

广州地区土壤中植物残体的分解速率*

林心雄 文启孝 徐宁

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文用砂滤管法研究了包括各种作物、绿肥和水生绿肥在内的植物残体,在广州和无锡的水稻田和旱地中的分解速率。广州与无锡两地的年均温相差 6.4°C ,年降水量相差 550mm ,当供试土壤相同时,同一植物残体在广州的分解速率显著地较在无锡的为大。但同一植物残体在广州红壤介质中(pH : 4.60;粘粒: 44.0%)的分解速率,与在无锡黄棕壤介质中(pH : 7.72;粘粒: 34.5%)的分解速率很相近似。

看来,植物残体在亚热带和热带土壤中的分解速率,由于土壤性质的影响,并不一定要比北亚热带土壤中的快。

了解植物残体在土壤中的分解速率,对于评价它们在保持和提高土壤有机质含量中的贡献,以及制订合理的轮作施肥制度,具有重要的意义。热带和亚热带土壤开垦后有机质含量常迅速下降,一些研究者^[4]认为,这是由于该地区温度较高,从而有机物质的分解速率较快。Jenny 在研究土壤形成诸因素中指出,年均温每降低 10°C ,有机质含量将增加2—3倍。Jenkinson 等用 ^{14}C 标记的黑麦草进行的田间腐解试验结果也支持这一论点。根据 Jenkinson^[7]等的资料,尼日利亚年均温比洛桑试验站高 17.2°C ,该地区黑麦草的分解速率约为洛桑试验站的4倍。但另一些研究者^[9]则认为,热带地区土壤中有机物质的分解速率与温带的相近,前者开垦后土壤有机质含量迅速下降主要是由于侵蚀所致。Sauerbeck 等^[6]对 ^{14}C 标记的小麦秆分解速率的研究结果也表明,尽管哥斯达黎加的年均温较西德的高许多(前者地处热带,后者年均温为 9°C ,年降水量为 600毫米),但小麦秆在哥斯达黎加不同土壤中分解一年后的残留碳量(在23—36%之间),并不比在西德土壤中少很多。为了了解我国亚热带南部地区土壤中植物残体的分解速率,1978年起我们在广州进行了田间条件下的腐解试验;与此同时,在无锡也进行了相应的试验,借以了解气候条件对植物残体分解速率的影响。试验现仍在进行中。本文报告的是1978—1981年的部分结果。

一、材料与方 法

1. 物料 选用南方水稻区几种常用作有机肥料的植物残体作为供试物料,其中包括稻草、青草、田菁和各种冬绿肥(紫云英、蚕豆秆、萝卜菜和大麦青)以及水生绿肥(水葫芦、绿萍)。各植物物料的采集时间均按生产上的施用季节而定。例如,紫云英在其盛花

* 广州的田间试验是在华南植物所屠梦照同志的大力协助下进行的,特此致谢。参加本项工作的还有吴顺龄和程励励同志。

期时采集。稻草在水稻收割时采集等。样品在低温下(50℃)烘干,磨细过40孔筛后备用。各植物物料的化学组成见表1。

表1 供试物料的 C/N 和化学组成(单位:占无灰干物重%)

Table 1 C/N and chemical composition of plant materials used in experiment
(% of ashless dry matter)

物料 Material	C/N	苯醇溶性物 Org. solv. sol. fraction	水溶性物 Hot water sol. fraction	半纤维素 Hemicellulose	纤维素 Cellulose	木质素 Lignin	蛋白质 Crude protein
绿萍	9.43	11.4	17.6	6.49	8.23	24.6	22.6
水葫芦	9.97	7.92	16.3	16.0	18.2	10.2	19.1
紫云英	13.5	16.2	27.1	8.10	16.9	8.24	13.1
蚕豆秆	14.9	10.8	28.4	8.36	14.6	10.2	14.8
田菁	16.4	9.55	13.5	12.3	24.6	14.7	14.1
萝卜菜	19.0	12.6	17.9	11.5	22.6	10.5	12.4
青草	20.7	12.6	21.7	15.5	18.9	10.2	11.8
大麦青	24.0	7.30	18.8	20.0	26.0	10.1	8.19
稻草	48.5	4.03	13.1	28.3	28.3	10.7	5.16

