菌群落的研究却很少报道, 本文拟就多年免耕对比铁茬与翻耕条件下, 对土壤真菌的群落结构进行分析, 以探求免耕的土壤微生物作用与效果。

1 材料与方法

试验地位于中国农业大学校内, 供试土壤为草甸褐土, 质地轻壤, 有灌溉条件, 试验开始于 1978 年。长期秸秆覆盖免耕定位试验设 3 个处理: 秸秆覆盖免耕 (简称免耕), 即前茬作物收获后, 不翻耕土壤直接开沟播种, 播后把前茬秸秆切碎成 3cm 左右撒于地表做覆盖物 (秸秆量为 4000 kg / hm²); 无覆盖直播 (简称铁茬), 即前茬作物收获后不翻耕土壤, 把地上部分秸秆移走, 直接开沟播种后茬作物; 常规耕作 (简称翻耕), 即前茬作物收获后, 把地上秸秆切碎成 3cm 左右撒于地表, 而后翻耕土地深度约 20cm, 整地后再开沟播种 (秸秆还田量为 4000 kg/hm²)。

1.1 分析方法

1.1.1 平板稀释法计数与分离土壤真菌 应用 Martin(1950) 培养基 (KH₂PO₄ 1g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5 g, 蛋白胨 5g, 葡萄糖 10g, 1% 孟加拉红 3.3ml, 琼脂 20g, 水 1000ml, 灭菌后加过滤除菌的 1% 链霉素 3ml), 取土样 10g 于 95ml 无菌水中制成 10⁻³~10⁻⁵ 浓度的土壤悬液, 取 1ml 于培养皿中后倒入适量培养基, 4 个重复 28℃ 培养 5~7d。

1.1.2 土粒淋洗法 (Soil particle washing technique) 分离真菌 应用 Czapek-Dox 培养基 (NaNO₃ 3g, K₂HPO₄ 1g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5g, KCl 0.5g, FeSO₄ · 7H₂O 0.01g, 蔗糖 30g, 酵母膏 0.5g, 孟加拉红 66 mg/L, 琼脂 20g, 水 1000 ml, 灭菌后加过滤除菌的链霉素 66 mg/L, pH 5.5), 取 10g 新鲜土样加无菌水 250ml 于 500ml 三角瓶中振荡 (200revs/s) 5 min, 静止约 0.5 min 后倒出水, 把土样转移到灭菌筛子上, 筛孔为 1mm、0.5mm、0.25mm 和 0.1mm。大孔径筛子在上, 用连续灭菌水流 5 000~10 000 ml 冲洗约 5~10 min, 尔后用灭菌接种针挑取相应比例的各筛子分散的土粒于培养基上, 每个培养皿点 4 个土粒, 每个土样 20 个培养皿, 20℃ 培养 15d 以后分离鉴定。

1.1.3 土壤平板法 (Soil plate method, Warcup 1950) 分离真菌 应用 Czapek-Dox 培养基, 取 0.0015~0.015g 土壤 (接种环二环) 接到培养皿中, 分散、弄碎、尔后把培养基倒入培养皿中, 旋转使土粒分散, 25℃ 培养 3~5d。

以上 3 种分离方法中, 平板稀释法主要分离孢子态土壤真菌; 土粒淋洗法主要用水把孢子从土壤中洗掉, 分离菌丝态真菌; 而土粒平板法主要用来分离土壤中天然态的可生长的菌丝或孢子态的真菌, 3 种方法结合起来能够分离出土壤中存在的真菌区系。

1.2 群落生态特征计算

(1) 定植频率 (Colonization frequency) = 每土样菌落数 / 每土样土粒点数

(2) 分离频率 (Isolation frequency) = 每土样每种菌的分离数 / 土样总菌数

(3) 种类多样性 (Species diversity) Shannon 多样性指数 $H = - \sum p_i \log p_i$ (p_i 为分离频率);

Simpson 多样性指数 $D_s = 1 / \sum p_i^2$; McIntosh 多样性指数 $D_{mc} = (N - \sqrt{\sum N_i^2}) / (N - \sqrt{N})$

