

紅壤微生物学特性

(一) 浙江省衢县低丘紅壤的微生物学分析*

錢澤澍 何福恒 馮孝善 刘素云 陈本楚

(浙江农业大学 浙江农业科学院)

浙江省的低丘紅壤主要有两种类型,一种是以第四紀初期洪积体-紅土层为母質,經长期的自然生物气候条件作用发育而成的紅-黄色土壤,农民称为“黃筋泥”。黃筋泥土层深厚,質地一般属粉砂質粘土,呈強酸性反应^[1]。另一种是以衢江紅砂岩的风化体为母質发育而成的土壤,称为紅砂土。第三紀衢江紅砂岩地层处在第四紀紅土层之下,因此只有在紅土层受到侵蝕,紅砂岩暴露出来的地方,紅砂土才能形成。在低丘紅壤区里,黃筋泥和紅砂土交錯地分布着,构成复区。

为了了解低丘紅壤的微生物学特性,我們曾在浙江省紅砂土上作过一些微生物分析^[2]。本文則着重研究不同熟化程度的黃筋泥中微生物的数量和生化強度,并以此探討这些指标与土壤熟化的关系。

試驗方法与結果

本工作是在浙江省衢县国营十里丰农場的不同熟化程度的黃筋泥上进行的。熟化的黃筋泥以种植蔬菜为主。中度及輕度熟化黃筋泥是甘薯、小麦、花生等輪作地。荒地黃筋泥上只有稀疏的短草植被。分別在春、夏、秋、冬四季取10厘米內的表土进行分析。分析項目有細菌、真菌、放綫菌及主要微生物生理羣数量及土壤呼吸強度,硝化作用速率,纖維分解強度和土壤的一般理化性状,此外,还对纖維素分解微生物及固氮菌的存活問題分別进行了鉴定和試驗。分析方法及結果如下。

(一) 各类微生物及生理羣的数量

在分析四个紅壤中的細菌、真菌、放綫菌及主要生理羣的数量时,細菌計数采用土壤浸出液培养基。真菌用馬丁氏培养基,放綫菌用淀粉硝酸盐培养基。用土壤悬浮液接种,除放綫菌采用涂抹法外,其他則用混菌法。各生理羣測定項目有好气及嫌气性自生固氮菌、氯化細菌、硝化細菌、反硝化細菌及好气性纖維分解微生物。除好气性固氮菌采用涂抹法外,其余均用稀释法計数。培养基成分参照“土壤微生物分析方法手册”^[3]。

結果指出(表1),細菌、放綫菌及微生物总数随紅壤熟化度提高而增加。在春季分析中,熟化紅壤与荒地間微生物总数相差約46倍。各种微生物总数中主要为細菌,且細菌的比重随熟化度增加而逐增。例如在冬季分析中細菌在熟化紅壤中占微生物总数的96.66%,荒地中則仅占78.75%。真菌的数量比例却与細菌相反,在荒地中比重最大,春、

* 参加本試驗的尙有:胡靜炎、章錦秋、莫文英、萧荣积、王玉珍、许彩霞同志。本文承朱祖祥教授审阅、修改,謹此致謝。

冬兩季各占微生物總數的 4.15% 及 3.75%，在熟化紅壤中則分別下降為 0.14% 及 0.32%。

表 1 不同熟化程度紅壤各類微生物數量(單位: 萬/克干土)

分析日期 (日/月)	**種類數量 *土樣	各類微生物 總數	細菌		放線菌		真菌	
			數量	%	數量	%	數量	%
18/I (冬季)	A	2136.01±53.22	2064.60±52.75	96.66±2.46	64.25±5.96	3.02±0.28	6.85±0.57	0.32±0.03
	B	726.33±50.89	686.76±49.05	94.55±6.75	31.70±3.47	4.37±0.48	7.87±0.34	1.08±0.04
	C	522.28±33.40	494.48±33.77	94.77±6.47	19.75±1.39	3.78±0.27	7.55±0.66	1.45±0.13
	D	1.60±0.22	1.26±0.27	78.75±16.88	0.28±0.08	17.50±5.00	0.06±0.0031	3.75±0.19
11/IV (春季)	A	6491.19±448.71	6472.67±448.68	99.72±6.91	9.23±1.16	0.14±0.02	9.30±0.72	0.14±0.01
	B	4127.10±653.05	4105.67±656.22	99.48±15.90	8.25±0.94	0.20±0.02	13.18±3.37	0.32±0.08
	C	4396.96±646.23	4367.67±696.24	99.34±15.83	8.09±0.84	0.18±0.02	21.21±3.79	0.48±0.08
	D	140.08±35.64	131.75±33.92	94.05±24.22	2.52±0.23	1.80±0.16	5.81±2.52	4.15±1.80

