

安塞新修黄绵土农地有机质分解 及土壤有效态养分变化

李香兰 宋才炽

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘要 通过模拟试验研究了安塞黄绵土中有机质分解及土壤有效态养分变化。其结果是：
1. 土壤中加入的有机质分解率随温度、湿度升高而增加。其分解表现出快速与慢速两个阶段，各阶段的分解量与有机质的化学组成有关。2. 土壤中原有的土壤有机质分解速度与半衰期成反比。若不向土壤中施加任何有机质，大约18年左右，土壤中原有的有机质贮量要减少一半。
3. 新加入的有机质分解时，土壤有效态养分增加，但个别有效态稀土元素在减少。
关键词 黄绵土 有机质分解 有效态养分

Decomposition of Organic Matter and Variation of Available Nutrient in Newly Built Farmland of Loessal Soil in Ansai County

Li Xianglan Song Caizhi

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The decomposition of organic matter and the variation of available nutrient of Loessal soil in Aasai county were studied by simulated test. The result of this study is as follows. 1. The organic matter decomposing rate of a newly put in soil is increased with the rising of atmosphere and humidity, its decomposing shows two stages of high-speed and slow-speed, and the decomposing amount of each stage is concerned in chemical composition of organic matter. 2. The decomposition rate of original soil organic matter is inversely proportional to its half-life. If no organic matter is applied to soil, the storage amount of original soil organic matter would decrease by a half in about 18 years. 3. The soil available nutrient would increase while the newly put in organic matter is decomposing, meanwhile, very few rare-earth element of available state would decrease.

Key words Loessal soil organic matter decomposition available nutrient

土壤有机质与土壤有效态养分是土壤肥力的基础。陕北由于三料俱缺，群众无秸秆还田习惯，有的作物收获时，甚至连根拔，有效态养分只靠极少量的矿化作用与施化肥补给。这样，不仅经济效益差，更重要的是靠此提高土壤生产力是难以持久的。鉴此，我们从陕北实际出发，以尼龙

袋模拟试验及田间定位试验,论证新加入土壤的有机质及原来土壤中的有机质分解、有效态养分的变化,为保护和培肥地力,提高土壤有机质,以及作物施肥、作物轮作、草田轮作提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 尼龙袋模拟试验

1.1.1 有机质 有机质选用所在地区主要栽培作物——谷子、糜子、荞麦和黄豆,在作物收获时收集根茬,洗净泥土、风干,在低温下烘干粉碎,过40目筛备用。四种作物根茬的化学组成见表1。

表1 根茬化学组成成份、元素含量及原土中有效态元素含量

根茬名称	水分 (%)	水溶性物 (%)	苯醇溶性物 (%)	水溶性氮 (%)	粗蛋白质 (%)	半纤维素 (%)	纤维素 (%)	木质素 (%)	C/N
谷子	7.84	3.78	3.18	0.10	3.25	25.8	40.5	19.8	87.94
糜子	7.55	3.77	4.57	0.097	3.08	26.4	36.6	18.8	85.20
荞麦	8.80	15.10	7.52	0.14	2.25	12.2	28.7	14.4	77.70
黄豆	7.87	3.72	4.28	0.07	2.94	20.4	26.0	17.2	82.73

1.1.2 土壤 土壤为新修坡地黄绵土,挑去杂质与细根过20目筛备用。土壤中有效态元素见表1。

续表1 元素含量

根茬名称	灰分 (%)	全 N (%)	全 P (%)	全 K (%)	全 Cu (mg/kg)	全 Zn (mg/kg)	全 Mn (mg/kg)	全 Fe (mg/kg)	全 La (mg/kg)	全 Sr (mg/kg)	全 Y (mg/kg)
谷子	11.9	0.62	0.043	0.58	7.54	27.0	34.1	1441	13.85	27.0	4.05
糜子	7.12	0.59	0.046	0.81	17.6	46.7	30.0	1409	9.25	109.5	2.30
荞麦	19.4	0.50	0.020	1.34	6.77	31.2	15.30	1890	18.60	183.7	3.45
黄豆	4.13	0.64	0.043	0.22	13.0	34.0	15.30	1249	5.35	49.5	0.85