(4) 相似系数 (Similarity index) $C = 2 \sum W_i / \sum (a_i + b_i)$, 其中 a_i 为 i 菌在样本 a 中的分离频率,

b_i 为 i 菌在样本 b 中的分离频率, w_i 为 a_i 与 b_i 中的较小者。

(5) 均匀度 (Uniformity index) $R = (N - \sqrt{\sum N_i^2}) / (N - N / \sqrt{S})$, 其中 N 为某样本真菌个体数, N_i 为第 i 种真菌个体数, S 为物种数。

1.3 菌株鉴别

真菌分离后纯化, 统计每种菌的发生频率。将菌种 3 点种到 Czapek 培养基平板中, 25~28℃ 培养 7d 后鉴定。曲霉根据 Raper & Fennell^[11]“The Genus *Aspergillus*” 鉴定。青霉根据 Pitt^[12]“The Genus *Penicillium* and its teleomorphic states *Eupenicillium* and *Talaromyces*” 鉴定, 培养基用 CYA、MEA 和 G25N, 5℃、25℃ 和 37℃ 培养。镰刀菌根据 Nelson 等^[13]“*Fusarium* species: an illustrated manual for identification” 鉴定, 培养基为 PDA (土豆去皮切碎, 250g 土豆加到 500ml 水中, 另一瓶 500ml 水中加 20g 琼脂, 8 磅灭菌 45min, 把土豆液过滤到琼脂瓶中, 土豆泥用滤布挤碎加到融化的琼脂中, 再加 20g 葡萄糖, 补足水到 1000ml) 和 Bilay 产孢培养基 (KH_2PO_4 1g, KNO_3 1g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, KCl 0.5g, 葡萄糖 0.2g, 蔗糖 0.2g, 水 1000ml, 滤纸条一张, 琼脂 20g)。其它土壤真菌的鉴定主要根据 Domsch 等^[14]“Compendium of soil fungi” 和 Gilman^[15]“A manual of soil fungi”, 以及 Barnett & Hunter^[16]“半知菌属图解”。

1.4 主成分分析

选择 16 种代表性的真菌种类, 计算发生频率并进行主成分分析^[19]。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方法土壤真菌群落结构分析

对不同耕作方法土壤真菌群落的构成分析表明, 翻耕 0~10cm 土层真菌群落含有 29 种真菌, 其中以 *Chrysosporium merdarium* 为优势种, 发生频率为 38.7%, 而 *Acremonium butyri* 为亚优势种, 发生频率为 21.1%。翻耕 10~20cm 土层真菌群落含有 17 个种群, 其中以 Sterile black A 为优势种, 发生频率为 57%, *Stachybotrys chartarum* 为亚优势种, 发生频率为 9.4%。翻耕 20~30cm 土层真菌群落含有 10 种真菌, 其中 *Chaetomium bostrychodes* 为优势种, 发生频率为 47.9%, 而 Sterile black A 和 *Talaromyces trachyspermus* 为亚优势种, 发生频率为 15.5% 和 11.3%。铁茬 0~10cm 土层真菌群落含有 16 个种群, 其中以 Sterile black A 为优势种, 发生频率为 39.6%, 而 *Chaetomium bostrychodes* 和 *Talaromyces flavus* 为亚优势种, 发生频率为 11% 和 13.2%。铁茬 10~20cm 土层真菌群落含有 26 个种类, 其中以 Sterile black A 为优势种, 发生频率为 37.2%, *Talaromyces flavus* 为亚优势种, 发生频率为 8.5%。铁茬 20~30cm 土壤真菌群落含有 14 个种类, 其中以 *Chaetomium bostrychodes* 为优势种, 发生频率为 61.2%, 而 *Talaromyces flavus* 为亚优势种, 发生频率为 16.3%。免耕 0~10cm 土层真菌群落由 23 个真菌种群构成, 其中以 *Trichoderma viride* 和 *T. koningii* 为优势种, 发生频率为 25.0% 和 18.6%, 而以 *Talaromyces trachyspermus* 为亚优势种, 发生频率为 9.9%。免耕 10~20cm 土层真菌群落由 14 个种群构成, 其中 *Talaromyces trachyspermus* 为优势种, 发生频率为 51.8%, 而以 *Eupenicillium brefeldianum* 和 *Talaromyces flavus* 为亚优势种, 发生频率均为 8.4%。免耕 20~30cm 土层真菌群落由 9 个种构成, 其中 *Talaromyces trachyspermus* 为优势种, 发生频率为 75.7%, 而以 *Phialophora cyclaminis* 为亚优势种, 发生频率为 8.2%。

