

瘠土中有机质的累积和分解

程 素 云

(西北农业大学农化系)

摘 要

用田间定位试验和砂沪管模拟试验,研究不同有机物料、灌水条件和有机肥用量对土壤有机质累积和分解系数的影响。结果表明:不同有机物料,第一年矿化率毛苕秸秆、玉米秸秆>厩肥,第二年趋于一致,达到相对稳定。当年累积系数,根茬>厩肥>玉米秸秆,受施用量的影响较小。稳定有机质分解系数,旱地>水浇地。土壤有机质消长,不施肥有下降趋势,施化肥能维持土壤原有机质水平。在化肥基础上增施有机肥,土壤有机质提高程度与施有机肥量呈极显著正相关。

关键词 土壤有机质;有机物料矿化率;累积系数;分解系数

土壤有机质是土壤肥力的重要因素之一。在某一地区内,耕地土壤有机质的数量与生产水平的高低,存在着极为密切的关系。陕西关中是我国农业发源地,大部分耕地经过了农民数千年生产活动的改造。但是由于秸秆多做燃料,有机肥来源缺乏,限制了土壤肥力的提高,以致土壤有机质多年来只能维持在1%左右。因此,研究其消长规律和影响消长条件及措施,对提高土壤有机质含量有重要意义。

本文根据砂沪管模拟试验及田间定位试验结果,论证有机物料,灌水条件和有机肥用量等因素,对有机质累积、分解的影响,为培养地力提供理论依据。

材料与方法

1. 砂沪管模拟试验:采用的有机物料为玉米秸秆,毛苕秸秆,厩肥,有机物料分别为干土重的0.0%、0.5%、1.0%、3.0%、5.0%、7.0%,培养时间为半年、一年、二年,重复三次。砂沪管用土,采自西北农大农作一站大田耕层瘠土、红油土亚类、质地粘壤,有机质1.16%, CaCO_3 8%、全氮0.081%。有机物料磨碎,通过1毫米筛孔。以相当一百克干土的风干土,与相应量的有机物料混匀后装入砂沪管,加水至田间持水量,埋入大田十厘米以下处,地面种植小麦、玉米,一年二熟。施肥、灌水、耕作同大田。试验自1981年10月至1983年10月。

2. 田间试验:分别在水浇地和旱地进行,土壤的理化性质基本同上。

(1) 水浇地试验 1977年10月至1981年10月,原土有机质为1.40%,试验设休闲、无肥、化肥、低秸(亩施鲜玉米秸秆1550斤)、高秸(亩施鲜玉米秸秆3125斤),

本文于1986年10月31日收到。

任麓滨、田长彦、乔存芳、韩广民、郭晓冬参加了部分工作。

厩肥（亩施优质厩肥5500斤）及休秸（亩施鲜玉米秸秆1550斤，不种作物）等七个处理，三次重复，施肥区每年亩施过磷酸钙60斤，每料作物亩施尿素30斤。小麦、玉米一年两熟，灌溉。

（2）旱地试验 1982年8月至1986年6月，有机质1.23%，试验设休闲、无肥、化肥（亩施尿素30斤）及在化肥肥底上，每年分别亩施0.5，1.0，2.0，3.3，6.6万斤厩肥等8个处理，四次重复，非休闲处理均种冬小麦，一年一熟，每年各处理施入等碳量的厩肥，不灌水。

（3）分析方法 分析土壤有机质，采用重铬酸钾——硫酸氧化法。

结果与讨论

（一）有机物料在土壤中的矿化

砂泸管模拟试验结果见表1、图，由图中可以看出，尽管各处理所用有机物料的种

表1 有机物料矿化率（%） （砂泸管法）

有机物料		矿 化 时 间 （年）			
名称	数量(g)	0—0.5	0—1.0	0—2.0	1.0—2.0
玉米 秸 秆	0.5	49.78	80.79	86.90	6.11
	1.0	47.16	78.17	82.10	3.93
	3.0	45.56	84.04	88.36	4.32
	5.0	41.44	77.90	84.28	6.38
	7.0	41.12	80.57	82.51	1.97
	平均	45.07	80.29	84.84	4.55
毛 苕 秸 秆	0.5	61.23	——	73.57	——
	1.90	57.05	80.18	82.38	2.20
	3.0	55.07	81.50	86.05	4.55
	5.0	54.89	80.22	83.70	3.48
	7.0	55.67	82.28	88.04	5.76
	平均	56.78	81.05	82.75	4.00
厩 肥	0.5	39.86	45.65	49.28	3.63
	1.0	29.35	50.36	56.52	6.16
	3.0	21.62	49.40	52.90	3.50
	5.0	21.23	47.83	52.17	4.30
	7.0	22.36	46.89	47.20	0.31
	平均	26.88	48.03	51.61	3.58

