

施肥对潮土有机质积累和地力的影响*

车玉萍 吴顺龄 程励励

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

研究表明,不同质地的潮土在增施有机肥后,能明显增加根茬(有机碳)归还土壤的数量。黄淮海平原的中低产土壤的有机质含量长期处于较低水平,可能与每年进入土壤的有机质(碳)数量不足有关。

黄淮海平原分布着大面积中低产土壤,其有机质含量普遍低于1%。其原因何在?为此,我们在中国科学院封丘生态实验站用田间微区试验方法研究了潮土在不同施肥条件下碳、氮的积累状况及其对作物产量的影响,为合理利用土壤资源,建立稳产、高产、低耗的土壤生态系统提供依据。

一、材 料 和 方 法

微区试验在3种不同质地的石灰性潮土(表1)上进行。每一微区面积为 1m^2 ,四周用水泥墙围隔,形成一个无底的水泥地,池深为55cm,池沿高出地面20cm。将供试土壤按0—20cm,20—55cm分层装入池内,经匀地后,于1988年麦季开始布置试验。供试的有机物料为稻草和猪粪等(表2), ^{14}C 标记麦秆的放射性比度为 $1962\text{KBq/g}\cdot\text{C}$ 。

试验处理如下:1.低化肥(每季作物亩施 $\text{N}4\text{kg}$, $\text{P}2.7\text{kg}$ 和 $\text{K}4\text{kg}$,下同);2.低化肥+猪粪(每季作物亩施 150kg 干粪,下同);3.高化肥(每季作物亩施 $\text{N}8\text{kg}$, $\text{P}5.3\text{kg}$ 和 $\text{K}8\text{kg}$,下同);4.高化肥+猪粪;5.高化肥+稻草(每季作物亩施 150kg 干稻草)。

供试作物为玉米和小麦,两者轮作。微区试验收获的籽粒和秸秆全部称重,它们的根茬重则采用样方方法测定。土壤有机碳用费尔恩法测定;植物碳用丘林法,全氮用开氏法测定; ^{14}C 放射性测定用简易湿烧法。

表1 供试土壤(0—20cm)的基本性状

土 壤	pH	粘粒 <2 μm (%)	碳 (g/kg)	氮 (g/kg)	C/N
砂 土	8.56	6.0	2.90	0.295	9.8
砂壤土	8.70	13.1	3.42	0.330	10.4
粘壤土	8.43	24.1	5.28	0.585	9.0

表2 有机物料的C、N含量

物料	C(g/kg)	N(g/kg)	C/N
稻草	444	8.27	53.7
麦秆	420	7.19	58.4
玉米秆	404	9.00	44.9
麦根	343	7.61	45.1
猪粪	408	23.7	17.2

*国家自然科学基金资助项目。

二、结果与讨论

(一)不同质地潮土中有机质的积累

1. 有机碳的输入量: 在植物—土壤系统中, 作物根茬是土壤有机质的重要来源之一。表3列出不同施肥条件下潮土中根茬碳和有机肥碳的测定结果。由表3可见, 化肥施用量高的处理3, 其根茬碳量均较化肥施用量低的处理1有明显的增加, 其中以砂土的增加量最为显著, 达41%; 砂壤土和粘壤土的增加量分别为17%和26%。低化肥用量加猪粪的处理, 以砂土微区中作物根茬输入土壤的碳量增加最为明显; 其次为粘壤土; 砂壤土微区中输入的根茬碳量没有增加。在化肥用量高的情况下, 施用猪粪也能增加砂壤土和粘壤土微区的根茬碳量, 但对砂土微区, 则没有增加效果, 这可能是化肥用量过多引起作物生长异常所致。在化肥用量高的条件下, 砂土微区施用稻草后, 根茬碳的输入量比未施稻草的高出16%, 但在砂壤土上, 施用稻草与不施的没有任何差异。其原因是施用稻草后, 砂土中有效养分的供应量较壤土的要大, 作物的光合产物量也较多, 因而根茬碳量也较高。

表3 施肥对输入土壤有机碳量的影响
(g/微区, 1989—1991)

土壤	处理	根茬输入碳	有机肥输入碳	总输入碳
砂土	1	313	—	313
	2	407	276	683
	3	442	—	442
	4	434	276	710
	5	512	448	960
砂壤土	1	345	—	345
	2	340	276	616
	3	402	—	402
	4	449	276	725
	5	408	448	856
粘壤土	1	315	—	315
	2	357	276	633
	3	397	—	397
	4	446	276	722