从以上记录的种类来看, 绝大多数种类属半知菌亚门丝孢纲的真菌, 其中以 *Aspergillus*、*Penicillium*、*Trichoderma* 和 *Fusarium* 等 4 个属的一些种在各土样中均可分离到, 且占优势。而接合菌亚门中, 仅有毛霉与根霉能够分离到, 而子囊菌亚门中仅有少数几种大量出现, 且在土壤亚表层占优势, 他们主要是 *Talaromyces* 和 *Eupenicillium* 以及 *Chaetomium*。另外在镰刀菌 *Fusarium moniliforme* 中, 曲霉 *Aspergillus japonicus* 中, 青霉 *Penicillium variable* 中, 木霉 *Trichoderma koningii* 中发生较多。而在毛壳霉 *Chaetomium bostrychodes* 中, 正青霉 *Eupenicillium brefeldianum* 中, 蓝状菌 *Talaromyces trachyspermus* 中可经常分离到。

2.2 土壤真菌群落的生态特征

如果用样本中种类的数量表示种类的丰度, 那么翻耕 0~10cm 土层种类最丰富, 为 29 个种, 免耕 0~

10cm 土层略少为 23 个种,铁茬 10~20cm 土层为 27 个种;从剖面上看,随着土层深度的增加,种类的丰度降低,且群落构成中以少数菌占优势,多样性指数也呈现了这种趋势。从表 1 可见,免耕表层土壤真菌群落的多样性较大,并且表 1 也表明免耕土壤真菌群落的均匀度较大。当应用相似性指数计算不同土壤的相似性时发现不同耕作方法对土壤真菌群落影响很大(表 2)。较大的差异表现在上下土层间,免耕与其它 2 个处理间的差异也很明显。

表 1 不同耕作方法土壤真菌群落多样性指数与均匀度
Table 1 Diversity and uniformity indices in different tillage experimental soils

项目 Diversity	翻耕(cm) Conventional tillage			铁茬(cm) Direct drilling			免耕(cm) No-tillage		
	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30
Simpson	0.82	0.65	0.72	0.79	0.84	0.59	0.87	0.70	0.42
Shannon	1.05	0.75	0.72	0.93	1.10	0.71	1.05	0.79	0.44
McIntosh	0.63	0.45	0.53	0.60	0.70	0.4	0.70	0.51	0.27
均匀度 Uniformity	0.72	0.54	0.69	0.72	0.75	0.49	0.81	0.62	0.36

表 2 不同耕法土壤真菌群落的相似系数
Table 2 The similarity indices of soil fungal community in tillage treatment soils

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0.27	0.35	0.16	0.28	0.24	0.48	0.16	0.12
2		1	0.44	0.72	0.74	0.22	0.60	0.21	0.14
3			1	0.43	0.59	0.67	0.77	0.31	0.21
4				1	0.93	0.4	0.21	0.78	0.31
5					1	0.36	0.29	0.95	0.6
6						1	0.27	0.26	0.08
7							1	0.31	0.23
8								1	0.79
9									1

1 翻耕 0~10cm 土层,2 翻耕 10~20cm 土层,3 翻耕 20~30cm 土层;4 铁茬 0~10cm 土层,5 铁茬 10~20cm 土层,6 铁茬 20~30cm 土层;7 免耕 0~10cm 土层,8 免耕 10~20cm 土层,9 免耕 20~30cm 土层。1 Conventional tillage 0~10 cm soil layer, 2 Conventional tillage 10~20 cm soil, 3 Conventional tillage 20~30 cm soil; 4 Direct drilling 0~10 cm soil, 5 Direct drilling 10~20 cm soil, 6 Direct drilling 20~30 cm soil; 7 No-tillage 0~10 cm soil, 8 No-tillage 10~20 cm soil, 9 No-tillage 20~30 cm soil