续表1 原土壤中有有效态元素含量

土壤名称	有机质 (%)	N (mg/100g)	P (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	La (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Y (mg/kg)
黄绵土	0.343	2.61	1.05	7.01	0.65	0.55	2.82	2.21	0.273	3.02	0.019

1.1.3 配样装袋 尼龙袋为400目尼龙布,按10cm×13.5cm裁剪,电热粘封三边,供试有机质分为五个处理:(1)谷子根茬粉加土;(2)糜子根茬粉加土;(3)荞麦根茬粉加土;(4)黄豆根茬粉加土;(5)纯土。前四个处理的根茬粉分别占土重1%和6%两个重量水平,将配好的样品充分混匀,分别装袋,用电热封好袋口,埋于新修梯田与新修坡地20cm深处,按试验要求,分别采样测定。

1.2 田间试验

留一小区,作为休闲地,该区没有任何有机质来源,作为研究原来土壤有机质分解用。

1.3 分析方法

根茬化学组成成分按文启孝等编著的《土壤有机质研究法》一书测定;土壤有机质用重铬酸钾法;全氮用开氏定氮法;全磷用氢氧化钠碱溶——钼锑抗比色法;全钾用火焰光度法。碱解氮用扩散吸收法;速效磷用NaHCO₃浸提比色;速效钾用NH₄AC浸提,原子吸收分光光度计测定;有效态铜、锌、锰、铁用DTPA浸提,电感耦合等离子体测定;稀土元素镧、铈、钇用LiCl

NaOAC—HOAC 浸提,电感耦合等
离子体测定。

2 结果和讨论

2.1 新施入土壤中的有机质分解

新施入土壤中的有机质分解状况,一直是研究者们所关注的问题。S. A. Waksman 首先提出,有机质在土壤中的分解,头几年分解很快,分解后剩余的残余物进一步分解,则变得很慢。也有人认为,头两年分解很快,以后变慢。还有人认为当年分解很快,以后变慢。甚至有人说,上半年分解快,下半年分解慢等等,众说纷纭。

我们在安塞梯田、坡地模拟试验见图1至图4,它们的分解趋势基本一致,

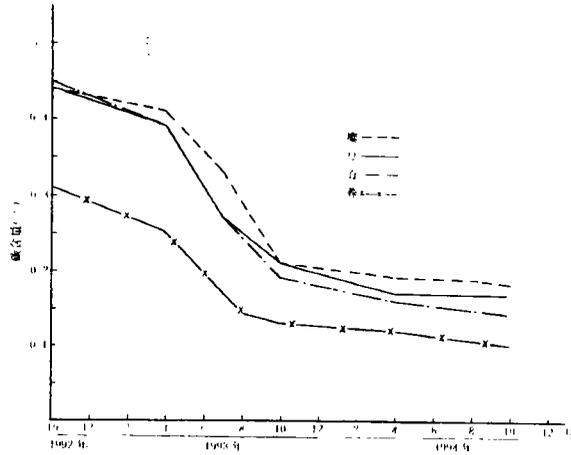


图1 梯田黄绵土中1%根茬分解曲线图
(尼龙网袋模拟试验)

只是坡地分解量稍低于梯田。以分解累积曲线的斜率代表分解强度,曲线的高度代表分解率的容量,曲线达到平坦时,表明有机质分解已近平衡。利用分解积累曲线来说明有机质分解的阶段性。从图1至图4中看出,1992年10月分别埋下去的样品含碳量,到1993年4月(前6个月)与7月(后3个月),分别经历了6个月与3个月,含碳量均有明显降低,但前6个月(1992年10月至1993年4月)曲线降低较平缓,后三个月(1993年4月至1993年7月),曲线降低较陡。从时间上看,前6个月是后3个月的两倍,从降低值上,后3个月是前6个月的1~2倍。这是因为前6个月正值冬春低温季节,微生物活动不旺盛,分解根茬较弱所致。后3个月正是气温逐渐上升,雨量也较多,正是微生物活动旺盛时期。以后曲线转入不同程度的

