

# 施加有机物料对土壤有机质影响的研究

刘耀宏 戴鸣钧 余存祖

## 提 要

研究结果证明,有机物料的矿化速度在绵土中,牛粪>麦草>玉米秆>草木樨,在垆土中,牛粪>玉米秆>麦草。各类还田有机物的腐殖化系数,在绵土中玉米秆为0.25,麦草为0.25,草木樨为0.26,牛粪为0.21;在垆土中玉米秆为0.35,麦草为0.37,牛粪为0.31。施入物料后土壤有机质的累积与物料的矿化速度和施后时间呈负相关,与加入有机物量呈正相关。文中计算了本地区维持土壤耕层一定的有机质水平,每亩耕地每年需加入有机物料的数量。

土壤有机质含量是土壤肥力的重要指标之一,作物产量与土壤有机质含量往往呈正相关。黄土区土壤有机质含量低,有机肥施用量少,近年来多依靠化肥来提高作物产量和培肥土壤,作用甚小。由于地力基础没有大的改变,形成了高产容易稳产难,进一步把产量推上新台阶就更困难。为了探讨黄土区当前土壤有机质发展趋势,并拟定保持与提高有机质的对策,我们研究了有机物料在土壤中的矿化速率、腐解程度和有机质残留率。根据这些参数,获得了每年需要加入的有机物料数量,供参考应用。

## 一、材 料 和 方 法

### (一) 材料

1. 有机物料选4种。玉米秆、麦草、草木樨,牛粪。有机物料的C、N及C/N见表1。

表1 供试物料的C、N含量(干物计算)

有机物料	玉米秆	麦草	草木樨	牛粪
C%	40.440	39.100	37.910	36.580
N%	0.721	0.779	1.003	1.355
C/N	56.100	50.200	37.800	27.000

2. 供试土壤。垆土,采自陕西杨陵镇;绵土,采自陕西乾县吴店乡。土壤养分状况见表2。

### (二) 方法

1. 田间尼龙网法。将乾县试区的绵土风干过0.25mm筛子,装入用300目网眼的尼龙网缝成 $13.5 \times 8 \text{ cm}^2$ 的长筒形的袋中。每个网袋准备土100g。物料经风干、磨碎、过0.5mm筛子、与土混匀装袋。有机物料加入量按土重的0(CK)、0.5%、1%、2%。

表2 供试土壤的农化性状

土壤	有机质 (%)	全氮 (%)	有效磷 (ppm)	碱解氮 (ppm)	pH
壤土	0.67	0.063	3.75	23	8.0
绵土	0.90	0.092	9.00	51	8.1

4%、6%和8% 7个处理，装好后，缝口。将尼龙网袋按顺序垂直埋入乾县试区旱地中，袋顶离地面5 cm，覆土与地面平。三次重复。试验期间不浇水。

**2. 遮雨棚内钵钵法。**在西北水土保持研究所内盆栽场设置。采用杨陵肥力较差的壤土，风干过1 mm筛子。每盆准备土2.5公斤，将磨碎的有机物料分别按土重的0 (CK)，0.5%、1%、2%、4%、6%和8% 7个处理与土壤混匀，装入高16.5 cm、直径15 cm的塑料盆内。加水至田间持水量，放在遮雨棚内，并经常保持盆内土壤含水量与田间持水量一致。布设方法与田间尼龙网法相同。

**3. 试验前对土壤及有机物料的C、N含量分别作了测定。**土壤与有机物料混匀的当天，测定了混合物的C含量。以后每月定期采样，用丘林法测定各盆、各袋土壤内有机质含量。最后一次测定C、N含量。

## 二、结果与讨论

(一) **有机物料在土壤中的矿化速率。**图1是4种有机物料用田间尼龙网法在乾县绵土中矿化一年的总曲线。从图中明显看出，4种物料在前三个月矿化最快，矿化率都在50%以上。先后次序是牛粪最快，为55.8%，其次麦草为50.8%，草木樨为50.6%，