注：C/N，玉米秸52，毛苕秸19.66，厩肥12，矿化率计算时均减过对照。

类和数量不同,其矿化趋势基本一致。在第一年中,有机物料分解快,矿化率近直线上升。第一年的矿化率,玉米秸秆和毛苕秸秆>厩肥。第二年较第一年显著下降并趋于一致相对稳定。

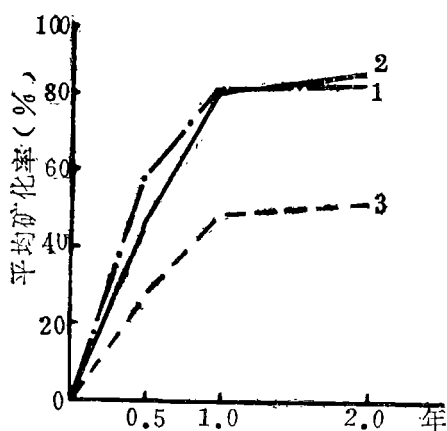


图 腐解时间和矿化率

1. 毛苕秸; 2. 玉米秸; 3. 厩肥

由此可见,有机物料加入土壤后,易分解部分会很快分解。在本试验条件下,这个过程似乎有一年左右时间。一年后矿化速率显著减缓。显然这与前人将土壤有机质分为新鲜有机质(当年加入的有机物)和土壤稳定有机质(经过一年以上转化后残留或腐殖化了的较难分解的部分,土壤原来的有机质)的看法是一致的。就有机物料的种类看,玉米秸秆和毛苕秸秆的分解速率相近,厩肥则较慢。这可能是由于,田间施入的氮、磷肥,随降雨或灌水进入多孔的砂土管中,使两者的C/N差别缩小而转化速度趋向一致。厩肥在施用前经过一段时间堆腐,易分解的部分业已矿化,残存及已腐殖化了的部

分较难分解。有机物料施用量对矿化率的影响,远小于物料种类和施入时间长短的影响。在试验开始的半年内,三种物料的矿化率,尚有随施用量增加而下降的趋势。

(二) 土壤稳定有机质的分解系数和新鲜有机物料的累积系数

生产条件下的土壤有机质,实际上是历年进入土壤的有机物料(秸秆、堆肥、厩肥、作物根茬及枯枝落叶),经过矿化和腐殖化过程后累积起来的。因各部分的稳定性不同,故分别测定其转化速率非常困难。因此一般只把它们分成两部分加以研究:对当年加入新的有机物料,着重考虑它们在提高土壤有机质的作用,测定其年累积系数(K);对过去进入土壤经过转化的部分(即土壤稳定有机质),着重考虑它们逐年减少的情况,测定其分解系数(X)。

土壤新鲜有机质累积系数的计算,基于日本出井嘉光提出的有机质累积量计算公式:^[1]

$$A = Q [(1 - x) + (1 - x)^2 + (1 - x)^3 + \cdots + (1 - x)^t]$$

式中 A——每年新加入定量有机物料,经t年后土壤中总累积量(有机碳斤/亩);

Q——每年新加入土壤有机物料量(有机碳斤/亩);

x——土壤原稳定有机质的年均分解系数;

t——年数。

出井嘉光是在“耕地中每年连续加入一定量的有机质,并且其分解率不随年代延长而变化,每年都一样”的假定基础上提出此式的。根据我们的结果,新鲜有机物及稳定有机质的矿化率具有显著的差异。为此将该式修正为:

$$A = Qk + Qk(1-x) + Qk(1-x)^2 + \dots + Qk(1-x)^{t-1}$$

$$= Qk \frac{1 - (1-x)^t}{x} \quad (1)$$

式中 k ——每年加入定量有机物料的年均累积系数。

土壤稳定有机质分解系数, 采用下式计算:

$$R = H(1-x)^t \quad (2)$$

式中 H ——试验开始前土壤稳定有机质含量(%) ;