表4 各有机物料在砂壤土中的腐殖化系数

物料	腐殖化系数
稻草	0.17
麦秆	0.21
玉米秆	0.21
麦根	0.33
猪粪	0.33

但从总输入量来看, 相应处理的不同土壤微区中, 总输入碳量的差异很小。

2. 有机物料的腐殖化系数: 测定结果(表4)表明, 施入潮土中不同有机物料的腐殖化系数以麦根和猪粪的为高; 其次为麦秆和玉米秆; 稻草的木质素含量较低, 其腐殖化系数也较小。此外, ^{14}C -麦秆在砂土、砂壤土和粘土中的腐殖化系数分别为0.24、0.28和0.26。由此看来, 尽管供试土壤的质地有明显的差异, 其粘粒($<2\mu$)含量分别为6%, 13%和24%, 但 ^{14}C -麦秆的腐殖化系数并不随粘粒含量的增加而有规律性的变化。这与一些报道不相一致^[2-6]。但也有报道^①认为, 由于石灰性土壤中原有 CaCO_3 对植物物质分解的促进作用, 因而掩盖质地因素的影响效应。看来, 很可能是 CaCO_3 的存在, 导致不同质地潮土中腐殖化系数没有规律性的差异。

3. 土壤有机质的积累: 不同处理微区中土壤(0—20cm)有机碳的变化列于表5。表5的结果表明, 仅施化肥的处理, 表土有机碳含量的变化随原土有机碳含量的增加呈明显地降低趋势, 甚至没有任何变化。在施用化肥条件下加施猪粪或稻草, 无论是在砂土还是粘土上, 有机碳含量均有显著的增加。由于猪粪的腐殖化

① 孙波: 潮土中质地和 CaCO_3 对 ^{14}C -植物物质分解的影响, 1991。

系数较稻草高，因而施用猪粪的微区，土壤有机碳的增加尤为显著。

表5的结果还表明，不同处理微区中，由于化肥氮的施入，表土氮素含量的增加幅度更大，化肥加猪粪或稻草的处理，除个别微区外，大多数微区的表土氮含量均有明显的增加。各处理的表土氮含量的增加趋势与有机碳的增加趋势相一致。即原土中氮含量最低的砂土，其氮含量的增值最大；其次为砂壤土；氮含量较高的粘壤土，施肥后氮含量的增值最小。

但是，不同土壤相应处理的微区中，3年内输入土壤的总碳量差异却很小，而且作物残体在不同质地潮土中的分解速率也没有显著的变化。值得注意的是，从目前碳氮积累的趋势看，当潮土有机碳含量在 5gkg^{-1} ，氮含量在 0.6gkg^{-1} ，输入土壤的有机碳总量在300—700g/微区范围内时，对土壤有机碳含量的影响很小，甚至没有影响。

(二)不同施肥条件下对作物生长和产量的影响

1. 作物光合产物量：作物光合产物量的多少在一定程度上反映了土壤的肥力水平及肥料在土壤中的有效性。1989—1991年共6季作物光合产物碳的测定结果(表6)表明，不同处理对作物光合产物碳量的影响是不同的。低化肥处理的微区中，砂土较粘壤土和砂壤土上作物光合产物积累的碳量明显要高；高化肥处理的微区均比低化肥处理的高；高化肥与高化肥加稻草的处理相比较，两者光合产物年积累的碳量基本相近。在低化肥条件下，施用猪粪对不同质地潮土微区中作物光合产物量的增加十分明显，尤其是在砂土和粘壤土微区，光合产物积累的碳量分别较不施猪粪处理的增加13%和16%。在高化肥条件下，施用猪粪的处理，第一年小麦生长都出现倒伏现象，致使不同土壤上作物的年光合产物碳量均呈下降或持平，仅个别略有提高。

2. 作物体内氮素的积累和分布：作物对氮素的吸收状况因施肥条件和土壤性质的不同而有较大的差异。在同一土壤上随氮素施入量的增加，作物积累的氮也随之增加(表7)。表7的结果表明，由于有机肥料的施入，作物对氮素的吸收有提高的趋势。看来，适量的化肥与有机肥配合施用有利于作物对氮素的吸收。其次，除施用稻草者外，不同土壤上相应处理的籽粒氮或根茬残留氮占作物积累氮百分比的差异不明显。