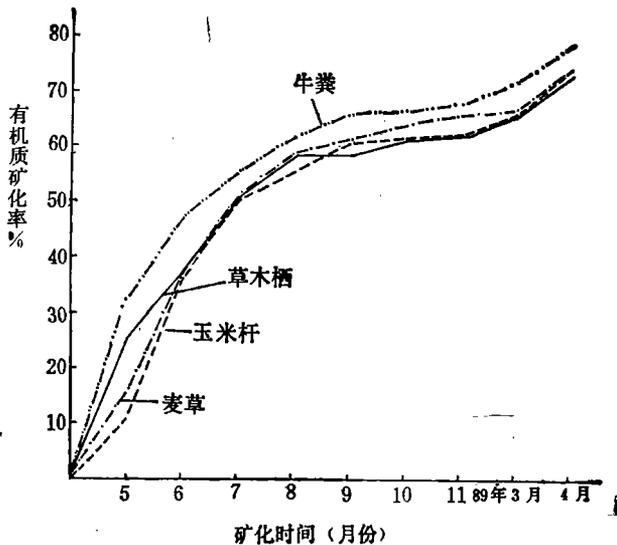


图1 有机物料在绵土中的矿化曲线

它的化学组成及所处的生态环境有关。含粗纤维较多的，其矿化速度就慢，反之即快。

据有关资料报道, 草木樨的粗纤维为63.5%, 麦草的为37.0%, 玉米秆的为39.2%, 牛粪中其微生物的活动较其它三种物料更为活跃。因此, 上述试验有机物料的矿化率是符合规律的。

图2是3种有机物料用盆钵法在杨陵塿土中矿化一年的总曲线。从图中可以看出,

表3 麦草和牛粪在绵土和塿土中的矿化率

土 类	物料	处 理	加入有 机质量 (g)	90天		150天		210天		360天		土壤 C/N
				残留量 (g)	矿化率 (%)	残留量 (g)	矿化率 (%)	残留量 (g)	矿化率 (%)	残留量 (g)	矿化率 (%)	
绵 土  (旱 地)	麦  草	0.5%	0.27	0.06	77.8	0.04	85.2	0.03	88.9	0.01	96.3	3.87
		1.0%	1.00	0.39	61.0	0.20	80.0	0.18	82.0	0.13	87.0	4.29
		2.0%	1.64	0.76	53.7	0.44	73.2	0.42	74.4	0.27	83.5	4.82
		4.0%	3.16	1.12	64.6	0.95	70.0	0.93	70.6	0.61	80.7	5.62
		6.0%	4.11	1.93	53.0	1.49	63.8	1.35	67.2	0.88	78.6	6.50
		8.0%	5.99	3.76	37.2	2.85	52.4	2.55	57.4	2.19	63.5	11.44
		平均	2.70	1.35	50.5	1.00	63.0	0.91	66.3	0.68	74.8	6.40
	牛  粪	0.5%	0.28	0.11	60.7	0.07	75.0	0.05	82.1	0.01	96.4	3.87
		1.0%	0.64	0.20	68.7	0.15	76.6	0.13	79.7	0.04	93.7	4.05
		2.0%	1.31	0.50	61.8	0.39	70.2	0.40	69.5	0.25	81.9	5.04
		4.0%	1.93	0.91	52.8	0.80	58.6	0.75	61.1	0.43	77.7	4.83
		6.0%	3.35	1.50	55.2	1.13	66.3	1.17	65.0	0.70	79.1	4.84
		8.0%	4.83	2.21	54.2	1.67	65.4	1.58	67.3	1.14	76.4	5.55
平均		2.06	0.91	55.8	0.70	65.9	0.68	67.0	0.43	79.1	4.83	
CK	0	0.90	0.75	16.6	0.70	22.2	0.66	26.6	0.61	32.7	4.31	
塿 土  (水 地)	麦  草	0.5%	0.19	0.12	36.8	0.10	47.4	0.09	52.6	0.03	84.2	3.54
		1.0%	0.51	0.35	31.4	0.34	33.3	0.31	39.2	0.22	56.9	4.40
		2.0%	1.15	0.70	39.1	0.65	43.5	0.62	46.1	0.51	55.7	6.04
		4.0%	2.68	1.36	49.3	1.08	59.7	1.02	62.9	0.93	65.3	7.25
		6.0%	3.63	2.14	41.0	1.66	54.3	1.55	57.3	1.23	66.1	8.36
		8.0%	5.26	3.30	37.3	2.82	46.4	2.46	53.2	2.18	58.4	12.20
		平均	2.24	1.33	40.6	1.11	50.5	1.01	54.1	0.85	62.1	7.36
	牛  粪	0.5%	0.20	0.13	35.0	0.12	40.0	0.10	50.0	0.02	90.0	3.09
		1.0%	0.60	0.37	38.4	0.35	41.7	0.35	41.7	0.23	62.7	4.56
		2.0%	1.03	0.63	38.8	0.49	52.4	0.43	58.3	0.29	71.8	3.83
		4.0%	2.11	1.20	43.2	1.13	46.5	1.07	49.3	0.97	54.1	6.79
		6.0%	3.55	1.69	52.4	1.56	56.1	1.30	63.4	1.12	68.5	6.45
		8.0%	5.14	2.65	49.5	1.84	64.2	1.78	65.4	1.30	74.7	6.11
平均		2.10	1.10	47.1	0.92	56.5	0.84	60.0	0.65	69.0	5.33	
CK	0	0.67	0.52	22.3	0.48	28.4	0.47	30.0	0.47	30.0	5.93	

