

福建山区土壤有机质的微域分布*

郭成达

(福建师范大学地理系)

福建多山,山地和丘陵面积占全省土地总面积80%左右。境内山岭耸峙,丘陵广布,河谷、盆地错落。

本省属亚热带湿润气候。相应的地带性土壤是红壤、黄壤和砖红壤性红壤。由于受地方性中小地形、水文母质和人为耕作等因素的影响,因此在土壤广域分布规律的基础上,尚存在一系列的土壤中域和微域分布,其中土壤微域分布又多系原分布于丘陵山间盆谷或丘陵河谷平原的枝状土壤组合,经人为改造地形、修筑梯田和种植作物后发展而来的梯田式土壤复域。其土壤类型从丘陵至山间盆谷或河谷平原依次为:红壤或砖红壤性红壤、黄泥田(部分为耕作红壤)、潮泥田等。在山间盆谷和河谷平原的局部低洼处,还多有烂泥田等冷浸田类分布(图1)。

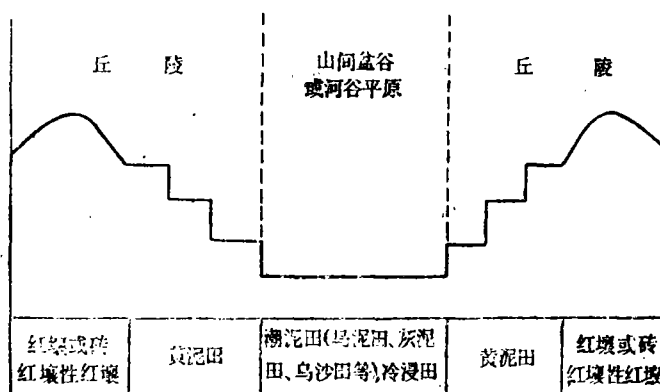


图1 丘陵山间盆谷或丘陵河谷平原梯田式土壤复域示意图

已有资料证明,土壤腐殖质的组成和特性具有明显的地带性分布规律。本工作拟通过对本省山区梯田式土壤复域各类土壤腐殖质的研究,以探讨其在广域分布规律基础上的微域变化特点,为进一步认识地方性土壤的发生、分类、特性及其改良利用提供参考资料。

一、供试土样和测定方法

供试土样分别采自本省不同地区山地丘陵地带一些有代表性的梯田式土壤复域。各类土壤利用现状如表1。土壤腐殖质组成测定用焦磷酸钠提取法;胡敏酸光密度以液层厚度1厘米、碳浓度0.136克碳/升进行测定(E_{465} 值为波长465m μ 的消光值, E_{665} 值为波长665m μ 的消光值);游离态铁、无定形铁和络合态铁分别用连二硫酸钠提取法、草酸铵缓冲液提取法和焦磷酸钠

* 本文承蒙朱鹤健教授审阅指正。顺昌县农业技术中心许华顺同志、平和县农业局刘少唐、徐景荣同志协助野外采样。章克同志帮助绘图。特此一并致谢。

提取法测定^[1,2]。其他项目均以常规法测定。

表 1 供试土壤的土地利用现状

地 点	梯田式土壤复域	土 地 利 用 现 状
顺昌县 城 东	红 壤 黄 泥 田 青底潮泥田 烂 泥 田	马尾松、芒箕骨、茅草和灌丛等 单季稻, 年产每亩500—600斤 双季稻, 年产每亩1000—1500斤 单季稻, 年产每亩400—500斤
福州市 北 峰	红 壤 黄 泥 田 青底潮泥田 烂 泥 田	稀疏马尾松、芒箕骨、灌丛等 单季稻, 年产每亩500—600斤 双季稻, 年产每亩1300—1600斤 单季稻, 年产每亩400—500斤
德化县 寻 中	红 壤 黄 泥 田 潮 泥 田 烂 泥 田	稀疏马尾松、芒箕骨、灌丛等 双季稻 双季稻一小麦(或绿肥), 多年实行水稻、蔬菜轮作 单季稻
平和县 西 林	砖红壤性红壤 黄 泥 田 潮 泥 田 烂 泥 田	稀疏马尾松、人工杉、芒箕骨、油茶、灌丛等 双季稻, 年产每亩850斤 双季稻一小麦(或绿肥), 年产每亩1500斤 双季稻, 年产每亩800斤