2.3 真菌群落结构的主成分分析

不同耕作方法土壤中最丰富的特征性真菌种类如表 3 所示,选取这 16 种真菌的发生频率作为修饰不同耕作方法土壤真菌群落的指标。主成分分析结果表明,土壤样本可以用 5 个主成分来表达,即第一主成分主要代表典型的土壤真菌,第二主成分主要代表土壤腐生菌,第三主成分主要代表暗色菌,第四主成分主要代表青曲霉,第五主成分主要代表子囊菌。其特征向量如表 4 所示。第一主成分对方差的贡献达 26.6%;第二主成分对方差的贡献达 21.2%。根据第一和第二主成分值可在平面上做出土壤样本的散点图和聚类(图 1)可见,一个土样可分为 4 类,即翻耕 0~10cm 与铁茬 10~20cm 土层真菌群落相近,翻耕和免耕 10~20、20~30cm 土层真菌群落相近,铁茬 0~10cm 与 20~30cm 相近,而免耕 0~10cm 土层真菌群

落明显与其它土样不同。另外以第一主成分与第二主成分所对应的变量载荷可以把不同耕作方法土壤的特征菌进行聚类(见图 1),类聚的真菌可能具有同时发生性。

表 3 土壤特征性真菌在不同耕法土壤中的分布 (分离频率 %)

菌号 No.	菌名 Species	翻耕(cm) Conventional tillage			铁茬(cm) Direct drilling			免耕(cm) No-tillage		
		0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30
1.	<i>Chrysosporium merdarium</i>	38.7	0	0	0	1.1	2	0	6	0
2.	<i>Botryotrichum piluliferum</i>	7.2	2.3	4.2	0	5.3	2	0	0	2.0
3.	<i>Talaromyces trachyspermus</i>	1.6	3.9	11.3	0	0	2	9.9	51.8	75.5
4.	<i>Stachybotrys chartarum</i>	3.2	9.4	0	1.1	0	0	6.4	0	0
5.	<i>Paecilomyces marqundii</i>	2.4	0	1.4	0	2.1	0	0	0	0
6.	<i>Talaromyces flavus</i>	0.8	3.1	1.4	13.2	8.5	16.3	0.6	8.4	0
7.	<i>Fusarium oxysporum</i>	0.8	0	8.4	0	0	0	5.8	0	0
8.	<i>Fusarium moniliforme</i>	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0
9.	<i>Aspergillus japonicus</i>	0.8	0.8	0	1.1	0	2	5.8	0	0
10.	<i>Aspergillus candidus</i>	0.8	3.9	0	0	2.1	0	0	0	0
11.	<i>Penicillium variabile</i>	0.8	0	0	1.1	0	0	0	0	0
12.	<i>Penicilium spinulosum</i>	0.8	0	0	3.3	0	2	0.6	0	0
13.	<i>Tichoderma viride</i>	0	0	0	0	0	0	25	0	0
14.	<i>Myrothecium verrucaria</i>	0	0	0	2.2	1.1	4.1	0	0	0
15.	<i>Chaetomium botrychodes</i>	0	0	47.9	11.0	0	61.2	0	7.2	2.0
16.	Sterile black A	0.8	57	15.5	39.6	30.2	2	0	0	0

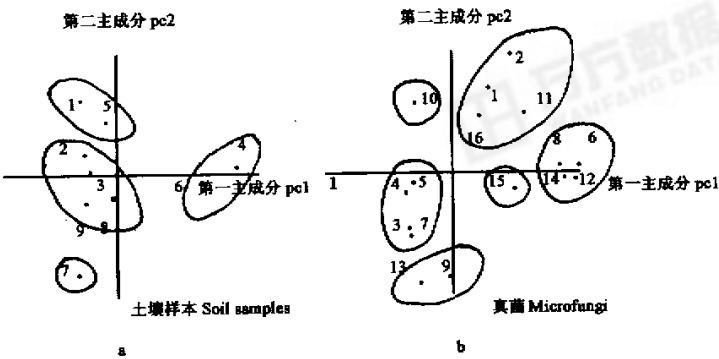


图 1 土壤 16 个特征菌的主成分分析

Fig.1 Principal component analysis of soil characteristic fungal species in tillage soils
a. 样本排序 Soil ordination, b. 变量载荷 Variable loadings, pc. Principal component