加入有机质量是指加入物料当天测定的土壤有机质减去对照后的值。

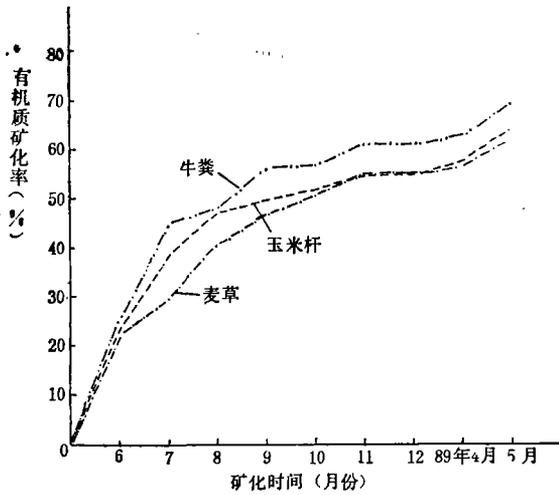


图2 有机物料在壤土中的矿化曲线

牛粪在三个月、五个月和七个月及一年的四个时期中，其矿化率一直较高，玉米秆次之，麦草较慢。在三个月时，牛粪的矿化率是47.9%，玉米秆是47.0%，麦草为40.7%；五个月时，牛粪的矿化率为56.4%，玉米秆为51.3%，麦草为50.4%；七个月时，牛粪的矿化率为60.2%，玉米秆的为54.2%，麦草的为54.9%；一年时，牛粪的矿化率为69.2%，玉米秆为64.3%，麦草为62.5%。同一有机物料在壤土和绵土中的矿化率比较，绵土的矿化率在各个时期都大于壤土的矿化率。这是由于两地有机物料埋藏的水热条件、土壤性质及试验方法不同所造成的。

有机物料在土壤中的矿化率与矿化时间呈正相关，与施入土壤中的量关系似乎不甚密切，且尼龙网法的绵土和盆钵法的壤土所得到的结果是一致的。如表3所示，加入物料的量从0.5%—8%，其各个时间的矿化率并不随着施入量的增加而增加，只有麦草在绵土中施入量与矿化率呈负相关，在一年时其相关系数 $r = -0.949$ 。而加入物料后的矿化率是随矿化时间的加长而提高，矿化率与矿化时间二者的相关系数，在绵土中麦草的 $r = 0.939$ ，牛粪的 $r = 0.972$ ；在壤土中麦草的 $r = 0.958$ ，牛粪的 $r = 0.970$ 。

(二) 施加有机物料对土壤有机质的影响。图3是绵土中4种有机物料在一年的矿化过程中，残留在土壤中的有机质占加入到土壤中的有机质量的百分比所作的曲线。从图中看出，在矿化三个月后(7月份)，牛粪给土壤残留的有机质最少，占加入量的44.2%，玉米秆残留量占49.5%，麦草残留量占49.2%，草木樨残留量占49.4%；在矿化五个月后(9月份)，牛粪的残留量占33.5%，玉米秆的残留量占39.3%，麦草的残留量占36.7%，草木樨的残留量占41.3%；在矿化七个月后(11月份)，牛粪的残留量占32.0%，玉米秆的残留量占37.6%，麦草的残留量占33.7%，草木樨的残留量占38.0%；在矿化一年后的1989年4月份，其有机质残留