二、结果和讨论

(一)土壤有机质和氮素含量的微域变化

从表 2 可见, 梯田式土壤复域中的不同土壤其有机质和氮的含量是不相同的。红壤或砖红壤性红壤表层有机质含量主要因植被状况不同而异。在自然植被保存较好的情况下, 表层土壤有机质含量相对较高。红壤垦殖为黄泥田后, 特别是在有机肥施用量较少和熟化度较低的情况下, 其表层有机质含量一般都有较明显的下降。在同一复域中, 从黄泥田经潮泥田到烂泥田, 耕层有机质含量又依次增加。土壤氮素含量变化一般随有机质含量的增减而增减, 但 C/N 比率又因土壤不同而异, 从总的变化趋势看, 红壤、砖红壤性红壤和烂泥田的 C/N 比相对较宽, 潮泥田次之, 黄泥田最窄。

(二)梯田式土壤复域腐殖质的一般特性及其微域变异

1. 土壤腐殖质的一般特性。从表 3 可见, 由于本省地处亚热带, 因此复域中各类土壤, 无论是自然土壤或耕作土壤, 其腐殖质的组成和特性均表现一定的地带性特点, 即在腐殖质的组成中, 富里酸占显著优势, 表层土壤富里酸碳含量可占有机碳总量的 11.4—35.5%, 而胡敏酸碳含量仅占 2.40—13.1%。因此表征土壤腐殖质组成复杂度的 H/F (胡敏酸碳/富里酸碳, 下同) 比值均小于 1.0, 多数小于 0.5, 并随土层的加深而降低。本区胡敏酸的 E_4 值多在 1.0 左右, E_4/E_6 值多在 4.5—6.5 之间, 表明其芳化度较低, 分子量较小。此外, 各类土壤表层不溶性腐殖碳残渣均较高, 可占有机碳总量 60—80%, 一般也随土层的加深而递降。

2. 土壤腐殖质组成和特性的微域变异。测定结果表明(表 3), 梯田式土壤复域各类土壤的腐殖质组成和特性既有地带性的共同特点, 又有一定的微域变异规律。水田土壤腐殖质的组成一般较自然红壤复杂, 而且这一特性又随土壤淹水时间的增长而表现更加明显。因而在

表 2

梯田式土壤复域有机质、氮的含量和C/N比的变化

地 点	地貌类型组合	梯田式土壤复域	有机碳(%)	全 氮 (%)	C/N
顺昌县 城 东	丘陵山间盆地	红 壤	4.00	0.284	14.1
		黄 泥 田	1.54	0.172	8.9
		青底潮泥田	2.69	0.215	12.5
		烂 泥 田	4.30	0.304	14.1
福州市 北 峰		红 壤	2.84	0.257	9.7
		黄 泥 田	1.80	0.196	9.2
		青底潮泥田	2.37	0.205	11.6
		烂 泥 田	2.80	0.234	12.0
德化县 寻 中		红 壤	1.82	0.104	15.6
		黄 泥 田	1.14	0.102	11.2
		潮 泥 田	1.83	0.176	10.4
		烂 泥 田	2.16	0.203	10.6
平和县 西 林	丘陵河谷平原	砖红壤性红壤	2.09	0.190	11.0
		黄 泥 田	1.53	0.176	8.7
		潮 泥 田	1.54	0.158	9.8
		烂 泥 田	2.60	0.211	12.3