R ——经 t 年后土壤稳定有机质的残留量(%) 。

根据(1)、(2)式, 我们分别计算了两个田间定位试验中新施入有机物料的累积系数和土壤稳定有机质的分解系数(见表2, 3)。

计算表明, 旱地的稳定有机质分解系数(0.0372)大于水浇地(0.0279)。新施入有机物料的累积系数(k)与所施有机物料种类关系很大, 而与施用量不甚密切, 结果与砂泸管模拟试验一致。水浇地试验中无肥、化肥处理向土壤中添加的有机物料主要是作物根茬, 其累积系数相应为0.5107及0.5103; 低秸、高秸二处理施用了不同量的玉米秸秆, 其累积系数为0.1044及0.1201, 厩肥的累积系数为0.2343。旱地试验中, 无肥、化肥处理中根茬的累积系数分别为0.7528及0.8258; 不同用量厩肥的累积系数在0.2625~0.3322之间。旱地和水浇地的累积系数均是根茬>厩肥>玉米秸秆。这与前人结果近似^[2, 7]。根茬的累积系数大于玉米秸秆, 是因为前者木质素含量较高(20%), 而后者较低(13%)。据报道^[2], 当木质素含量达15%时, 分解速率显著降低, 达20~30%时分解特别缓慢。厩肥的累积系数明显高于玉米秸秆, 可能与厩肥在施用前经过一定时期的腐熟有关。利用累积系数和分解系数在相似的自然、土壤耕作条件下, 可以估算需要施用有机物料的数量。

(三) 有机物料对土壤有机质消长的影响

土壤中稳定有机质分解与新鲜有机物料累积的平衡状况, 决定着有机质含量的消长。几年田间定位试验中, 为分析不同措施对土壤有机质含量消长的影响提供了依据。由表4, 5可见, 各处理土壤有机质的消长, 随加入有机物料的种类、数量而异, 平均年增值的变化范围在0.043—0.270%之间。休闲处理有机质含量只有消耗没有补充, 产生持续下降现象。两个田间定位试验休闲处理的土壤有机质含量与持续年数的相关系数均为-0.958*。单施化肥和无肥处理, 添加到土壤中的有机物料主要是根茬, 尽管根茬的累积系数很高, 但因加入量不多, 只能补偿土壤稳定有机质的矿化损失, 不能进一步提高其含量。因而无肥处理的土壤有机质含量略有下降, 化肥处理在旱地略有下降, 在水浇地略有增长。关于单施化肥对土壤有机质的影响, 一直存在着不同看法。本试验表明, 施用化肥能使土壤有机质基本维持平衡, 即使有升有降也相当微弱, 这与科诺诺娃等^[3, 4]的结论是一致的。除休秸外, 在施用厩肥, 秸秆的处理中, 土壤有机质含量都有不同程度提高。旱地试验中高量厩肥(有机质1.90—2.36%)>低量厩肥(有机质1.41—1.70%); 厩肥用量与土壤有机质含量呈极显著正相关($r = 0.9940^{**}$)。水浇地试验中, 高秸(1.70%)>厩肥(1.62%)>低秸(1.57%)。两个试验中, 施厩肥所含有机碳相近的两个处理的有机质增长量, 也很相近。当然上述的“维持”和“提

高”都是有条件的，即所施化肥含有的养分，一定要成分协调，用量适宜，使作物达到

表2 平均分解系数计算表 (田间试验)

试验项目	有机质% (H)	有机质% (R)	年 (t)	分解系数 (x)
水地	1.40	1.25	4	0.0279
旱地	1.28	1.10	4	0.0372

根据4年休闲处理的土壤有机质计算。

表3 累积系数计算表 (田间试验)

处 理		四年终有机碳 (%) I	四年共累积碳 (斤/亩) II*	年加入根茬碳 (斤/亩) III*	四年根茬累积碳 (斤/亩) IV*	四年有机肥累积碳 (斤/亩) V*	年施有机肥碳 (斤/亩) VI	年均累积系数 (k) VII
旱地 (1982—1986)	休闲	0.64						
	无肥	0.71	210	73.8	210.0			0.7528
	化肥	厩肥量 (万斤/亩)						
		+ 0						
		+ 0.5	0.73	270	86.5	270.0		0.8258
		+ 1.0	0.82	540	118.3	369.6	170.4	0.3322
		+ 2.0	0.86	660	124.4	388.8	271.2	0.2644
		+ 3.3	0.99	1080	128.7	402.0	678.0	0.3305
		+ 6.6	1.10	1380	131.0	409.1	970.9	0.2368
	肥		1.37	2190	132.3	413.2	1776.8	0.2625
水浇地 (1977—1981)	休闲	0.73						
	无肥	0.79		91.9	180.0			0.5107
	化肥	0.85		181.8	360.0			0.5163
	休秸	0.81				240.0	446.1	0.1405
	低秸	0.91	540	182.5	361.4	178.6	446.1	0.1044
	高秸	0.99	780	184.7	365.7	414.3	899.4	0.1201
	厩肥	0.94	630	187.6	371.5	258.5	287.1	0.2348

II* (各处理有机碳 - 休闲有机碳) × 3000;

III* 小麦籽粒产量 × $\frac{1}{3}$ × 根茬碳% [6], 玉米籽粒产量 × $\frac{1}{4}$ × 根茬碳% [6];

IV* II × $\frac{1 - (1 - 0.0372)^4}{0.0372}$ × 0.8258 (旱地);

III × $\frac{1 - (1 - 0.0279)^4}{0.0279}$ × 0.5163 (水地);

V* II - IV.