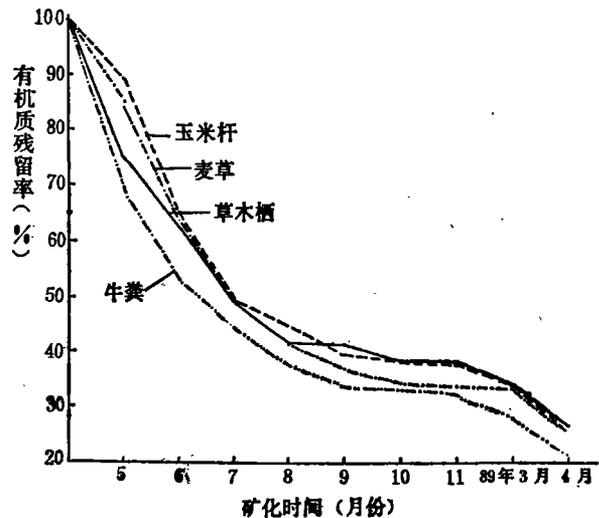


图3 绵土中有机质残留曲线

量, 牛粪占20.9%, 玉米秆占25.1%, 麦草占25.2%, 草木樨占26.2%。除牛粪外, 其它三种物料在后期残留率的差异变小。根据有机物料的腐殖化系数定义, 上述物料矿化一年后, 土壤中残留率即为该物料的腐殖化系数。

图4是埧土中3种有机物料在一年的矿化过程中, 土壤中残留的有机质量占加入到土壤有机质量的百分比所作的曲线。从图中可以看出, 其各个时期土壤中的有机质残留率趋势与绵土的基本相同, 只是残留率数值较绵土为大, 试验得出一年后牛粪的残留率为30.8%, 玉米秆的残留率为35.7%, 麦草的残留率为37.5%。

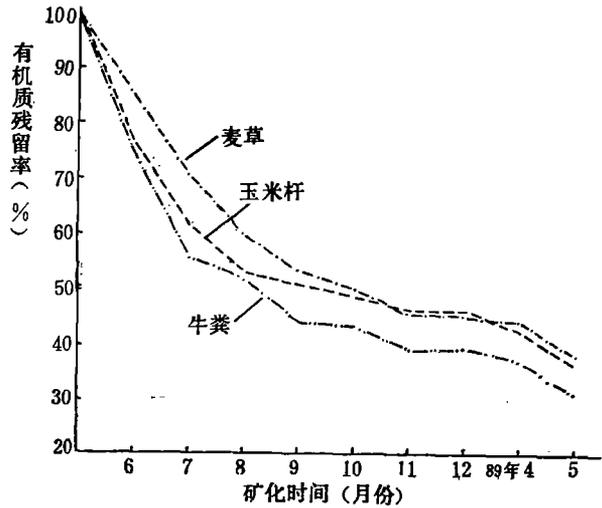


图4 埧土中有机质残留曲线

本试验的结果还可以看出, 土壤施入有机物料后, 土壤的有机质含量相应提高, 施入量越大, 土壤有机质含量增加越多,

并且土壤有机质含量随矿化时间的延续而发生变化。例如, 施入玉米秆后当天测定, 绵土施入物料量0.5%—8% 6个水平, 土壤有机质分别比对照增加34.4%, 118%, 194.4%, 438.8%, 581.1%, 782.2%; 埧土增加的对应该值为32.8%, 86.5%, 167%, 368.6%, 605.9%, 794.0%。施入后三个月、五个月、七个月和一年时, 其累积增长趋势完全一致。据矿化一年时测定土壤有机质含量, 绵土中各处理有机质比对照分别增加4.9%, 13.1%, 42.6%, 111.5%, 214.8%, 447.5%; 埧土的对应该值为12.1%, 38.3%, 74.5%, 131.9%, 304.3%, 438.3%。可见, 土壤有机质含量都是随着有机物料施量的增加而提高。从有机物料加入后土壤有机质变化过程看, 加入后土壤有机质相应提高, 以后因矿化而逐渐下降, 前三个月下降很快, 以后下降趋势转慢。这个过程在施入量少的土壤中尤为明显。

(三) 绵土与埧土有机质平衡状况探讨。我们的试验目的是获得一系列参数, 以便确定为维持耕层土壤有机质平衡每年需加入多少有机物。根据下列公式估算了每年每亩耕地需还田的有机物料数。

$$m = \frac{p \times 150000 \times b}{a} - d$$

式中:  $m$ ——每年每亩需还田的有机物料量 (kg/亩);  
 $p$ ——耕层 (0—20cm) 土壤的有机质含量 (%);  
 150000——耕层 (0—20cm) 土壤重量 (kg);  
 $b$ ——土壤有机质年矿化率 (%);

a——有机物料的腐殖化系数；

d——根茬量 (kg/亩)。

根据试验得出，有机物料的腐殖化系数，绵土中玉米秆为0.25，麦草为0.25。草木樨为0.26，牛粪为0.21，塋土中玉米秆为0.35，麦草为0.37，牛粪为0.31。作物根茬量根据试验与调查，确定小麦的根茬量为籽实产量的三分之一，玉米的根茬量为籽实产量的四分之一。土壤有机质年矿化率根据各地试验资料确定，绵土为3.3%，塋土为5%。