表 3-a

土壤腐殖质的组成和特性

地 点	地貌 类型 组合	梯田式 土壤复域	发生 层次	pH	有机碳 (%)	腐殖酸碳	胡敏酸碳	富里酸碳	胡敏酸碳	残渣 (占有机 碳总量 %)	胡敏酸光密度	
						(H+F, 占有机碳 总量%)	(H, 占 有机碳总 量%)	(F, 占 有机碳总 量%)	富里酸碳 (H/F)		E ₄	E ₄ /E ₆
顺昌县 城 东	丘陵山间盆地	红 壤	Ah	4.5	4.00	35.0	6.75	28.3	0.24	65.0	1.50	3.95
			AhB	—	1.10	46.8	2.82	44.0	0.06	53.2	—	—
			B	—	0.70	84.7	2.14	82.6	0.03	15.3	—	—
		黄泥田	A	5.5	1.54	31.9	7.72	24.2	0.32	68.1	1.02	4.80
			P	—	1.35	32.1	8.07	24.0	0.34	67.9	—	—
			W	—	0.64	36.4	6.41	30.0	0.21	63.6	—	—
			G	—	0.43	44.9	5.58	39.3	0.14	55.1	—	—
		青底潮泥田	A	5.0	2.69	25.2	9.00	16.2	0.56	74.8	0.98	5.31
			P	—	2.12	25.1	7.36	17.7	0.42	74.9	—	—
			W	—	1.58	25.2	5.70	19.5	0.29	74.8	—	—
			G	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		烂泥田	AG	4.6	4.30	18.7	7.30	11.4	0.64	81.3	0.92	7.36
			G	—	3.68	22.6	8.28	14.3	0.58	77.4	—	—
福州市 北 峰	丘陵山间盆地	红 壤	Ah	4.5	2.84	42.4	5.85	86.4	0.16	57.6	0.96	6.86
		黄泥田	A	5.0	1.80	38.7	7.72	31.0	0.25	61.3	1.05	5.68
		青底潮泥田	A	5.5	2.37	33.3	9.45	23.9	0.40	66.7	0.91	5.35
		烂泥田	AG	7.0	2.80	33.5	6.68	16.8	0.40	76.5	0.80	6.40

表 3—b

土壤腐殖质组成和特性

地 点	地貌 类型 组合	梯田式 土壤复域	发生 层次	pH	有机碳 (%)	腐殖酸碳	胡敏酸碳	富里酸碳	胡敏酸碳	残 渣	胡敏酸光密度	
						(H + F, 占有机碳 总量%)	(H, 占有 机碳总量 %)	(F, 占有 机碳总量 %)	富里酸碳 (H/F)	(占有有机 碳总量 %)	E ₄	E ₄ /E ₆
德化县 寻中	丘陵河谷平原	红壤	Ah	5.0	1.62	41.8	4.26	37.5	0.11	58.2	0.73	6.07
			B	—	1.08	45.3	1.85	43.4	0.04	54.7	—	—
		黄泥田	A	5.3	1.14	39.9	10.8	29.1	0.37	60.1	0.67	5.03
			P	—	0.77	45.8	8.57	31.3	0.23	54.2	—	—
			W	—	0.51	47.5	7.84	39.6	0.20	52.5	—	—
			C	—	0.37	49.5	9.73	39.7	0.24	50.5	—	—
		潮泥田	A	5.8	1.83	32.3	13.1	19.2	0.68	67.7	1.25	4.63
			P	—	1.46	34.3	14.3	19.9	0.71	65.7	—	—
			W	—	0.52	38.3	14.2	24.0	0.59	61.7	—	—
			WG	—	0.28	42.1	6.43	35.7	0.18	57.9	—	—
			G	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		烂泥田	AG	5.4	2.16	30.0	7.50	24.5	0.33	70.0	0.65	6.60
			G	—	1.98	31.8	7.88	23.9	0.33	68.2	—	—
	丘陵河谷平原	砖红壤性红壤	Ah	5.0	2.09	39.7	3.49	36.2	0.10	60.3	0.85	7.39
			B	—	0.76	50.4	1.45	48.9	0.03	49.6	—	—
		黄泥田	A	5.2	1.53	37.4	8.37	29.0	0.29	62.6	0.80	6.35
			P	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			W	—	1.02	38.4	6.96	31.5	0.22	61.6	—	—
			C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		潮泥田	A	5.5	1.54	31.3	7.27	24.0	0.30	68.7	1.00	5.13
			P	—	1.40	33.5	6.93	26.6	0.26	66.5	—	—
			W	—	0.51	37.8	3.52	34.3	0.10	62.2	—	—
			G	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平和县 西林	丘陵河谷平原	烂泥田	AG	5.6	2.60	28.4	9.54	18.9	0.50	71.6	0.72	6.85
			G	—	2.73	32.1	8.46	23.6	0.36	67.9	—	—