3 讨论

应用不同方法分别分离土壤真菌表明,平板稀释法是一种孢子真菌的分离方法,应用这种方法分离到的真菌几乎全部为丝孢纲的半知菌,并且青霉与曲霉占所分离真菌的 50%左右,所以这种分离真菌的方法并不能真实地反映真菌的生存状态与种群分布,虽然应用这种方法已为很多土壤微生物工作者所采用,然

而, 他们所测得的结果也大致相同, 例如 Upadhyay & Rai^[6]、Gupta 等^[5]、Ranzoni 等^[7], 他们认为不存在特殊生境的特有种, 绝大多数真菌都是世界性发生的, 本试验中也得出了类似的结论。为了能真实地认识真菌在土壤中的生存状态, 1955 年 Warcup^[8,9]提出土壤菌丝直接分离法, 但这种方法具有一定的人为性, 并不是一种适用的常规方法。以后 Parkinson & Williams^[20]提出并设计出用电动土壤淋洗箱淋洗土壤孢子获取菌丝片段的土壤淋洗法, 他认为只有菌丝状态存在于土壤的真菌, 才能真正反映真菌在土壤中的分布。但应用这种方法所测得到的真菌以镰刀菌、毛霉、被孢霉三者占绝对优势, 而土壤中大量存在的青霉、曲霉和木霉都很少能分离到, 所以这种方法也并非能反映土壤真菌的真实状态。土壤平板法是直接将土粒加到培养基平皿上形成真菌菌落的一种方法, 这种方法能够生长出广泛的真菌谱, 能够代表真菌土壤种群的特征。

表 4 土壤样本相关阵的特征向量
Table 4 Eigen vector of soil sample correlation matrix

菌号 Species No.	特征向量 Eigen vector				
	1	2	3	4	5
1	−0.110	0.305	−0.093	0.4	0.187
2	−0.188	0.431	−0.134	0.174	−0.185
3	−0.158	−0.229	−0.259	−0.267	0.451
4	−0.177	−0.074	0.510	0.073	−0.079
5	−0.165	0.401	−0.128	0.268	−0.148
6	0.430	0.032	−0.040	−0.137	−0.145
7	−0.173	−0.207	−0.092	0.279	−0.317
8	0.367	0.028	0.194	0.112	0.276
9	−0.005	−0.376	0.213	0.356	−0.148
10	−0.148	0.247	0.413	−0.267	−0.186
11	0.243	0.219	0.132	0.367	0.342
12	0.442	−0.011	0.090	0.235	0.067
13	−0.131	−0.397	0.184	0.318	−0.067
14	0.416	0.002	−0.08	−0.018	−0.269
15	0.211	−0.063	−0.318	−0.01	−0.477
16	0.086	0.214	0.447	−0.025	−0.138

不同耕作方法形成特有的土壤真菌区系, 翻耕土壤中存在大量的常见的世界性分布的土壤真菌类群。但形成了 *Chrysosporium merdarium* 和一种黑色无孢菌(Sterile black A)为优势的特征性真菌区系, 并且存在着大量的半知菌、子囊菌和接合菌。铁茬土壤则类似于翻耕与免耕的底层土壤。从真菌群落的相似系数上看, 铁茬 0~10 和 10~20cm 土层真菌群落与翻耕和免耕的 10~20 和 20~30cm 土层真菌群落的相似系数最大, 表明翻耕的犁底层与免耕亚表层土壤是与铁茬处理的表层土壤相近的。从群落上来看不存在铁茬特征性的真菌区系, 而铁茬真菌群落就近似于亚表层或土壤底层真菌群; 而免耕特征性真菌群落很明显, 免耕真菌区系中存在着大量的木霉以及一些不常见的真菌, 如二种白色无孢菌(Sterile hyaline A 和 B)以及 *Monosporium* 和 *Trichosporiella* 及 *Alternaria* 等。