供试土壤为有机质含量极低的红壤和黄棕壤的底土(pH值分别为4.6和7.7)。土样经挑根、磨细过20孔筛后备用。

2. 腐解试验 用砂滤管法测定植物残体在田间条件下的分解速率^[1]。腐解试验共两组,均分别在广州(年均温21.8℃,年降水量1623毫米)和无锡(年均温15.4℃,年降水量1072毫米)两地的水稻田和旱地土壤中同时进行。

第一组试验的目的是了解植物残体及其新形成的腐殖质的分解速率。植物残体的加量为2.5%(以干土重为基数计,下同),根据试验设计要求,不同处理重复6—27次,供以后定期取样测定用。各处理取样次数不等(2—9次),每次取出三个管子。

本组试验后因鉴于植物残体的加入量较少,影响后期采集样品的测定精度,乃于1980年另行布置。在新布置的这组试验中,凡在腐解开始后两年内采样的,植物残体的加入量改为4%;两年以上的其加量增为8%。在广州试验的供试土壤为红壤底土,在无锡试验的为黄棕壤底土。

第二组试验和第一组试验结合进行,目的是了解土壤性质和气候条件对分解速率的影响。即在广州的试验中,除用红壤底土作介质外,同时也用黄棕壤底土作为介质;在无锡的试验中,除用黄棕壤底土作介质外,增加了用红壤底土作介质的处理。

为避免红壤底土过酸的影响,凡供试土壤为红壤底土的各处理中,均加有0.5%的CaCO₃(以干土重为基数计)。

根据试验设计要求,在试验开始后的不同时期,分别从广州和无锡两地的水稻田和旱地土壤中取出相应处理的砂滤管,经低温(50℃)烘干后,取出管内的供试样品,后者经磨细过60孔筛后供分析用。

3. 分析方法 植物物料的化学组成用Waksman近似系统分析法测定;有机碳用丘林法测定。

二、结果与讨论

1. 材料的化学组成对分解速率的影响 由图 1 可见, 同一植物残体在广州和无锡两地的分解进程基本相似, 无论是水田或旱地条件下都是如此。但化学组成不同的植物残体, 无论在广州或在无锡, 在分解的最初三个月内, 其分解速率显现出明显的差异, 这种差异尽管随着时间的推移而有所缩小, 但直至腐解三年后仍然十分显著 (表 2)。已经知道^[2], 在苏南地区条件下, 紫云英、稻草等分解 1—2 年后, 未分解和半分解的植物残体已极少至无。可见, 紫云英、稻草、青草等分解三年后残留碳量的不同, 反映了不同化学组成的植物残体所形成的腐殖物质数量上的差异。

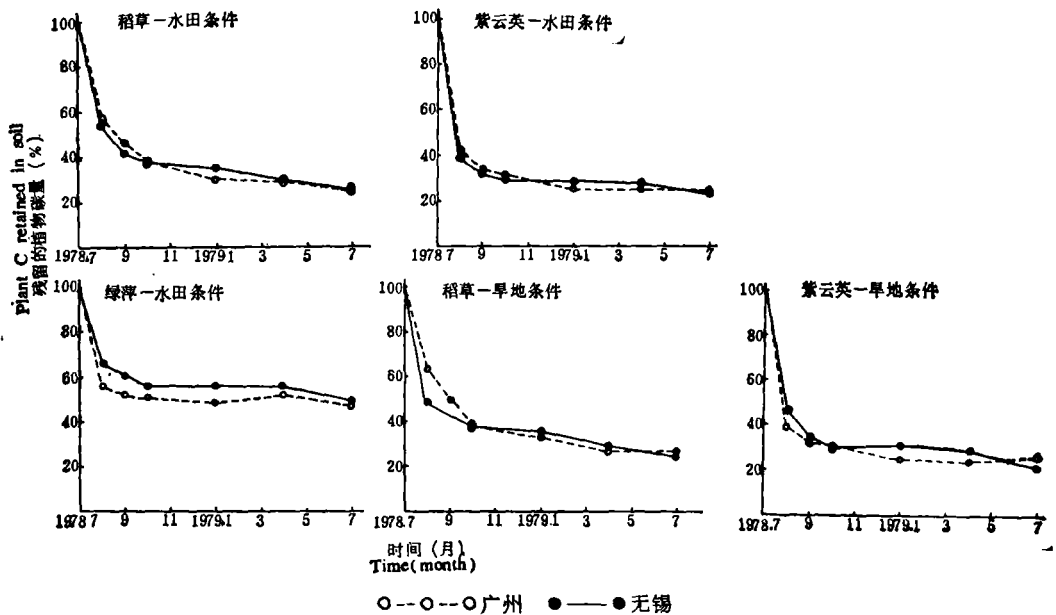


图 1 植物残体在广州、无锡两地土壤中的分解过程(1978—1979)