3. 作物籽粒产量：表8列出1989—1991年不同土壤上施肥处理对作物籽粒年产量的影响。表8表明，无论是砂土，砂壤土还是粘壤土，高化肥或高化肥加有机肥微区，作物籽粒的年产量均高于相应的低化肥或低化肥加有机肥微区。其次，从3年籽粒累计量看，不同处

表5 施肥对土壤(0—20cm)有机质和氮素积累的影响

(1991年测定)

土 壤	处 理	C, g/kg		N, g/kg	
		原 土	培 育 3年后	原 土	培 育 3年后
砂 土	1	2.90	4.82	0.295	0.544
	2	2.90	5.37	0.295	0.598
	3	2.90	5.27	0.295	0.558
	4	2.90	5.93	0.295	0.631
	5	2.90	5.41	0.295	0.619
砂 壤 土	1	3.42	4.18	0.330	0.475
	2	3.42	4.54	0.330	0.515
	3	3.42	4.30	0.330	0.470
	4	3.42	5.32	0.330	0.564
	5	3.42	4.90	0.330	0.422
粘 壤 土	1	5.28	5.20	0.585	0.629
	2	5.28	5.75	0.585	0.678
	3	5.28	5.51	0.585	0.676
	4	5.28	5.66	0.585	0.655

表6 不同质地潮土的年光合产物碳量

处 理	年光合产物碳量(g/微区)		
	砂 土	砂 壤 土	粘 壤 土
1	4101	3301	3318
2	4654	3508	3842
3	5394	4739	4513
4	5364	4969	5018
5	5653	4749	—

表7

施肥对不同潮土上作物氮积累量的影响

(g/微区)

土 壤	处 理	作物积累氮	籽粒 N		根茬残留N	
			总 量	占作物积累 N %	总 量	占作物积累 N %
砂 土	1	59.6	39.4	66	2.2	4
	2	75.3	51.0	68	3.0	4
	3	74.4	49.0	66	2.7	4
	4	8.70	60.1	70	3.1	4
	5	86.1	47.2	55	2.9	3
砂 壤 土	1	44.9	30.1	67	1.7	4
	2	51.6	34.2	66	2.2	4
	3	71.2	50.0	70	2.3	3
	4	67.7	47.7	70	2.4	4
	5	73.7	53.0	72	2.3	3
粘 壤 土	1	44.5	27.6	62	1.8	4
	2	60.1	39.4	66	2.1	3
	3	62.7	42.3	67	2.0	3
	4	69.3	45.8	66	2.6	4

表8 施肥对作物籽粒产量的影响

土壤	处理	籽粒产量(g/微区)			
		1989年	1990年	1991年	合计
砂 土	1	1175	900	972	3047
	2	1491	1274	1026	3791
	3	1652	1181	1213	4046
	4	1576	1492	1550	4618
	5	1767	1363	1323	4453
砂 壤 土	1	872	503	850	2225
	2	1113	722	553	2388
	3	737	1065	1119	2921
	4	1551	1264	1295	4110
	5	1675	1186	992	3853
粘 壤 土	1	880	574	721	2175
	2	1131	800	817	2748
	3	1468	892	1121	3481
	4	1430	1080	1292	3802

理间的差异十分明显。如砂土上高化肥处理较低化肥的籽粒累计产量增加33%，砂壤土增加31%，粘壤土增加最多，为60%，在高化肥加猪粪的微区中，砂土、砂壤土和粘壤土上的籽粒累计产量，分别较相应的低化肥加猪粪的微区增加22%，72%和38%。在高化肥条件下，施用稻草微区的籽粒累计产量较之未施用稻草的微区有明显的增加，增加的幅度稍低于施猪粪的微区。(参考文献略)。

(上接第115页)

促使科学家同政策制订者及公众之间进行直接联系。

4. 建立世界经济区和大西洋管理机构,以推动该区环境的改善与经济发展。

5. 有关国际科技团体,应对以下问题,如

自然的内在价值;公众的环境权利;代时权利;共同财富(大气、海洋等)的公共权利;行为的环境规范;科学家和社会团体的道德职责及有关环境道德等,进行一次广泛的评价,并制订出相应的系列政策。

参 考 文 献

- [1] ICSU Conference statement (ASCEND 21). Vienna. Amstrla, 1991.
 [2] United Nations, Report of the UNCED, Geneva, 1991.