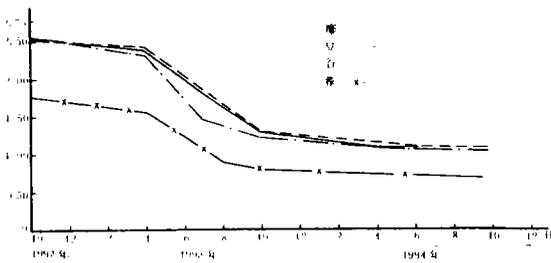


图2 梯田黄绵土中6%根茬分解曲线图
(尼龙网袋模拟试验)

平缓阶段,这是因为容易分解的物质,基本上已分解,剩下的大部分是以难分解的物质形态存在。

从图1至图4还可看出,芥麦根茬在1993年8月以前的10个月时间为快速分解阶段,以后为缓慢分解阶段。糜子、黄豆与谷子根茬,在1993年10月以前的12个月时间,为快速分解阶段,以后为缓慢分解阶段。在一年内,分解快慢的顺序为芥麦根茬>谷子根茬>黄豆根茬>糜子根茬。这是因为不同作物根茬分解快慢的差异,不仅与小区域水热生物气候条件有关,而且也决定其本身组织老化程度及化学组成。在本试验中根茬组织老化程度最明显的为黄豆根茬,但由于其氮素含量最高(表1),使其分解速度跃在糜子根茬之前。

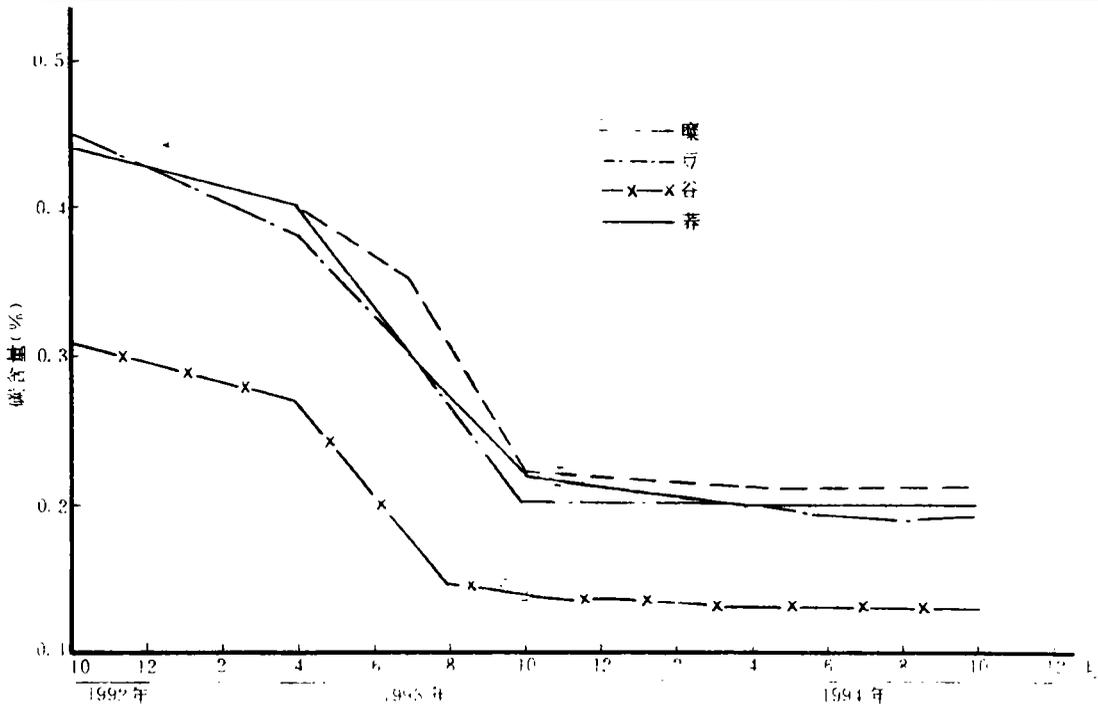


图3 坡地黄绵土中1%根茬分解曲线图(尼龙网袋模拟试验)