Fig. 1 Process of decomposition of plant residue in soils of Guangzhou and Wuxi

通常以腐殖化系数作为植物残体在形成土壤有机质中贡献大小的指标。在广州和无锡水稻土上所进行的腐解试验结果表明, 在各供试物料中均以紫云英的腐殖化系数为最低; 绿萍的腐殖化系数为最高 (表 3)。相关分析表明, 无论在广州或是无锡, 也无论是腐解一年后的残留碳量或腐解二年后的残留碳量, 它们均与植物残体的木质素含量呈极显著相关, 而与物料的含 N 量或水溶性物质的含量无相关性 (表 4)。这与我们^[2]以前在无锡所得到的结果是一致的。需要提到的是, 本试验中所用的植物残体与我们以前的试验中所用的并非同一样品, 因此它们在化学组成上也略有差异, 本试验中各物料的腐殖化系数与前一试验中同一名称的物料的腐殖化系数不同, 部分原因即在此。

图 2 系根据表 2 中部分结果制成。由图可见, 在广州红壤性水稻土中稻草和绿萍的新形成的腐殖质和较难分解组分的半减期($t_{1/2}$)分别为 6.0 年和 9.9 年; 分解速率(r 值)分

表 2 植物残体在广州、无锡两地土壤中腐解不同时期后的残留碳量(1978—1981)

Table 2 Plant C retained in soils in Guangzhou and Wuxi after different duration of decomposition

物 料 Material	残留碳量 (克/每克植物碳) C retained in soil (g/per g plant C)			
	广 州		无 锡	
	水 田 Under submerged condition	旱 地 Under upland condition	水 田 Under submerged condition	旱 地 Under upland condition
腐解一年后 After decomposition for 1 yr.				
紫云英	0.24	0.27	0.25	0.23
稻 草	0.26	0.27	0.25	0.25
青 草	0.28	0.27	0.27	0.28
绿 萍	0.49	—	0.51	—
腐解二年后 After decomposition for 2 yr.				
紫云英	0.22	0.20	0.19	0.16
稻 草	0.22	0.19	0.21	0.19
青 草	0.25	0.22	0.21	0.20
绿 萍	0.48	—	0.41	—
腐解三年后 After decomposition for 3 yr.				
紫云英	0.21	0.16	0.17	0.16
稻 草	0.20	0.18	0.19	0.18
青 草	0.24	0.19	0.20	0.20
绿 萍	0.42	—	0.43	—

表 3 不同植物残体在广州和无锡水田条件下的残留碳量

(克/每克植物碳, 1978—1982)

Table 3 Plant C retained in soil under submerged condition in Guangzhou and Wuxi

物 料 Material	广 州		无 锡		两地腐殖化系数差值的 显著性测定 t-test of the difference of humification coefficient $t_{0.05} = 4.30$
	一年后 After 1 yr.	二年后 After 2 yr.	一年后 After 1 yr.	二年后 After 2 yr.	
蚕豆秆	0.21	0.24	0.20	0.19	1.72
紫云英*	0.25	0.20	0.25	0.18	0.00
稻草*	0.26	0.20	0.25	0.18	1.23
大麦青	0.28	0.25	—	—	—
水葫芦	0.28	0.25	0.23	0.20	8.62
青草	0.28	0.25	0.27	0.20	1.23
萝卜菜	0.31	0.28	—	—	—
草木樨*	0.31	0.25	0.30	0.22	1.23
出菁*	0.33	0.29	0.32	0.25	1.23
绿萍	0.49	0.48	0.52	0.42	1.25

* 物料加量为 4%。

表 4 植物残体的化学组成与其残留碳量的相关性(r 值, $n = 8$)Table 4. Correlation coefficient (r) between C retained in soil and chemical composition of plant materials