* A——熟化黃筋泥, B——中度熟化黃筋泥, C——輕度熟化黃筋泥, D——荒地黃筋泥。
(以下各圖表同)

** 表中數據春季為三次、冬季為五次重複的平均數。

表 2 不同熟化程度紅壤各類微生物生理羣數量(單位: 萬/克干土)

分析日期 (日/月)	微生物生理羣 土樣	氮化細菌	硝化細菌	好氣固氮細菌	嫌氣固氮細菌	反硝化細菌	好氣纖維分解細菌
		18/I	A	19350.00	5.8060	0.0005	0.0323
	B	5060.00	0.0315	0	0.0315	119.50	0.0252
	C	118.80	0.0313	0	0.0012	118.80	0.0250
	D	0.57	0	0	0	0.0315	0
11/IV	A	2424.00	0.3030	0	0.3030	3030.00	16.87
	B	3049.00	0.0244	0	0.0305	304.90	0.0012
	C	17280.00	0	0	0.0005	1852.00	0
	D	1124.00	0	0	0.0030	23.67	0

各類微生物生理羣發育量的結果(表 2)表明,好氣性纖維分解細菌在熟化紅壤中數量較多,在中度及輕度熟化紅壤中極為微弱,而在荒地中,則從未發現。好氣性固氮菌僅在熟化紅壤中出現,且數量不多。在荒地中沒有發現硝化細菌,在熟化、中度熟化及輕度熟化紅壤中數量也很少。嫌氣性固氮菌在熟化、中度熟化及輕度熟化紅壤中為數不多,荒地紅壤中則更不易發現。生理羣中數量最多的是氮化細菌及反硝化細菌。其數量變化的規律性與上述細菌數量相類似。

(二) 紅壤的呼吸強度

用瓦勃(Warburg)氏測壓計^[4,5]測定以葡萄糖為基質的不同熟化程度紅壤的呼吸強度。每次分析取通過 2 毫米篩孔的干土 4 克,加入 0.4 克葡萄糖,調節土壤水分為土壤最大持水量的 60%,在 30℃ 恆溫下測定二氧化碳釋放量及氧的吸收量。分析結果表明,紅壤中呼吸強度隨着熟化度的提高而增強,例如在 3½ 小時內每克干土二氧化碳釋放量與氧吸收量的幅度,在熟化紅壤中分別為 77.7—91.8 微升及 61.0—87.9 微升,中度熟化紅壤為

34.8—56.2 微升及 23.3—34.8 微升，輕度熟化紅壤为 25.8—32.7 微升及 14.6—31.7 微升，而在荒地紅壤中則只有 6.7—19.6 微升及 8.6—10.3 微升。从氧的吸收及二氧化碳释放过程来看，除夏季略有偏离外，其余均随熟化度提高而增加（图 1）。