一定高产,给土壤提供较多的根茬。两个试验中,单施化肥的年亩产分别为1300斤和600斤,其根茬碳达到182斤和87斤,基本可以维持原土有机质含量。如单施化肥的产量很低,根茬量少,必须施用一定量的有机肥才能维持原土有机质含量。

表4 水浇地土壤有机质含量(%)

处理	采样时间(年、月)				有机质含量与时间 相关系数(γ)	四年消长(%)	
	1978.10.	1979.10.	1980.10.	1981.10.		共计	年均
休闲	1.37	1.31	1.30	1.25	-0.985*	-0.15	-0.040
无肥	1.38	1.43	1.34	1.36	-0.543	-0.04	-0.010
化肥	1.40	1.44	1.44	1.46	0.943	0.06	0.015
休秸	1.39	1.40	1.37	1.39	-0.516	-0.01	-0.003
低秸	1.46	1.53	1.50	1.57	0.920	0.17	0.043
高秸	1.47	1.55	1.53	1.70	0.992**	0.30	0.075
厩肥	1.43	1.51	1.55	1.60	0.992**	0.22	0.055

注:试验地原土壤有机质含量为1.40%。

表5 旱地土壤有机质含量(%)

处 理		采样时间（年月）				有机质含量 与时间相关 系数（ γ ）	四年消长（%）	
		1983.6	1984.6	1985.6	1986.6		共计	平 均
休 闲		1.22	1.17	1.13	1.10	-0.985*	-0.12	-0.030
无 肥		1.29	1.28	1.25	1.23	-0.875	-0.04	-0.010
化 肥	厩肥量 (万斤/亩)							
	+ 0	1.26	1.26	1.27	1.26	-0.530	-0.02	-0.005
	+0.5	1.33	1.37	1.40	1.41	0.974*	0.13	0.033
	+1.0	1.37	1.38	1.43	1.48	0.975*	0.20	0.050
	+2.0	1.40	1.49	1.64	1.70	0.994**	0.42	0.105
	+3.3	1.46	1.55	1.88	1.90	0.972*	0.62	0.155
	+6.6	1.52	2.00	2.11	2.36	0.982*	1.08	0.270

注:试验地原土壤有机质含量为1.28%。

参 考 文 献

- [1] (日) 出井嘉光: 水田中有机质的累积和分解, 国外资料选编《有机肥合理施用》, 科学技术文献出版社, 1979: 42。
- [2] (英) E. W. 腊塞尔著, 谭世文等译: 《土壤条件与植物生长》, 科学出版社, 1979: 207。
- [3] (苏) M. M. 科诺诺娃著, 钟宁摘译: 有机质和土壤肥力, 《土壤学进展》, (4) 1985: 30。
- [4] 沈善敏: 国外的长期肥料试验, 《土壤通报》, 15(2) 1984: 85。
- [5] Barbier, G.: Mineral Fertilizers and the Humus Balance of the Soil, A Hundred Years of Successful Fertilizer Practice Germany, 1959: 59。
- [6] 陈伦寿等编: 《农田施肥原理与实践》, 农业出版社, 1984。

ACCUMULATION AND DECOMPOSITION OF
ORGANIC MATTER IN LOUTU SOIL

Chen Suyun

(Department of Agrochemical, Northwestern Agricultural University)

Abstract

The fixed-position experiments in the fields and simulant experiments with sand penetrating tubes were conducted to study the effects of different organic materials, the amount of fertilizer and irrigation conditions upon the accumulation and decomposition coefficient of soil organic matter. The results showed that the mineralization rate of different organic materials in the first year was different, i. e. those of winter vetch and corn stalks were higher than that of barnyard manure, and in the second year, their mineralization rate tended to be in uniformity, relatively reaching the stability. In the current year, the accumulation coefficients were less affected by the amount fertilizer applied, i. e. that of root residues was greater than that of barnyard manure, and that of barnyard manure was higher than that of corn stalks. The decomposition coefficient of stable organic matter in dryland was higher than that in irrigated land. without fertilizer added, soil organic matter contents tended to decrease, but with chemical fertilizer applied, soil organic matter contents maintained the original level. Thus, based on chemical fertilizer with increasing application of organic fertilizer, the level of organic matter increase was significantly correlated with the amount of organic fertilizer applied.

Key Words Soil Organic matter; mineralization rate of organic matter; accumulation coefficient; decomposition coefficient