同一复域中，从红壤或砖红壤性红壤经黄泥田、潮泥田到烂泥田，H/F比值依次增加，此与已有的研究结果基本一致^[3]。

一般认为，渍水条件虽有利于胡敏酸的形成，却不利于其分子的进一步增大和复杂化，因此同一地区，水田土壤H/F比值虽较相应的自然土壤或旱地大，而胡敏酸的分子和芳化度却均较小^[3]。但从我们的初步测定结果却未能完全证实这一点，这有待进一步研究。然而某些证据表明，水田土壤胡敏酸的芳化度和分子量的大小除与渍水条件有关外，还受成土的水文母质条件、土地利用方式和土壤本身的某些性质(如pH值、胶体的性质和数量等)等的影响。黄泥田分布于丘陵坡地，起源于地带性红壤或砖红壤性红壤，土壤熟化度大多较低、有机质含量较少、酸性强，因此在水耕条件下，不利于其腐殖质分子的缩合，表现其胡敏酸的E₄值较相应的自然红壤或砖红壤性红壤低，E₄/E₆值则较大。潮泥田起源于地带性草甸土

或直接发育于冲积母质上，其土壤腐殖质的组成与特性同样也受地方性自然条件和耕作条件的影响。如分布于山间盆谷的潮泥田，由于所处的地形较狭窄（多属山垅田类）、水热条件差，排水不良，土水温低、特别是许多田块常年有“浸冬”现象，致使土壤多产生“次生潜育”作用而形成青底潮泥田，此类土壤腐殖质的H/F比值虽较同一复域中的黄泥田大，但其胡敏酸的芳化度却较小，表现为 E_4 值较小，而 E_4/E_6 值较大；分布于河谷平原的潮泥田，由于所处的地形较开阔，水热条件较好，土壤水分状况多属良水型，而且离居民点近，耕作水平较高，在土地利用上多实行水旱轮作制，如德化县寻中的潮泥田，多年实行水稻、蔬菜轮作。随着土壤熟化度的提高，其有机质含量的增加，粘粒中有机胶体数量提高，土壤酸度下降。所有这些条件可能既有利于胡敏酸的积累，也有利于其分子的进一步复杂化。因此，这类潮泥田不但其腐殖物质的H/F比值较同一复域中的黄泥田、红壤大，而且胡敏酸的芳化度也较高，表现为 E_4 值较大， E_4/E_6 值较小。至于烂泥田，由于土壤长期终年渍水、土水温低，因此其胡敏酸的 E_4 值最小， E_4/E_6 值最大，即其分子量和芳化度均最小。但从表4可以看出，烂泥田干化后（开沟排水改良），其胡敏酸的 E_4 值提高， E_4/E_6 值下降。黄泥田进一步熟化为灰黄泥田后，胡敏酸也有类似的变化趋势（表5）。这些也说明，随着水热条件的改善和土壤熟化度的提高，水田土壤腐殖质分子的复杂度也将随之提高。

表4 烂泥田干化前后腐殖质组成的特性的变化(地点：顺昌县)

土 壤	发生层	有机碳 %	H/F	胡敏酸光密度	
				E_4	E_4/E_6
烂泥田	AG	4.30	0.70	0.92	7.36
	G	3.68	0.62	—	—
烂泥田 (干化后)	A	2.85	0.79	0.95	5.93
	WG	3.20	0.80	—	—
	G	3.12	0.66	—	—

表5 黄泥田与灰黄泥田腐殖质组成和特性比较(表层)