多样性指数与均匀度是衡量一个群落物种多样性与均匀性的指标, 免耕土壤真菌种群较多, 分布均匀, 所以多样性指数与均匀度较高。

Schroder 认为有机农业具有比传统农业较高的土壤分解有机物质的能力, 免耕 C、N 转化能力也较强^[8]。而 Domsch 等^[14]认为 *Cladosporium*、*Alternaria*、*Botrys* 和 *Ulocladium* 为初级腐生真菌, 它们腐解新鲜植物物质, 土壤中很少, 并不是典型的土壤真菌; 却从免耕土壤中分离到, 免耕土壤并没有增加一些植物病原菌如 *Fusarium solani* 的数量, 而 *Gerlachia nivalis* 并没有发现。

青霉在免耕土壤中很少被分离到, 虽然它是最典型的土壤真菌, Pugh^[18]认为青霉是“短命基质上生存

的短命习居者”，并主要以孢子状态存在于土壤中，因而是土壤真菌的 r -对策生物，由于青霉在土壤中不以菌丝状态存在，而免耕土壤中又存在着大量的较稳态的有机物质，因而可能导致免耕土壤青霉菌减少。另外还可以见到，在免耕土壤中能够存在大量的菌丝态存在的真菌，如 *Trichoderma*、*Fusarium*、*Stachybotrys* 等，表明免耕能够提高土壤真菌的 K -对策生物，并表明免耕具有较稳态的土壤环境和较稳态的生物类群。

参考文献

- [1] 高云超,朱文珊,陈文新. 土壤真菌群落生态特征与养分转化. *生态科学*, 1998, **17** (1):60~66.
- [2] Lussenhop J. Analysis of microfungal compoment communities. In: Wicklow D. T. & Carroll G. C. eds. *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*. Marcel Dekker, Inc. 1981, 37~46.
- [3] Mueller-Dombois D. Ecological Measurements and Microbial Population, In: Wicklow D. T. & Carroll G. C. eds. *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*. Marcel Dekker, Inc. ,1981,173~184.
- [4] Anderson J P E & Domsch K H. Quantification of bacterial and fungal contributions to soil respiration. *Arch. Microbiol.* , 1973, **93**: 113~127.
- [5] Cooke W B. Eclology of Fungi. *Bot Rev.* , 1958, **24**: 341~429.
- [6] Upadhyay RS and Rai B. Ecological survey of Indian soil fungi with special reference to Aspergillus, Penicillia and Trichoderma. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* , 1979, **16**(1): 39~49.
- [7] Ranzoni F V. Fungi isolated in culture from soils of the Sonoran Desert. *Mycologia*, 1968, **60**(2): 356~371.
- [8] Elmholt S and Kjoller A. Comparison of the occurrence of the saprophytic soil fungi in two differently cultivated field soils. *Biological Agriculture and Horticulture*, 1987, **6**: 229~239.
- [9] Bissett J & Parkinson D. Fungal community structure in some alpine soils. *Can J Bot.* ,1979, **57**:1630~1641.
- [10] Bissett J & Parkinson. The distribution of fungi in some alpine soils. *Can J Bot.* ,1979, **57**: 1609~1629.
- [11] Raper K B & Fennell D I. *The genus Aspergillus*. The Williams & Wilkins Company, 1965.
- [12] Pitt J I. *The genus Penicillium and its taleomophic states Eupenicillium and Talaromyces*. Academic Press,1979.
- [13] Nelson, *et al.* *Fusarium species: an illustrated manual for identification*. The Pennsylvania State University Press, 1983.
- [14] Domsch K H, *et al.* *Compendium of Soil Fungi*, vol. 1. Academic Press,1980.
- [15] Gilman J C. *A Manual of Soil Fungi*. The Iowa State College Press,1957.
- [16] 巴尼特 H L 和 亨特 B B. 半知菌属图解. 北京:科学出版社,1977.
- [17] Baath E. Microfungi in a clear-cut pine forest soil in central Sweden. *Can. J. Bot.* , 1981, **59**: 1331~1337.
- [18] Pugh G J F. Strategies in fungal ecology. *Transactions of the British Mycological Society*, 1980, **75**:1~14.
- [19] 裴鑫德. 多元统计分析及其应用. 北京:北京农业大学出版社,1991.
- [20] Parkinson D,Williams ST. A method for isolating fungi form soil microhabits. *Plant and Soil*,1961,**13**(4):347~355.