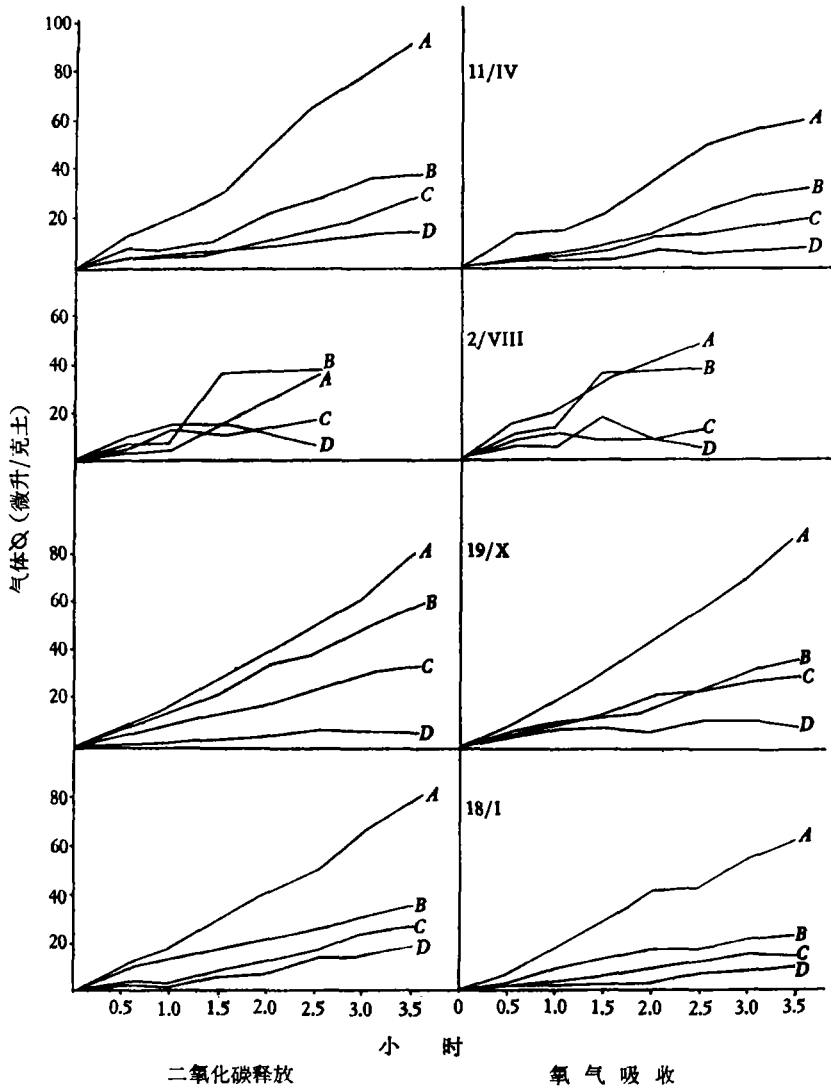


图 1 不同熟化程度红壤氧的吸收和二氧化碳的释放

(三) 紅壤的硝化作用强度

采用土壤培养法比較四个不同熟化程度紅壤的硝化强度。每个处理取通过 2 毫米筛孔的干土 50 克，放入 150 毫升三角瓶內，加 100 ppm 的 NH₄-N，調节土壤水分为土壤持水量的 40%，重复二次，在 30℃ 下（夏季为 37℃）保湿培养，在不同时期內測定土壤中 NH₄-N 的消失量及 NO₂-N、NO₃-N 的生成量。測定 NO₃-N 系用酚二磺酸法；測定 NH₄-N 用萘氏比色法；測定 NO₂-N 用格氏試剂。結果如表 3。

結果表明，硝化作用强度与土壤的熟化程度呈正相关，在熟化紅壤中 NH₄-N 的轉化

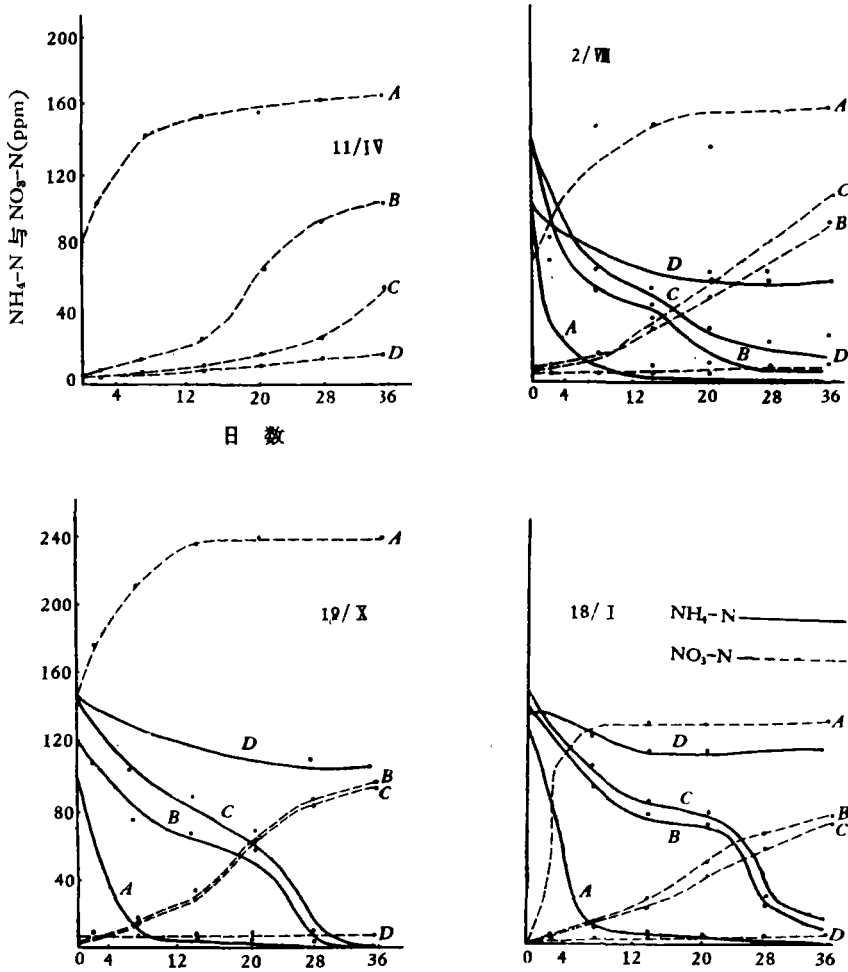


图2 不同熟化程度紅壤在四季中的硝化作用速率
(春季(11/IV)試驗中,測定銨態氮消失的數據不夠完整,故未列入圖中)

表3 不同熟化程度紅壤 NH₄-N 轉化的百分率(%)