地 点	土 壤	有机碳 %	H/F	胡敏酸光密度	
				E_4	E_4/E_6
顺昌县 洋口上风	黄泥田	1.68	0.25	1.24	4.77
	灰黄泥田	1.82	0.32	1.37	4.52
顺昌县 城 东	黄泥田	1.54	0.30	1.02	4.80
	灰黄泥田	1.68	0.39	1.15	4.34
福 州 北 峰	黄泥田	1.80	0.25	1.05	5.86
	灰黄泥田	1.90	0.31	1.13	5.51

总之，从本研究的初步结果表明，本省山区梯田式土壤复域腐殖质组成和特性的微域变化有两种基本形式：一是地貌类型组合为丘陵山间盆谷的，从红壤或砖红壤性红壤经黄泥田、青底潮泥田到烂泥田，表层土壤腐殖质的组成逐渐趋向复杂，而胡敏酸的分子则逐渐趋向简单；另一是地貌类型组合为丘陵河谷平原的，从红壤或砖红壤性红壤经黄泥田、潮泥田到烂泥田，表层土壤腐殖质的组成大体也逐渐趋向复杂，但胡敏酸分子的复杂度则以潮泥田为最高，其下依次为红壤、黄泥田和烂泥田。

(三)有机质的微域变异与土壤中铁迁移的关系

热带、亚热带土壤的发生和性状与土壤中铁的移动、淀积有密切关系，而铁在土壤中的迁移转化又受土壤有机质状况、水分条件、pH、Eh和氧化铁的本身属性(如表面性质等)等因素的共同制约，特别是有机质，除其本身的直接作用外，还能通过改变土壤的pH、Eh等而对铁的移动、积累产生积极的影响。从表6可以看出，梯田式土壤复域中的不同土壤其游离铁的含量、形态及其在剖面中的分异均与腐殖质和水分状况等有一定关系。红壤腐殖质含

量较高, H/F比值最小; 与同一复域中的其他土壤比较, 其游离氧化铁的含量最高, 而且大部分呈结晶态, 无定形铁(包括络合态铁)的含量则最少, 因而其氧化铁的活化度也最低, 同时不同形态铁含量的剖面变异也最小。从Ah层到B层, 随有机质含量的降低, 游离铁含量略增, 络合态铁略减。红壤垦殖为黄泥田后, 由于上层土壤的季节性淹水, 在还原条件下产生铁的淋溶淀积, 使表层游离铁含量较红壤有较明显的下降, 但无定形铁的含量则相对提高, 因而氧化铁的活度也较大。随土层的加深和有机质含量的降低, 游离态铁逐渐增加, 无定形铁逐渐减少, 因而氧化铁的活度也逐渐降低。潮泥田由于有机质含量较高和一年中淹水的时间较长, 使土壤表层游离铁和无定形铁均较黄泥田低(但络合态铁却较高), 特别是游离态铁下降更明显, 因此潮泥田氧化铁的活化度又较黄泥田高。从剖面分异看, 潮泥田的游离态铁和无定形铁均以潜育层(W)为最高, 这可能是由于其田面的季节性淹水和地下水的季节性升降所引起铁较多地向此层移动淀积以及在干湿交替下所引起氧化铁的老化与活化频繁变化有关。至于烂泥田, 由于长期终年渍水, 结果一方面使铁的移动淀积较微弱, 因而不同形态铁含量的剖面分异很小, 另一方面在含有多量有机质和强烈还原条件下, 虽其游离态铁的含量较高, 但大量是以无定形铁和络合态铁的形态存在, 因而氧化铁的活度最大, 可高达80%左右。

表 6 梯田式复域土壤游离铁的形态及其含量(地点: 德化县寻中)

土 壤	发生层	有 机 碳 (%)	腐殖酸碳(H+F, 占有机碳总量 %)	H/F	游离氧化铁 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\%$)	无定形 氧化铁 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\%$)	络合态铁 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\%$)	氧化铁活化度 (无定形铁 游离铁)
红 壤	Ah	1.62	44.7	0.11	2.64	0.25	0.044	0.095
	B	1.08	45.3	0.04	2.97	0.25	0.028	0.090
黄泥田	A	1.14	39.9	0.37	1.58	0.34	0.070	0.215
	P	0.77	45.8	0.23	1.76	0.29	0.029	0.164
	W	0.51	47.5	0.20	2.00	0.26	0.017	0.130
	C	0.37	49.5	0.24	2.10	0.18	0.010	0.086
潮泥田	A	1.83	32.3	0.68	0.96	0.27	0.083	0.281
	P	1.46	34.3	0.71	1.06	0.27	0.105	0.254
	W	0.52	38.3	0.59	1.55	0.38	0.029	0.245
	WG	0.28	42.1	0.18	1.27	0.17	0.011	0.134
烂泥田	AG	2.16	30.0	0.33	1.73	1.35	0.254	0.780
	G	1.98	31.8	0.33	1.54	1.31	0.188	0.850