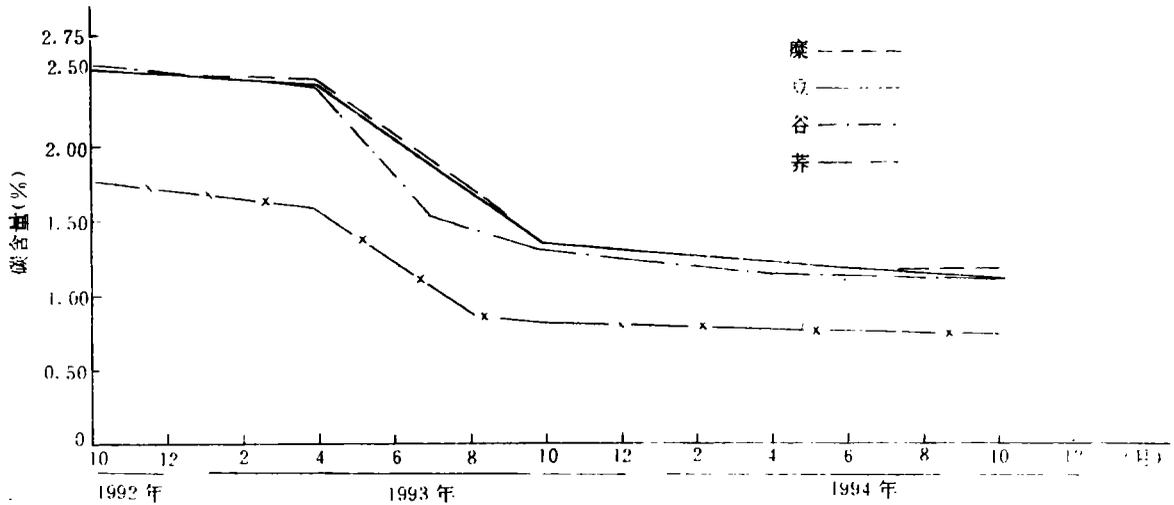


图4 坡地黄绵土中6%根茬分解曲线图(尼龙网袋模拟试验)

表2 根茬分解量与其化学组成的相关系数

根茬化学组成	含水量	水溶性物	苯醇溶物	粗蛋白	半纤维素	纤维素	木质素	C/N 比值
相关系数	0.77	0.73	0.83	-0.89	-0.93	-0.92	-0.96*	-0.95*

* 为5.0%显著水准。

根茬分解量与其本身化学组成相关系数见表2,由表2看出,根茬分解量与其含水量、水溶物、苯醇溶物含量呈强正相关,与粗蛋白、半纤维素、纤维素、木质素含量、C/N 比值呈强负相关,并且与木质素含量,C/N 比值的强负相关达到显著水准。

由图1至图4还可看出,土壤中施入有机质少的分解量,大于施入量多的分解量。如荞麦根茬,在前6个月,含1%根茬的分解量为19.35%,含6%的分解量为11.00%,前者分解量为后者分解量的两倍。这是由于施入量少的,能充分利用贫瘠土壤环境中可使本身分解的因素。施入量多的,环境中可使本身分解的因素,相对显得不足之故。

由图5看出,新施入土壤中的有机质在腐解过程中热能变化,亦明显分为两个阶段,即热能剧烈变化阶段和缓慢变化阶段。根茬不同,曲线的下降、上升及变缓的程度不同。开始曲线都下降,说明有机质在分解。分解过程中,易分解的成分很快分解,这时根茬成分发生了变化,热值又增加,曲线再上升,然后难分解的成分又分解,曲线又下降,直至趋于平缓。这清楚的看到,从有机质分解和能态的变化,肯定了新施入土壤中的有机质腐解过程的两个阶段。两个阶段的具体划分,因不同有机质而异。