天 數	土樣 分析 日期 (日/月)	A				B				C				D			
		11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		49.99	68.63	54.09	18.74	18.19	50.01	12.50	7.0	3.80	50.41	8.98	5.36	—	17.94	6.10	0.76
7		90.57	93.50	91.37	92.37	—	61.89	37.50	32.99	—	53.47	30.70	23.72	—	22.46	6.10	12.38
14		94.88	97.90	98.07	94.00	—	67.24	50.00	44.99	—	74.27	41.82	41.84	—	43.14	18.06	18.06
21		—	100.00	100.00	100.00	—	91.38	58.00	49.01	—	76.21	60.10	44.12	—	43.14	19.05	19.05
28		—	—	—	—	—	97.41	96.06	84.79	—	84.55	95.87	82.59	—	43.14	22.73	19.05
35		—	—	—	—	—	98.27	100.00	95.12	—	93.17	100.00	93.46	—	71.67	23.32	19.96

最快,一周后已轉化 90% 以上,三周全部完成。中度及輕度熟化紅壤的轉化速度較慢,三周才轉化 50% 左右,四周接近 90%。荒地的轉化率最慢,五周仅轉化 20%。从表 3 还可以看出季节变化对各土壤的硝化率均有不同程度的影响,但一般都以夏季最高,冬季最低。

如图 2 所示, $\text{NH}_4\text{-N}$ 的消失与 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的积累基本上互为补偿,而 $\text{NO}_2\text{-N}$ 量,則在各次測定中均很微弱。綜合四次分析結果, $\text{NO}_3\text{-N}$ 形成速率在熟化紅壤中一开始就很快,在中度及輕度熟化的紅壤中,則有一定的滯留期,后期作用才加快,荒地紅壤的硝化作用則始終很弱。

(四) 紅壤中的纖維素分解强度

纖維素分解强度,是用埋布片法測定的,白色細布片先在 0.1% H_2SO_4 液中煮沸,除去淀粉,再經漂洗,烘干称重后备用。供試土壤先通过 2 毫米孔篩,每个处理称干土 400 克,調节土壤湿度至最大持水量的 40%,放入 500 毫升容积的瓦鉢內,每鉢內埋入經上述处理的布片二条,在 30°C (夏季为 37°C) 下保湿培养 30 天后取出,經 1% Na_2CO_3 溶液处理,并用清水漂洗后烘干,再称重比較各土壤中布片失重量。每一土壤重复四次。結果(表 4)表明,同一土壤在春、夏两季測定中,纖維素分解强度較秋、冬为高。从四种不同熟化程度紅壤中的纖維素分解强度来看,除在夏季輕度熟化紅壤略高于中度熟化的紅壤外,一般均按熟化度的提高而增強。

表 4 不同熟化程度紅壤的纖維分解强度

土 样	分 析 日 期 (日/月)	布片原重(克)	失 重 量(克)	失 重 %
A	11/IV	0.5122	0.3419	67±1.87
	2/VIII	0.5788	0.3204	55±18.8
	19/X	0.5381	0.3126	58±3.85
	18/I	0.5537	0.2457	45±1.73
B	11/IV	0.5622	0.1329	23±4.35
	2/VIII	0.5687	0.2122	38±2.00
	19/X	0.5427	0.1313	24±1.22
	18/I	0.5578	0.1216	22±1.87
C	11/IV	0.5344	0.1820	34±1.22
	2/VIII	0.5828	0.3509	<60±1.12>
	19/X	0.5452	0.1667	31±1.43
	18/I	0.5657	0.1527	27±0.21
D	11/IV	0.5596	0.0476	8.50±0.15
	2/VIII	0.6025	0.0583	9.75±0.03
	19/X	0.5512	0.0157	2.85±0.03
	18/I	0.5679	0.0084	1.44±0.15

为了探明不同熟化程度紅壤中好气性纖維素分解微生物类型相对数量,我們用下列土粒培养法进行了試驗,把預先用 1% 醋酸液浸洗,再經 2% Na_2CO_3 冲洗过的滤紙,放置在伊姆歇涅茨基氏培养基的平板上。春、夏两季的分析,在整张滤紙上,放土粒 20 顆。以后在秋、冬两季則改用 0.5 × 0.5 厘米小块滤紙,每皿放 40 块,間隔地排列于培养基表面。

