

小麦-玉米集约高产条件下土壤 有机质培肥目标探讨^①

崔玉亭^② 韩纯儒 龙牧华
(农业生态与环境系) (中国科学院地理所)

摘要 以河北沧州地区为例,在龙王河中心试区内对黄淮海平原小麦-玉米一年两熟制农田分别从集约高产的需求和土壤有机质循环本身两个方面,就作物集约高产条件下土壤有机质培肥目标进行了探讨。研究表明,沧州地区以至黄淮海平原在集约高产条件下,1.0%~1.2%为适宜的土壤有机质培肥目标,土壤有机质高的田块可为1.5%。

关键词 集约高产;土壤有机质含量;培肥目标

中图分类号 Q946.881.1; Q945.18

Studies on Optimum Value of Soil Organic Matter Content under Intensive Cropping Conditions with High Yield in Huang-Huai-Hai Plain Region

Cui Yuting Hanchunru
(Dept. of Agroecology and Environment)

Long Muhua
(Institute of Geograph, CAS)

Abstract In this paper, the optimum value of the soil organic matter content under the intensive cropping condition with high yield in Huang-Huai-Hai plain was studied from two aspects. One is the cycling of soil organic matter itself, and the other is the need of crop high yield upon organic matter content. The result showed, 1%~1.2% is optimum value. But it maybe 1.5% for those field with the high fertility.

Key words intensive; soil organic matter; optimum value

土壤有机质对土壤肥力有重要作用,它既能提供植物养分,又有利于养分、水分的保持,改善土壤结构等,所以提高和保持土壤有机质含量对土壤肥力是至关重要的;但每一种土壤在特定的气候条件、生物条件和耕作制度下都有一个适宜的土壤有机质含量,保持过高的土壤有机质含量既不经济,也无助于土壤肥力的提高^[1]。李成绪提出河北省南部地区土壤有机

收稿日期: 1996-05-23

①本文为“八·五”国家教委博士点基金资助课题的一部分

②崔玉亭,北京海淀区圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

质含量的标准值应在 1.0%~1.5% 以上^[2],胡朝炳则提出,按照华北平原的实际条件,可以把 2% 的土壤有机质含量作为中期土壤培肥目标^[3]。近年来,黄淮海平原农业集约化程度不断提高,投入、产出不断加大,为了适应这种集约高产的需要,在本区现有的条件下,到底应制定一个什么样的土壤有机质培肥目标为适宜?笔者以河北沧州地区为例,在黄淮海平原龙王河中心试区内从作物集约、高产需要和有机质循环本身两个方面对这个问题进行了探讨。

1 参数测定

笔者借用生态学的方法,用网袋法测定了有机物的腐殖化系数^[4];用土壤呼吸法测算了土壤有机质的矿化率,土壤呼吸量则用隔离罐-碱液吸收法测定^[5]。试验安排在河北省吴桥县龙王河中心试区内:试验地为潮土;高产田土壤有机质含量为 0.83%,小麦-玉米一年两熟,产量可达 15 t·hm⁻²左右,中产田土壤有机质含量为 0.72%,产量在 7.5~12.5 t·hm⁻² 之间。

首先把小麦根、小麦秸秆、玉米根和玉米秸秆等 4 种有机物剪成小块,装入网眼为 1.8 mm×1.8 mm、大小为 10 mm×10 mm 的网袋中,然后埋入土壤(约 10 cm 深),操作时尽量不翻动土壤。隔离罐为长约 25 cm 的硬塑料筒,纵向埋入土壤(10 cm)。测定时把一盛有 NaOH 溶液的小吸水瓶(内径 6 cm,高 8 cm)置于隔离罐内,将罐的上口用玻璃板封严,24 h 后取出,测定 CO₂ 吸收量。

土壤有机质矿化率是指土壤有机质部分矿化的量占总量的比例,故先要从土壤呼吸量中扣除土壤中非有机质部分的呼吸量,可由下列公式求得:

$$\text{矿化率} = \frac{(\text{土壤 CO}_2 \text{ 释放量} - \text{非土壤有机质 CO}_2 \text{ 释放量}) / 3.67}{225 \times \text{土壤有机质含量} \times 0.58} \times 100\%$$

式中:非土壤有机质部分指有机肥、饼肥、残留根茬、半腐解物、动物呼吸和氧化作用等;3.67 和 0.58 分别为 CO₂ 和土壤有机质折合碳的系数;225 的单位为万 kg·hm⁻²。

测定结果如下:几种有机投入物的腐殖化系数,玉米秸秆高产田和中产田分别为 21.7% 和 20.0%,小麦秸秆分别为 26.0% 和 22.3%,玉米根分别为 24.2% 和 24.9%,小麦根分别为 27.8% 和 28.0%;土壤 CO₂ 释放量高产田和中产田分别为 1 878.5 和 1 725.6 g (m²·年)⁻¹;土壤有机质矿化率分别为 5.64% 和 5.48%。