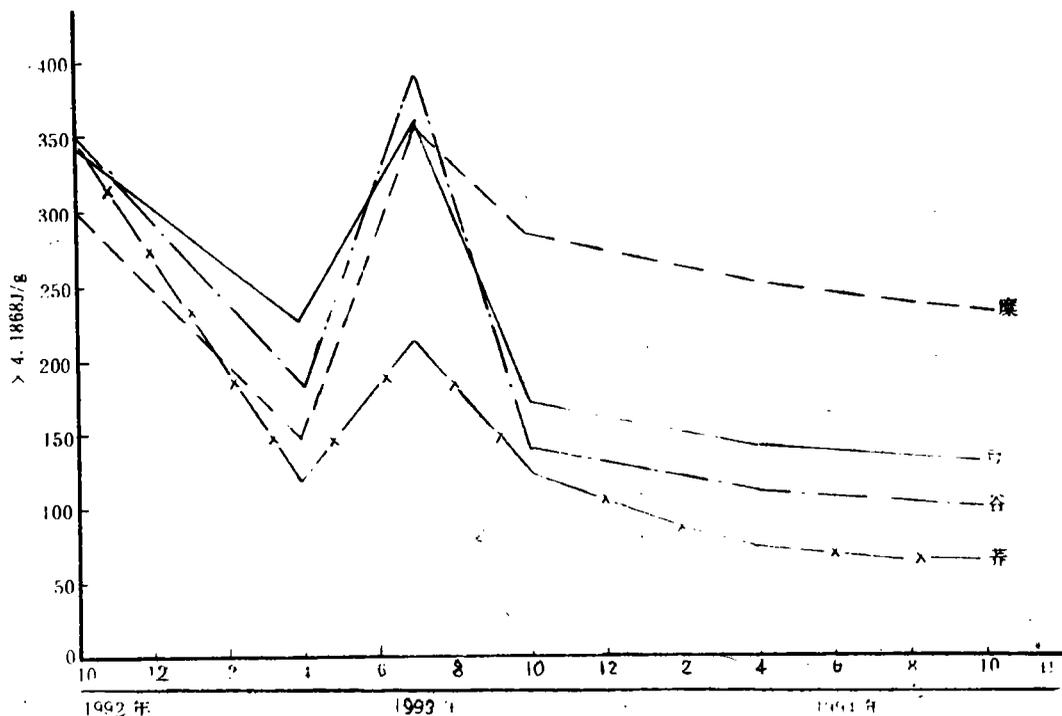


图5 梯田黄绵土中6%根茬分解过程热能变化图(尼龙网袋模拟试验)

2.2 土壤中原有的有机质分解

对农地土壤,人们每年往土壤中施入各种有机物料,如秸秆、堆肥、厩肥、作物根茬等,目的增加土壤有机质,我们称这些为新进入土壤中的有机质,它以较快的速度在分解。在这之前,土壤中的有机质,我们称为土壤中原有的土壤有机质,这部分有机质,也在不断分解,但它们分解的速度较慢。

在生产条件下,要测定土壤中原有的土壤有机质的分解量是非常困难的,为寻求近似情况,我们在休闲地测定。

因为物质化学反应速度随时间加长而减少,即随着作物的逐渐消耗,反应速度减缓。土壤有机质分解过程符合化学动力学一级方程。

化学动力学一级方程为:

$$C = C_0 e^{-kt}$$

C ——表示时间 t 时的土壤中原有的土壤有机质含量; C_0 ——表示开始时的土壤中原有的土壤有机质含量; e ——表示自然对数; K ——表示土壤中原有的土壤有机质年矿化系数; t ——以年计。把上式取对数得:

$$K = \frac{\lg C_0 - \lg C}{t} \times 2.303$$

以此式求得休闲地土壤中原有的土壤有机质年矿化系数为0.038。

令 C_0 为开始时土壤中原有的土壤有机质含量,其分解一半,即 $C = \frac{1}{2}C_0$ 时,所需时间称土壤中原有的土壤有机质半衰期。

$$\text{由 } -\frac{dc}{dt} = kc \quad \text{得 } \ln 2 = kt, \text{ 即 } t = \frac{\ln 2}{k}$$

则休闲地土壤中原有的土壤有机质半衰期为 $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{0.038} = 18(\text{a})$, 这表明:(1)土壤中原有的土壤有机质的分解速度与半衰期成反比;(2)若不向休闲地施任何有机物料,大约18年左右,土壤中原有的土壤有机质贮量要减少一半。

2.3 新施入土壤中的有机质分解对土壤有效态养分的影响

新施入土壤中的有机质,在腐烂分解过程中,不仅提高了土壤有机质,而且本身所含营养元素也逐渐释放出来,形成有效态,可供作物吸收利用。

表3 黄绵土中新加入有机质腐解1年后有效态养分净增率(%)