表 5 不同熟化程度紅壤中好氧性纖維分解細菌與霉菌的相對數量

土 樣	A						B						C						D							
	分析日期(日/月)	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	
微生物 總數	阳性土粒/每 皿接種土粒	20/20	20/20	40/40	40/40	17.75/20	18.25/20	30.5/40	35.5/40	15.75/20	13/20	20.25/40	16.25/40	12.50/20	10.5/20	5/40	3.5/40	12.50/20	10.5/20	5/40	12.50/20	10.5/20	5/40	3.5/40	12.50/20	10.5/20
	阳性土粒%	100	100	100	100	88.75	91.25	76.25	88.75	78.75	65	50.63	40.62	62.50	52	12.5	8.75	62.50	52	12.5	62.50	52	12.5	8.75	62.50	52
細菌	阳性土粒	20/20	19.25/20	36/40	39.5/40	10.75/20	12.50/20	9.25/40	18/40	3.25/20	5.25/20	4.5/40	7.75/40	1.25/20	0.25/20	0	1.25/40	1.25/20	0.25/20	0.50/20	1.25/20	0.25/20	0	1.25/40	1.25/20	0.50/20
	%*	51.28	62.60	61.02	83.59	38.73	44.64	23.28	35.12	30.96	36.6	18.19	38.75	14.71	33.33	0	33.33	14.71	33.33	0	38.75	14.71	33.33	0	33.33	14.71
霉菌	阳性土粒	19/20	11.50/20	23/40	7.75/20	17/20	15.5/20	30.5/40	33.25/40	7.25/20	9.5/20	20.25/40	12.25/40	7.25/20	0.50/20	5/40	2.5/40	7.25/20	0.50/20	5/40	7.25/20	0.50/20	5/40	2.5/40	7.25/20	0.50/20
	%*	48.72	37.40	38.40	16.41	61.27	55.36	76.72	64.88	69.04	64.40	81.81	61.25	85.29	66.67	100	66.67	85.29	66.67	100	61.25	85.29	66.67	100	66.67	66.67

* 指占細菌和霉菌總數的%。

表 6 圖褐固氮菌在紅壤中的存活狀況

土 樣	A						B						C						D							
	分析日期(日/月)	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	11/IV	2/VIII	19/X	18/I	
固氮菌接種量*	0 天	170 × 10 ⁴	13 × 10 ⁴	113 × 10 ⁴	12.8 × 10 ⁴	170 × 10 ⁴	13 × 10 ⁴	113 × 10 ⁴	12.8 × 10 ⁴	170 × 10 ⁴	13 × 10 ⁴	113 × 10 ⁴	12.8 × 10 ⁴	170 × 10 ⁴	13 × 10 ⁴	113 × 10 ⁴	12.8 × 10 ⁴	170 × 10 ⁴	13 × 10 ⁴	113 × 10 ⁴	12.8 × 10 ⁴	170 × 10 ⁴	13 × 10 ⁴	113 × 10 ⁴	12.8 × 10 ⁴	
	1 天	78.82	31.27	2.17	0.3961	20.72	0.14	0.63	0.1623	0	0.01	0.83	0.1247	0	0	0.03	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0
	3 天	28.95	91.24	2.83	1.103	12.83	0.09	0.16	0.0090	0	0.16	0.35	0.0107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 天	12.73	34.58	2.68	0.8000	0.18	0.06	0.77	0.0013	0	0.04	0.36	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10 天	64.29	37.83	2.49	1.1999	0.19	0.05	0.60	0.0038	0	0.11	0.30	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15 天	63.28	25.64	2.40	0.6879	0.14	0.03	0.25	0.0016	0	0.64	0.23	0.0016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22 天	45.73	48.98	2.76	1.2130	0.09	0.01	0.12	0.0004	0	0.02	0.07	0.0074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29 天	15.73	42.53	1.87	1.309	0.03	0	0.11	0.0004	0	0.02	0.0004	0.0093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	36 天	34.88	26.59	1.62	0.02	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47 天	60.58	26.28	3.12	0.06	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57 天	46.32	13.27	2.75	0.02	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
64 天	30.15																									
71 天	21.74																									

* 接種菌液用平板法計數,再折算成每克干土中固氮菌數量。

每块接种土粒一顆。每一土样重复四次。在 30°C 下培养(夏季 37°C) 3 天后計算細菌数, 6 天計算霉菌及放线菌数。四季分析結果(表 5) 指出, 在熟化紅壤中全部土粒上均出現分解纖維素的微生物, 在中度熟化紅壤中出現幅度为 76.25%—91.25%, 輕度熟化紅壤为 40.62—78.75%, 荒地中为 8.75%—62.50%。这說明纖維素分解微生物的相对数量随土壤熟化程度的提高而递增。

纖維素分解細菌与真菌的相对数量也因熟化程度而异, 随着紅壤熟化程度的提高, 細菌的相对量有增大的趋势。例如在熟化紅壤中細菌占 51.28%—83.59%, 霉菌占 16.41—48.72%; 而在荒地中細菌仅占 14.71—33.33%, 霉菌的比重增大至 66.67—100%。

在紅壤中分解纖維素的好气性細菌, 經純化分离后, 获得了 6 个菌株, 經初步鉴定, 其中 3 株为纖維弧菌属(*Cellvibrio*), 1 株为噬纖維粘菌属(*Cytophaga*), 1 株为堆囊粘菌属(*Sorangium*), 还有 1 株能在滤紙上产生紅色素。有关这些細菌的种类及其分布与紅壤熟化度的关系, 将在以后报告中論述。