根据上述参数，我们估算了渭北旱塋和关中平原地区每年每亩耕地需加有机物的量。例如在渭北的乾县、永寿等旱塋区，在一年一季小麦亩产200kg情况下，残留根茬67kg/亩，合有机质16.7kg/亩。土壤有机质为1%时，矿化率以3.3%计，每年矿化有机质49.5kg/亩，除还田的根茬外，还需补充有机质32.8kg/亩，需加入玉米秆131.2kg/亩，或草木樨126.2kg/亩，或牛粪156.2kg/亩，或麦草131.2kg/亩，方可维持土壤有机质收支平衡。

在关中平原的杨陵，一年亩产小麦200kg、玉米300kg (合计500kg) 的情况下，残留根茬142kg/亩，合有机质51.0kg/亩。土壤有机质为1.2%时，矿化率以5%计，每年矿化土壤有机质90.0kg/亩，除还田根茬外，还需补充有机质39kg/亩，即需加入玉米秆111.4kg/亩，或麦草105.4kg/亩，或牛粪125.8kg/亩，方可维持有机质平衡。

必须指出，上述加入的有机物料量，仅仅是为了维持土壤有机质的收支平衡，做到不增不减。关于作物带走的营养物质，必需用肥料来供应。有机质含量高的土壤，因每年矿化消耗较多，为保持有机质的平衡，需相应提高有机物料的量。要提高土壤有机质水平，则加入的有机物料应多于上述规定的量。

## 小 结

1. 不同有机物料的矿化速度与矿化率有一定差异，并且与土壤及其腐解环境有密切关系。有机物料矿化一年后的矿化率，绵土为73.8—79.1%，塋土为62.5—69.2%。不同物料的矿化率，牛粪>玉米秆>麦草>草木樨。

2. 施入有机物料，明显地增加了土壤有机质含量，施入越多，土壤有机质增加越多。有机物料的腐殖化系数在一定条件下比较固定，不受施入量的多少影响。腐殖化系数在绵土中，牛粪为0.21，玉米秆、麦草为0.25，草木樨为0.26；在塋土中，牛粪为0.31，玉米秆为0.35，麦草为0.37。

3. 根据试验结果，为了保持土壤有机质平衡，在渭北旱塋土壤有机质为1%、亩产200kg情况下，除根茬残留外，每年至少再补加有机物料130—160kg/亩，在关中平原区，土壤有机质为1.2%、亩产500kg情况下，每年至少补加有机物料110—130kg/亩。

4. 作物产量的提高，导致根茬量增大，丰富了投入到土壤中的有机物料。从这个意义上说，在当前有机肥不足的情况下，适当增施化肥，有利于土壤有机质的归还与平衡，如配合留高茬、秸秆还田等措施，效果将更好。

## 参 考 文 献

- [1] 王维敏等：“黄淮海地区农田土壤有机质平衡研究”，《中国农业科学》，1988年第1期。  
[2] 程素云：“壤土中有机质的累积和分解”，《西北农业大学学报》，1987第2期。  
[3] 林心雄等：“田间测定植物残体分解速率的砂滤管法”，《土壤学报》，1981年18（1）。

## The Effect of Application of Organic Substances Upon Soil Organic Matter

*Liu Yaohong Dai Mingjun Yu Cunzu*

### Abstract

Results obtained from this experiment showed that the mineralized speeds of organic substances were Cattle waste > Wheat straw > Corn stalk > Sweet clover in Huang Mian Soil and were Cattle waste > Corn stem > Wheat straw in Lou Soil. Humification coefficient of various organic substances incorporated into the soil were Corn stem 0.25, Wheat straw 0.25, Sweet clover 0.26, Cattle waste 0.21 in Huang Mian soil and corn stem 0.35, Wheat straw 0.37, Cattle waste 0.31 in Lou Soil. After application organic substances, amounts of soil organic matter accumulation and the mineralized speeds of organic substances decrease with the prolongation of the time. Amounts of soil organic matter accumulation showed significant positive correlation with amounts of application of organic substances into soil. Based on the experimental results, the suggestion in how many amounts of organic substances need to apply into soils every year if they want to maintain a certain fixed organic matter horizon were put forward.