化学组成(%) Chemical constituent	广 州		无 锡	
	一年后 After 1 yr.	二年后 After 2 yr.	一年后 After 1 yr.	二年后 After 2 yr.
N	0.464	0.561	0.423	0.528
水溶性物	-0.426	-0.226	-0.331	-0.263
木质素	0.953**	0.976**	0.958**	0.988**

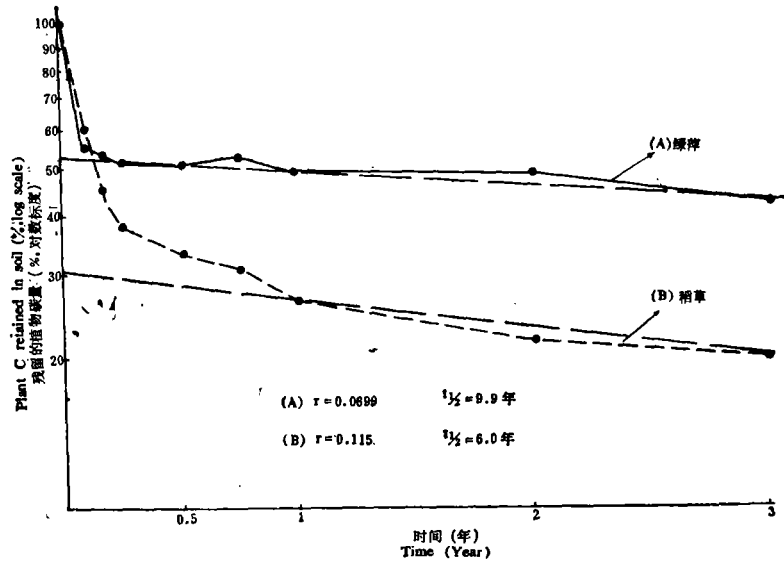
** $P < 0.01$.

图 2 植物残体在广州田间条件下的分解速率

Fig. 2 Rate of decomposition of plant residue under field conditions (Guangzhou)

别为 0.115 和 0.0699。根据无锡测得的结果, 稻草和绿萍的新形成的腐殖质和较难分解组分的 $t_{1/2}$ 分别为 5.8 年和 8.3 年; r 值分别为 0.120 和 0.084。可见, 化学组成不同的植物残体, 不但腐殖化系数不同, 且其新形成的腐殖质和较难分解组分的半减期也各异。

2. 土壤性质对分解速率的影响 由表 3 可见, 尽管广州和无锡两地的年均温相差 6.4°C , 全年积温相差 2757°C (广州的积温值 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 为 7683°C ; 无锡的仅为 4926°C), 但同一植物残体在两地水稻田中的分解速率却很相近似。在供试的八种物料中, 有七种在两地所测得的腐殖化系数值没有什么差异; 水葫芦的腐殖化系数在广州的测定值甚至反较无锡的大。林心雄等在用玻璃丝袋法研究植物残体在不同气候条件下的土壤中的分解速率时也曾观察到, 较难分解的物料, 如橡胶树叶 (木质素含量 41.1%) 和芒箕 (木质素含量 37.3%), 在海南岛那大 (年均温 23.2°C ; 年降水量 1758 毫米) 的分解速率较在南京 (年均温 15.4°C ; 年降水量 1013 毫米) 的显著地大; 但易分解的物料, 如飞机草 (木质素含量 16.7%) 的分解速率则相反 (表 5)。

表 5 植物残体在海南岛那大与南京两地土壤中分解不同时期后的失重*
(%,以无灰干物计)

Table 5 Loss of wt. of plant material after 45-360 days decomposition in soils of Nada (Hainan island) and Nanjing, % of ashless dry matter

腐解天数 (days) Duration of decomposition	飞机草 Weeds		橡胶叶 Leaves of rubber tree		芒 箕 Dicrenoteris	
	那 大	南 京	那 大	南 京	那 大	南 京
45	20.9	60.8	28.2	18.5	—	—
180	55.1	68.3	51.9	25.5	39.5	26.8
360	63.8	70.3	78.0	36.9	57.2	30.7