(五) 紅壤中的固氮菌

在采用一般平板分离法检查紅壤中的固氮細菌数量时, 只偶而发现好气性自生固氮菌, 为了进一步明确紅壤中固氮菌的存活問題, 我們又采用了泥面培养、硅胶板土粒法及溶液加富培养等方法。溶液加富培养采用 Becking^[6] 氏的酸性及中性培养液两种, 并在以后移植过程中, 添加微量元素。四季取样分析結果一致, 即除荒地紅壤外, 其他三种紅壤中均有圓褐固氮菌(*Azotobacter Chroococcum*) 及拜氏固氮菌属(*Beijerinckia*) 出現。巴氏固氮梭菌(*Clostridium Pasteurianum*) 則在四种紅壤中均有。其他固氮細菌种类尚待进一步鉴定。

由上述結果看来, 紅壤經熟化后是有固氮菌存在的, 但其数量仍然較少。为了研究其原因, 我們又对固氮菌在不同熟化程度紅壤中的存活状况进行了观察。在不同季节取通过 2 毫米篩孔的不同熟化程度的干土样各 250 克, 調节土壤水分在最大持水量的 60%, 放在 500 毫升三角瓶內, 分別接种等量的圓褐固氮菌, 在 28°C 下培养, 每隔一定時間用稀释平板法測定固氮菌数量。每次試驗重复三次, 結果指出(表 6), 加入的固氮菌, 一旦与土粒接触后, 其菌数就大大下降(仅在夏季例外, 其原因尚待进一步研究)。看来, 土壤对固氮菌有強烈的吸附作用。随着培养时期的加长, 在熟化紅壤中固氮菌数量逐渐下降, 而在中度、輕度熟化及荒地紅壤中数量則下降很快, 說明了在熟化的紅壤中具有固氮菌存活的較适条件。

討 論

紅壤开垦利用后随着土壤酸度降低和有机質及氮素含量的逐步提高(表 7), 一般微生物数量及其生化強度均相应增加。真菌的相对数量并不因土壤熟化度的提高而增加, 仍以荒地中較多, 主要是与土壤酸度有关。至于同一紅壤在微生物学特征上的季节性差异, 則主要由于水分、温度和有机質的变化所引起的。由于低丘紅壤地区的地形特点, 夏季表土的温差大, 尤其在荒地上日間土温可达 40°C 以上, 夜間迅速地与气温达成平衡, 同时土壤干燥, 这就使得夏季微生物数量下降。

Frederick^[7,8,9] 等指出, 在缺乏有机質或在不适宜的 pH 值条件下, 土壤中硝化細菌数

量很少,硝化作用微弱,加入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 后,由于硝化細菌的增殖,經過一定的滯留期, $\text{NO}_3\text{-N}$ 才逐漸形成。在我們的試驗里也發現類似情況。在溫度 30°C 下,熟化紅壤中的硝化作用速率快,在中度及輕度熟化的紅壤,則有一周的滯留期,荒地紅壤在培養五周后仍很微弱。用溶液稀釋培養法對硝化細菌進行計數測定結果,也指明在熟化紅壤中硝化細菌較多,但在荒地紅壤中,生存量很少,或幾乎沒有。在試驗過程中, $\text{NO}_2\text{-N}$ 的含量均很微弱。說明在這種條件下,紅壤的硝化作用過程中生成的中間產物——亞硝酸,是不穩定的,它迅速被繼續氧化成硝酸。

表 7 紅壤的一部分理化性狀

土 樣	采土日期 (日/月)	土 溫* ($^\circ\text{C}$)	水 分* (干土%)	pH	有機質 (%)	C (%)	全氮量 (%)	C/N	有 效 養 分		
									$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	P
A	11/IV	16	19.28	6.2	2.23	1.294	0.134	9.7	21	40	96
	2/VIII	36.5	16.48	7.4	2.15	1.248	0.135	9.2	19	14	72
	19/X	18.5	17.24	7.4	2.22	1.288	0.141	9.1	41	47.5	(375)
	18/I	9.5	29.03	7.2	2.27	1.317	0.135	9.8	5	5.2	34
B	11/IV	15	17.78	5.9	1.53	0.887	0.090	9.8	13	2	11
	2/VIII	37	5.04	5.9	1.71	0.992	0.114	8.7	19	0.7	16
	19/X	19	12.48	5.9	1.73	1.003	0.096	10.4	31	1.2	21
	18/I	11	26.10	5.9	1.77	1.027	1.012	10.0	5	0.7	16
C	11/IV	14.5	19.04	5.2	0.58	0.336	0.056	6.0	24	1.2	19
	2/VIII	34.5	7.30	5.8	1.16	0.673	0.077	8.7	38	0.5	(520)
	19/X	19.5	14.03	5.7	1.07	0.621	0.073	8.5	41	0.4	(710)
	18/I	11.5	25.31	5.5	0.86	0.499	0.058	8.6	12	0.6	28
D	11/IV	14	15.34	4.9	0.66	0.383	0.049	7.8	17	1.4	9
	2/VIII	41.5	11.61	5.2	0.38	0.220	0.034	6.5	49	—	8
	19/X	22	17.93	4.6	0.38	0.220	0.043	5.1	30	0.1	3
	18/I	11.5	25.95	5.0	0.35	0.203	0.041	5.0	12	0.3	0.4