2 土壤有机质动态预测

笔者近年来曾对沧州地区作了近 3 000 个地块的农田调查,经过数据整理得出不同产量水平田块的平均有机物投入量,结合试验所测得的参数,分别计算出超高产田、高产田、中产田和低产田的土壤有机质平衡,并对其进行了动态预测,结果见表 1。可以看出:

1) 由低产到高产土壤有机质平衡系数在不断升高,增加幅度在逐渐变大,笔者通过对 1980~1990 年沧州地区肥力监测资料的整理得到,单产大于 7.5 t·hm⁻² 的地块,其土壤有机质平均上升绝对量为 0.29 个百分点,相对量为 30%,小于 7.5 t·hm⁻² 的地块,其土壤有

机质平均上升绝对量为 0.20 个百分点, 相对量为 22%, 这正好与试验结果相吻合。这就是说集约高产并没有降低土壤的有机质含量, 反而使之有所升高。虽然集约高产使土壤有机质输出增加, 但更多的残留根茬和有机物还田却又使土壤有机质得到了补充。如此长期下去, 土壤肥力就会提高, 所以“寓土壤培肥于集约高产之中”可成为切实可行的土壤培肥策略。

表 1 集约高产过程中的土壤有机质(SOM)动态

产量/ $t \cdot hm^{-2}$	SOM 含量/%	平衡系数	盈亏量 / $t \cdot hm^{-2}$	SOM 含量上升值/%			
				5 年	10 年	20 年	30 年
>15.0 (15.75)	1.04	1.76	1.08	0.156	0.200	0.219	0.219
10.5~15.0 (12.17)	0.99	1.60	0.81	0.117	0.150	0.164	0.164
6.0~10.5 (8.45)	0.91	1.37	0.41	0.060	0.077	0.084	0.084
<6.0 (4.47)	0.78	0.66	-0.30	-0.044	-0.056	-0.061	-0.061

2) 根据公式 $C_{t+1} = C_0 + C_0 \sum \exp(-rt)$ 可计算经过 t 年后土壤有机质含量的上升值, 式中: C_0, C_{t+1} 分别为第 1 年的腐殖质量和经过 t 年后腐殖质的积累量; r 为该腐殖质的分解速率, 取 $r = 0.2458$ 。笔者据此估算了 5, 10, 20, 30 年土壤有机质含量的上升值。大部分中、高产田在短期内(如 5 年), 其土壤有机质的绝对量能升高 0.06~0.16 个百分点, 达到或超过 1%, 但在特定的气候、土壤和有机物施用量等条件下, 土壤有机质上升会越来越慢, 并且逐渐达到新的平衡, 在此平衡值下土壤有机质的矿化量和腐殖化量相等。沧州地区大约在 20 年后达到平衡, 此时土壤有机质的平衡值为 1.00%~1.25%。

3 土壤有机质培肥目标

目前沧州地区土壤有机质含量平均为 0.99%, 高的在 1.2% 以上, 龙王河试区大部分中高产田都在 1% 左右, 黄淮海平原与此类似, 大部分也在 1% 左右。

从表 1 可知, 在目前这种有机物投入水平(共折合 $3.75 t \cdot hm^{-2}$ 风干秸秆)下, 土壤有机质含量 5 年内可增长 0.06~0.16 个百分点, 10 年内可增长 0.08~0.20 个百分点, 增长极限为 0.08~0.22 个百分点; 所以在目前这种水平基础上大部分中高产田只宜把 1.0%~1.2% 作为土壤有机质培肥目标, 高的土壤有机质田块可提高到 1.5% 以上。即便考虑到沧州地区近年来有机物还田的最大潜力, 每年有折合 $7.5 t \cdot hm^{-2}$ 的风干秸秆还田, 即大部分中高产田土壤有机质在 5 年内可增长 0.15~0.20 个百分点, 10 年内可增长 0.20~0.25 个百分点, 增长极限亦仅为 0.30~0.35 个百分点, 可见即便在这种最高投入水平上, 目前的大部分中高产田也只能把 1.2%~1.5% 作为土壤有机质培肥的最高目标。

4 集约、高产与土壤有机质含量的关系

按肥料投入水平(即肥料集约化水平),将其分类整理成表2。可以看出,在肥料低投入阶段产量和土壤有机质含量都较低,而在高投入阶段都较高,而且不同的产量水平及各地块的有机质含量在低投入组中相差较大,而在高投入组中相差较小。这说明在高投入条件下,由于技术与物质投入的综合作用,部分替代了土壤基础肥力的作用,而在低投入条件下,土壤基础肥力对产量的贡献份额较大。对产量和有机质进行统计相关分析得知:在低投入阶段,土壤有机质含量与产量呈正相关,有机质对产量的偏相关系数和通径系数都较大,分别为0.35和0.41,且已达显著水平;到高投入阶段,产量与有机质含量的关系已很不明显,偏相关系数和通径系数也明显减小,分别为0.20和0.24。由于土壤有机质是土壤重要肥力指标之一,因此反映了低投入阶段产量对土壤肥力的依赖,而到高投入阶段(即高集约化水平),外部投入作用增大,致使土壤肥力在粮食生产中的作用相对减小。