有机质名称	大量元素			微量元素				稀土元素		
	N	P	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe	La	Sr	Y
1%谷子根茬	29.5	37.2	14.5	0.32	5.80	74.29	0.85	-6.64	-3.48	31.43
6%谷子根茬	156.8	76.9	68.8	8.86	37.13	270.06	43.59	-7.35	-0.61	-10.00
1%糜子根茬	48.9	18.59	15.3	0.32	21.01	51.69	6.55	-5.69	-4.29	-9.52
6%糜子根茬	117.0	201.3	125.2	29.14	68.12	261.58	76.92	-12.32	-6.95	-20.00
1%荞麦根茬	45.5	42.3	48.3	1.39	1.45	160.17	47.58	-4.98	-1.02	-6.67
6%荞麦根茬	123.9	55.1	133.6	2.45	26.81	368.93	116.81	-15.64	0.35	-26.19
1%黄豆根茬	72.7	19.2	7.5	5.66	10.87	43.79	3.13	-6.87	-2.66	-11.90
6%黄豆根茬	142.6	201.3	19.7	8.32	22.46	130.51	31.91	-27.96	-12.47	-34.76

不同作物根茬,以不同比例施入土壤中腐解一年后,首先,可明显提高土壤有机质含量。施入量大的土壤有机质含量明显高于施入量少的。6%四种作物根茬在土壤中腐解一年后,土壤有机质含量较1%的高397.70%~742.65%,随着时间延长,虽土壤有机质也在不断矿化,但仍保持着这种状况(图1至图4)。其次,土壤有效态养分也有明显增加,并随根茬所占土壤的比例增加而提高,6%黄豆根茬有效态氮、磷净增率较1%的高67.9%与182.1%,6%荞麦根茬有效态钾(K₂O)净增率较1%的高85.3%;6%四种作物根茬土壤有效态铜、锌、铁、锰净增率较1%四种作物根茬净增幅度分别高1.06%~28.82%,11.59%~25.36,86.72%~207.89%,28.78%~70.37%。第三,土壤有效态稀土元素,除锶(Sr)看不出规律外,镧(La)与钇(Y)含量表现出四种作物高水平含量低于低水平含量,并均低于空白值,这可能是由于它们极易与有机质相结合,形成不溶态的络合物,使有效态或分降低,致使呈现出高水平含量<低水平含量<空白值的规律(表3)。

黄绵土中新加入不同根茬腐解一年后,对土壤有效态养分贡献,用算术平均值法,排序列表4,从表4看出,对土壤有效态氮的贡献大小顺序为:黄豆根茬(以下简称“豆”) > 谷子根茬(以下简

称“谷”) > 糜子根茬(以下简称“糜”) > 荞麦根茬(以下简称“荞”)。对有效态磷的贡献为:豆 > 糜 > 谷 > 荞。对有效态钾为:荞 > 糜 > 谷 > 豆。铜为:糜 > 豆 > 谷 > 荞。锌为:糜 > 谷 > 豆 > 荞。锰为:荞 > 谷 > 糜 > 豆。铁为:荞 > 糜 > 谷 > 豆。

表4 黄绵土中新加入有机质腐解1年后对土壤有效态养分贡献排序

有机质名称	大量元素贡献排序				微量元素贡献排序		
	N	P	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe
谷子根茬	2	3	3	3	2	2	3
糜子根茬	4	2	2	1	1	3	2
荞麦根茬	3	4	1	4	4	1	1
黄豆根茬	1	1	4	2	3	4	4

经相关分析,土壤中有有效态元素含量与新加入土中的有机质含该元素量,除氮为中正相关外,均呈强正相关(表5)。

表5 土壤有效态元素含量与有机质元素含量的相关系数

有机质元素	N	P	K	Cu	Zn	Mn	Fe
相关系数	0.61	0.70	0.98	0.88	0.90	0.82	0.94

参考文献

- 1 (苏)M. M. 科诺诺娃(周礼恺译,1966). 土壤有机质. 科学出版社,1963
- 2 (英)E. W. 腊塞尔(谭世文译). 土壤条件与植物生长. 科学出版社,1979
- 3 (日)出井嘉光. 水田中有机质积累与分解. 国外资料选编《有机肥合理施用》,科学技术文献出版社,1979
- 4 Barbier, G. Mineral fertilizers and the humus balance of the soil, A hundred years of successful fertilizer practice germang, 1959, 59
- 5 陈伦寿等. 农田施肥原理与实践. 农业出版社,1984