L.S.D._{0.05} = 5.7%; L.S.D._{0.01} = 8.0%

* 林心雄、高坤林、李勋官、毛伯清, 1965: 热带地区不同利用方式下土壤有机质的累积和分解(未发表资料)。

同一植物残体的分解速率除决定于环境的温度、水分条件外, 还受土壤性质的影响。在上述广州和无锡(或那大和南京)所进行的腐解试验中, 除两地气候条件不同外, 土壤性质也差异悬殊。为了明确温度对分解速率的影响, 我们进行了另一组腐解试验, 在这组试验中, 无论在广州或在无锡, 都同时以黄棕壤和红壤作为介质。表 6 列出该组试验的结果, 表明在广州的腐解试验中, 腐解一年后各供试物料均以在黄棕壤中的残留碳量较少(t 值测验均达到 5% 的显著水准); 腐解二年后, 绿萍的残留碳量仍以在黄棕壤中较少(5% 的显著水准); 对紫云英来说, 其在黄棕壤中的残留碳量虽较在红壤中的略少, 但差异不显著; 至于稻草在黄棕壤中的残留碳量, 则与在红壤中的完全相同。在无锡的腐解试验中, 无论是腐解一年或二年后, 各植物残体在两种土壤中的残留碳量虽略有不同, 但差异均不显著。

表 6 土壤性质和气候条件对植物残体分解速率的影响 (1978—1980)

Table 6 Effect of climatic condition and soil properties on the decomposition rate of plant material

物 料 Material	残留碳量(占植物碳加入量的%) C retained in soil, % of plant C added			
	广 州		无 锡	
	红 壤 Red earth	黄棕壤 Yellow-brown earth	红 壤 Red earth	黄棕壤 Yellow-brown earth
腐解一年后 After decomposition for 1 yr.				
紫云英	24.2±0.3	18.7±2.3	27.0±1.0	25.4±2.0
稻 草	26.2±1.7	20.4±0.4	28.5±0.5	25.2±1.8
绿 萍	48.6±4.0	43.1±0.8	49.4±3.1	52.4±0.5
腐解二年后 After decomposition for 2 yr.				
紫云英	22.2±1.0	19.8±1.5	19.7±1.4	18.9±0.4
稻 草	21.5±1.1	21.6±0.3	23.7±2.9	20.5±1.3
绿 萍	47.8±1.2	41.4±0.5	41.5±0.6	41.1±2.2

已经知道, 很多土壤性质(包括 pH 值、粘粒含量和矿物类型等)均会影响有机物质

的分解速率。Jenkinson^[6] 曾指出,在酸性土壤 (pH 3.7) 中,植物残体腐解初期时的分解速率较慢,直至腐解五年后,才看不到土壤酸度的这种影响。质地不同,不但土壤的通气状况可能不同,且对有机物质的吸附将各异。质地较为粘重的土壤,其中植物残体的残留碳量也将较高。本腐解试验中,供试黄棕壤的 pH 值为 7.7,粘粒含量为 34.5%;供试红壤的 pH 值为 4.6,粘粒含量为 44.0%。试验中供试红壤虽加 CaCO_3 中和,但在广州田间条件下,腐解一年后它与物料的混合样的 pH 值已降至 5.4—5.9,二年后更降至 5.2—5.5;在广州田间条件下,腐解一年后黄棕壤与物料混合样的 pH 值变化在 5.9—7.1 之间,二年后降至 5.3—5.5 (表 7)。将在广州、无锡两地黄棕壤、红壤介质 pH 值的变化情况,与其中植物残体的残留碳量进行比较,不难发现,土壤的 pH 值对植物残体的分解有巨大的影响,红壤的低 pH 值是导致其中植物残体分解较慢的原因。

表 7 腐解过程中土壤 pH 值的变化

Table 7 Changes of pH of soils amended with plant material during the period of decomposition

物 料	广 州		无 锡	
	红 壤 Red earth	黄棕壤 Yellow-brown earth	红 壤 Red earth	黄棕壤 Yellow-brown earth
腐解一年后 After decomposition for 1 yr.				
紫云英	5.87	6.22	7.10	7.47
稻 草	5.42	5.94	6.68	7.18
绿 萍	5.78	7.10	6.35	7.75
腐解二年后 After decomposition for 2 yr.				
紫云英	5.47	5.40	7.47	7.73
稻 草	5.15	5.31	7.44	7.72
绿 萍	5.44	5.52	7.33	7.66