* 土溫及水分均為採樣時的田間狀況。

用土粒法計數纖維素分解細菌與真菌時,細菌首先出現在土粒周圍,繼之為真菌。這些真菌並不是依靠細菌而生成的,它們在純培養條件下仍然能分解纖維素。在一般情況下,土壤中纖維分解微生物的數量同纖維分解強度相一致。即在熟化程度較高的紅壤中,纖維分解微生物數量較高,纖維分解強度也較大。這說明纖維分解微生物的發育量影響了纖維分解的強度。另一方面,在我們的分析結果中看到輕度熟化紅壤中的纖維素分解微生物數量雖低於中度熟化的紅壤,纖維分解強度卻較大。這說明纖維素分解強度並非完全決定於纖維分解微生物的數量,而與微生物的種類有密切關係 (Madhok^[10])。

固氮菌存活試驗表明,在三種不同熟化程度的紅壤中,圓褐固氮菌數量均較少;在荒地中沒有發現,拜氏固氮菌在酸性培養液中經加富培養後亦僅在熟化程度較高的紅壤中出現。這說明紅壤在熟化前不利於這些固氮菌發育。但是在四種不同熟化度的紅壤中却有巴氏固氮梭菌的出現。關於它們在紅壤中的固氮活性如何,以及這些紅壤中的固氮作用究竟以何種微生物為主,尚需進一步研究。

White 等^[1] 的結果指出,土壤中纖維分解作用,硝化作用和有机質分解力的強弱与作物产量有关。Waksmum^[2,13,14,15] 也曾用微生物数量、CO₂ 释放量、氨化作用、硝化作用及纖維分解作用等作为土壤肥力的指标。从本試驗所得的結果来看,某些微生物的数量及活动強度在一定程度上可以反映紅壤的熟化程度,但作为土壤肥力的具体指标来說还需进一步研究。

結 論

1. 紅壤中微生物的总数随土壤熟化程度提高而增大。各級肥力的土壤,均以細菌占最大优势,熟化程度愈高,細菌数量所占的比重愈大,好气纖維分解微生物数量較多,且有硝化細菌和好气固氮細菌生存,虽然发育量不大。熟化程度低的土壤,真菌的相对数量較高,硝化細菌和好气固氮細菌几乎不发育。

2. 紅壤的呼吸強度,也依土壤熟化程度的提高而增大,荒地紅壤呼吸強度最低。

3. 不同熟化程度紅壤的硝化作用強度有显著的差异。在試驗条件下,熟化紅壤对 NH₄-N 的轉化速率一周內达 90%,三周內达 100%;而荒地紅壤五周內仅轉化 20% 左右。从硝酸盐的形成時間来看,熟化程度高的土壤无滞留期,而中度及輕度熟化紅壤則有一定的滞留期,至于荒地紅壤則硝化作用始終微弱。

4. 紅壤的纖維分解強度随熟化程度提高而增強。在熟化紅壤中,在 30°C 及适应水分条件下,經過 30 天培养后,埋藏布片的失重量达 45—67%;荒地紅壤只有 1.44—8.50%。用土粒法检查纖維素分解微生物的相对数量結果,說明它們在紅壤中的分布,因熟化度的不同而有很大差异,如以熟化紅壤为 100%,則荒地紅壤仅为 8.75—62.50%。在纖維素分解微生物中(包括細菌和霉菌),熟化紅壤中細菌占的比重大,荒地紅壤中則以霉菌占优势。

5. 采用泥面培养法、土粒法及加富培养法后,在熟化程度較高的紅壤中分离出圓褐固氮菌、拜氏固氮菌,但在荒地紅壤中沒有发现,而巴氏固氮梭菌則在不同熟化程度紅壤中均有出現。用接种法加入的圓褐固氮菌,在熟化紅壤中存活時間較未熟化的紅壤长。

6. 紅壤的熟化程度和微生物学特征之間的关系,存在着一定的規律性,作者认为利用微生物学指标来指示紅壤的熟化程度并反映其肥力特征和水平是很有可能的。但具体指标还需运用更多資料加以验证。