表2 肥料不同投入水平下小麦产量与土壤有机质含量的关系 $t \cdot \text{hm}^{-2}$

投入水平	产量划分	平均产量	地块数	有机质含量/%	投入肥料总能 ^① /MJ
高投入	>6.0	6.5	4	0.99	249.8
	5.3~6.0	5.8	11	1.05	246.4
	4.5~5.3	5.1	12	0.88	230.7
	<4.5	4.4	10	0.95	186.0
低投入	>3.8	4.1	6	0.85	120.4
	3.0~3.8	3.4	7	0.88	106.2
	2.3~3.0	3.0	2	0.83	108.0
	<2.3	2.1	2	0.68	53.3

①包括有机肥能和无机肥能,由N、P、K含量折算而来。下表同。

5 当前作物集约高产要求的满足——1%土壤有机质水平

按不同的小麦产量,将其分类整理成表3。可以看出,低产田(小于 $2.3 t \cdot \text{hm}^{-2}$)的土壤有机质含量较低,与高产田差异较大,经统计测验达显著水平($t=10.962 > t_{0.05}=2.571$),而中、高产田(大于 $2.3 t \cdot \text{hm}^{-2}$)的土壤有机质含量比较相近,都在1%左右。产量的高低明显决定于肥料投入水平的高低,而与有机质含量关系不大。这表明大多数的中高产田只要没有土壤障碍性因子,而土壤有机质含量又在1%左右,即不再是限制产量的主要因素。这时土壤碱解氮和土壤速效磷一般都在 $35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,结合施肥即能满足作物高产的需求,所以在中产变高产、高产再高产的集约化过程中,适当增加肥、水的投入,加之注意品种与栽培技术的配套,即能保证粮食增产;而低产田有机质含量较低,肥料投入水平也较低,此时应注意肥料的投入和多途径的土壤培肥。

表 3 不同小麦产量水平下土壤有机质含量与肥料投入能的关系

产量/ $t \cdot hm^{-2}$		地块数	有机质含量%	质量分数/ $mg \cdot kg^{-1}$		投入肥料总能 /GJ
划分	平均值			碱解氮	速效磷	
>6.0	6.6	6	0.99	54.01	8.06	2.696
5.3~6.0	5.9	12	1.11	40.66	8.95	2.378
4.5~5.3	5.1	16	0.94	36.48	8.87	2.084
3.8~4.5	4.3	15	0.91	36.44	8.18	1.706
3.0~3.8	3.4	8	0.88	36.50	7.47	1.328
2.3~3.0	3.0	3	0.96	29.76	5.23	1.080
<2.3	2.1	3	0.68	22.85	3.19	0.696

6 结束语

综上所述,无论从土壤有机质循环本身,还是从作物集约高产的要求来看,把 1.0%~1.2%作为土壤有机质培肥目标,高的可提高到 1.5%,是切实可行的。王维敏也认为,黄淮海平原的土壤有机质含量只要在 1%以上,再结合良好的水肥管理,便能满足作物高产的要求^[6]。而如果把 2%作为土壤有机质培肥目标,则除了作物残留根茬外,每年还要投入大约折合 $15 t \cdot hm^{-2}$ 的风干秸秆,且需连续积累 20 年才能达到。这在沧州地区甚至黄淮海平原都是非常困难的,所以可以认为 2%的土壤有机质含量这一目标偏高。

参 考 文 献

- 1 熊毅. 中国土壤学. 北京: 科学技术出版社, 1987, 399~403
- 2 李成绪. 土壤肥力与有机质调控. 河北农学报, 1989, 9(4): 31~36
- 3 胡朝炳. 华北平原农田土壤有机质含量与作物产量关系的初步研究. 见: 牛文元等编. 农田生态系统能量物质交换. 北京: 气象出版社, 1989, 232~240
- 4 Kucera C L. Soil respiration studies in tall grass prairie in Missouri. *Ecology*, 1971, 52(5): 912~915
- 5 Singh K P. Weight loss in relation to environmental factors during the decomposition of maize and wheat roots in a seasonally-drytropic region. *Soil Biol. Biochem*, 1989, 21(1): 73~80
- 6 王维敏. 黄淮海地区农田土壤有机质平衡的研究. 中国农业科学, 1988, 21(1): 19~26