3. 温度对分解速率的影响 比较在广州和无锡的同一物料在同一土壤介质中的分解速率,当可获得温度对分解速率的影响的证据。由表 6 可见,在黄棕壤中,腐解一年后各植物残体的残留碳量均以在广州的为低(t 值测验均达到 5% 的显著水准),这与温度高,分解速率相应提高的观念相符合;但腐解二年后,上述差异即不复存在。在红壤中,腐解一年后除紫云英的残留碳量以在广州的较低(5% 的显著水准)外,其余各物料均不显现此种差异;腐解二年后,不但紫云英和稻草的两地的残留碳量差异不显著,而且绿萍的残留碳量反而以在广州的为高。骤看起来,上述结果似乎表明,温度对分解速率的影响因土壤、物料种类和物料的分解阶段等而异,无规律可言。但如果我们把表 6 和表 7 的结果结合起来看,则可以认为,温度对分解速率是有影响的,只是由于在广州水稻田条件下,红壤介质的 pH 值显著低于在无锡水稻田中者, pH 的效应抵销了温度的效应,所以我们看不到温度对分解速率的影响,甚至还出现相反的现象;在黄棕壤介质中,在腐解的第二年,同样也是由于黄棕壤介质的 pH 值显著低于在无锡水稻田条件下者,因而看不到温度的影响。在腐解的第一年,在 pH 值的差异不致对分解速率产生明显的影响时,温度的效应就明显

地显现出来了。关于温度与分解速率的定量关系还有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 林心雄、程励励、徐宁、文启孝, 1981: 田间测定植物残体分解速率的砂滤管法。土壤学报, 第18卷1期, 97—102页。
- [2] 林心雄、程励励、施书莲、文启孝, 1980: 绿肥和藁秆等在苏南地区土壤中的分解特征。土壤学报, 第17卷4期, 319—327页。
- [3] 程励励、文启孝、吴顺龄、徐宁, 1981: 植物物料的化学组成和腐解条件对新形成腐殖质的影响。土壤学报, 第18卷4期, 360—367页。
- [4] Allison, F. E., 1973: Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam London. New York.
- [5] Greenland, D. J, and P. H. Ney., 1959: Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. J. Soil. Sci. 10: 284—299.
- [6] Jenkinson, D. S., 1977: Studies on the decomposition of plant material in soil. V. the effects of plant cover and soil types on the loss of carbon from ¹⁴C labelled ryegrass decomposing under field conditions. J. Soil. Sci. 28: 424—434.
- [7] Jenkinson, D. S. and Ayanda., 1977: Decomposition of ¹⁴C labelled plant material under tropical conditions. Soil. Sci. Soc. Am. J. 41: 912—915.
- [8] Sauerbeck, D. R. and Gonzaley, M. A., 1977: Field decomposition of carbon-14 labelled plant residues in various soils of Federal Republic of Germany and Costa Rica. Soil Organic Matter Studies. Vol. 1: 159—170. IAEA VIENNA.

STUDY ON DECOMPOSITION OF PLANT RESIDUES IN SOILS OF GUANGZHOU AND WUXI

Lin Xinxiong, Wen Qixiao and Xu Ning
(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

Experiments on decomposition of residues of plants including various cereal crops, leguminous and aquatic green manure crops under field conditions were carried out on microplots of paddy soils and upland soils in Guangzhou (southern subtropics) and Wuxi (northern subtropics) respectively. The fraction of originally added plant C retained in soil after the decomposition for 1 or 2 years was, as what has been previously found in the study at southern Jiangsu, correlated positively with the lignin content of plant residue regardless of different environments in which it decomposed, but it was related neither to its nitrogen content nor to its water-soluble substances content.

For a given plant residue, the decomposition pattern in Guangzhou was very similar to that in Wuxi. Moreover, the decomposition rate of plant residue in Guangzhou was as fast as that in Wuxi, although the mean annual temperature and precipitation in Guangzhou were 6.4°C and 550 mm higher than those in Wuxi respectively. Evidence obtained indicates that this is due to the lower pH value of soils in Guangzhou. It was found that in case of the same soil used for the decomposition experiments both in Guangzhou and Wuxi, its decomposition rate in Guangzhou was significantly faster than that in Wuxi.

It was suggested that because of the effect of soil properties, the decomposition rate of organic materials in the southern subtropics would not faster than that in the northern subtropics. Soil erosion might be an important factor causing the drastic decrease of organic matter content of soils in tropics and southern subtropics after the soils being cultivated.