综上所述, 分布于福建山地丘陵地区的梯田式土壤复域中的不同土壤, 其有机质含量、组成和特性在地带性分布规律的基础上尚存在一定的微域变异特点。土壤有机质的微域分布主要是受地方性中小地形、水文母质和人为耕作措施等因素的综合影响, 因此它是反映地方性土壤肥力和发生学的重要特征之一。土壤中铁的移动和淀积过程对热带、亚热带土壤的发生和性状有重要影响, 根据梯田式土壤复域中不同土壤中铁的形态、含量及其在剖面中的分异均与土壤有机质状况有一定的关系, 可以进一步说明研究土壤有机质的微域分布规律对于认识地方性土壤的发生、分类和性质都具有一定的意义。

(下转第136页)

活性也最高,几乎为R的两倍,处理C和M由于外界根瘤感染,也结少量根瘤,但固氮酶活性很低(表4)。

三、讨 论

用分期收割的方法,研究了三叶草的产量、养分含量和根瘤发育与VAM感染率之间的关系。上述各参数与两种土壤的性质关系不大。

试验1和2的结果表明,由于根瘤菌感染早,VAM感染晚,生长2个月时,三叶草的产量以R和RM为高,说明根瘤生长是产量增加的原因;生长3个月时,产量顺序为 $RM > M > R > C$,说明菌根的共生促进了三叶草增产;生长4个月时,产量顺序为 $RM > M > R \approx C$,说明菌根单独接种也能增加三叶草产量,单接种根瘤菌而无菌根共生,在后期无增产作用,只有根瘤菌和菌根双接种才能自始至终保持高产。

国外有些报道认为:在缺磷的土壤上,如果没有菌根感染,接种根瘤菌是徒然的^[5]。我们的实验表明,在这种条件下,单接种根瘤菌,对三叶草生长前期还能起到增产作用。这是由于植株在幼小时,对土壤磷素需求量不大,故根瘤菌能暂时发挥作用;其次,某些根瘤菌能适应低磷条件。B. Mosse(1977)报道过:她曾发现在一种对磷有固定作用的土壤中,只含土著根瘤菌,且无菌根,但植株生长、结瘤、固氮都很好,认为可能是这种土著根瘤菌能较好地适应低磷条件^[1]。我们所用的根瘤菌株 *Rh. trifolium* 174 正是从低磷土壤中分离到的,它可能是一种能适应低磷条件的菌株。但尽管如此,它的固氮效能,只有在VAM存在时,才能更好地发挥。

参 考 文 献

- [1] B. Mosse, Exploiting the legume-rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Miscellaneous publication, 275—292, 1977.
- [2] B. Mosse, C. L. Powell & D. S. Hayman, New phytol, 76: 331—342, 1976.
- [3] C. Azcon et al., Nature, 279: 325—327, 1979.
- [4] D. S. Hayman & B. Mosse, New phytol, 71: 41—47, 1972.
- [5] J. M. Barca, plant and Soil, 54: 283—296, 1980.
- [6] 程桂芬, 农药对土壤微生物生态的研究. 中国环境科学, 5(1): 21—24, 1985.

(上接第131页)

参 考 文 献

- [1] 何群、陈家坊:土壤游离铁和络合态铁的测定,土壤,第15卷第6期,242—244页,1983.
- [2] 许祖诒、陈家坊:土壤中无定形氧化铁的测定,土壤通报,第6期,32—35页,1980.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所:中国土壤,299—310页,科学出版社,1978.