参 考 文 献

- [1] 俞震豫: 低丘紅壤的水分性质及其管理。浙江农业科学, 7 期, 305—310 页, 1962。
- [2] 钱淨澍等: 低丘紅砂土的微生物学特性。浙江农业科学, 8 期, 339—345 页, 1963。
- [3] 中国科学院林业土壤研究所微生物室主編: 土壤微生物分析方法手册。科学出版社, 1960。
- [4] Chase, F. E. et al.: Use of the Warbury respirometer to study microbial activity in soils. *Nature*, 171:481, 1953.
- [5] Rovira, A. D.: Use of the Warbury apparatus in soil metabolism studies. *Nature*, 172:29, 1953.
- [6] Becking, J. H.: Studies on nitrogen fixing bacteria of the genus *Beijerinckia*: I Geographical and ecological distribution in soils. *Plant and soil*, 14:49—81, 1961.
- [7] Parker, D. T. and Larson, W. E.: Nitrification as effected by temperature and moisture content of mulched soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 26:238—242, 1962.
- [8] Fredenick, L. R.: The formation of nitrate from ammonium nitrogen in soils: 1. effect of tempera-

- ture. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 20:496—520, 1956.
- [9] Sabey, B. R., Bartholomew, W. V., Shaw, R. and Pesek, J.: Influence of temperature on nitrification in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 20:357—360, 1956.
- [10] Madhok, M. R.: Synthetic soil as a medium for the study of certain microbiological processes. Soil Sci., 44:319—322, 1937.
- [11] White, J. W., Holben, F. J., Jeffries, C. D. and Richer, A. C.: Correlation of microbiological and chemical soil data with crop yields of the Jordan soil fertility plots. Soil Sci., 67:279—285, 1949.
- [12] Waksman, S. A.: Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility: V. methods for the study of nitrification. Soil Sci., 15:241—260, 1923.
- [13] Waksman, S. A. and Starkey, R. L.: Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility: VII. Carbon dioxide evolutions. Soil Sci., 17:141—161, 1924.
- [14] Waksman, S. A. and Houkelekan, O.: Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility: VIII. Decomposition of cellulose. Soil Sci., 17:275—291, 1924.
- [15] Waksman, S. A.: Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility: VI. Nitrification. 16:55—68, 1923.

THE MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RED SOILS

(I) THE MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF THE HILLY RED SOILS DERIVED FROM QUATERNARY RED CLAY OF CHÜHSIEN, WESTERN CHEKIANG

CHIEN TSE-SHU, HO FU-HENG, FENG HSIAO-SAN,

LIU SU-YUN AND CHEN PEN-CHU

(Agricultural University of Chekiang and Agricultural Academy of Chekiang)

(Summary)

Red soils derived from quaternary red clay occur on the hilly land of Chühsien, western Chekiang. The soils have been cultivated for a long time, and their fertility was definitely improved as the cultivation went on. Four samples of these soils of different fertility, varying in accordance with their history of cultivation, were used in this study, and the microbial population, rate of nitrification and cellulose decomposition, and the respiratory capacity of these soils were analysed 4 times annually. The results were summarized as following:

1. The abundance of soil microorganisms increased with the improvement of soil fertility. Among the microbial population, bacteria is the most abundant organism in all soils. The number of bacteria is relatively higher in more fertile soil, while the relative number of fungi is decreased as the cultivation went on.

The abundance of aerobic cellulose decomposing organisms, the nitrifying bacteria and aerobic nitrogen fixing bacteria are also positively correlated with soil fertility.

2. The respiratory capacity, measured with Warburg apparatus, also increased with the improvement of soil fertility.

3. The rate of nitrification is very different in the tested soil samples. To those having higher fertility, 90% of the added ammonium was oxidized into nitrate within 1 week, and the process of nitrification was completed in 3 weeks. But a delayed nitrify-

ing process was happened in virgin soil, only 20% of the ammonium was transformed into nitrate after 5 weeks.

4. The cellulose decomposing capacity of these soils, as measured by embedding cloth method, also showed good correlation to soil fertility. In the most fertile soil about 45—67% of the dry weight of the embedded cloth were lost within 1 month. But in the case of virgin soil, only 1.44—8.50% were lost.

Using the soil particle inoculation method, it showed that the presence of cellulose decomposing microorganisms in most fertile soil was as high as 100% (mostly bacteria), while in virgin soil, there were only 8.75—62.50% (mostly fungi).

5. The isolation of *Azotobacter chroococcum* and *Beijerinck* sp. by plaque method, soil particle method and enrichment method was achieved only from the fertile cultivated soils. However, *Clostridium pasteurianum* was found in all soil samples. Survival of the inoculated *Azot. chroococcum* in different samples varied with the soil fertility. They sustained longer in cultivated fertile soils.

These findings showed clearly that the fertility of red soils is characterized by some of the microbiological properties.