

平原高沙土有机质积累试验研究

肖 海涛¹, 孙吕 林², 陈国德³, 姜国华²

(1. 江苏省如皋市农田水利试验站, 如皋 226551; 2. 江苏省如皋市水务局, 如皋 226500;
3. 江苏省如皋市农业科学研究所, 226576)

摘 要: 研究了平原高沙土在保持 1990 年作物单产水平、保持一定单产增长率条件下, 不同种植制度、不同培肥措施下的有机质消长规律, 提出了提高土壤有机质的技术途径: 优化种植制度不仅产量高, 而且土壤理化性状得以改善; 合理耕作可增加土壤黏粒含量, 提高高沙土肥力水平; 采用有机肥与无机肥相结合的培肥措施, 通过稻麦留高茬和玉米秸秆还田, 可直接提高土壤肥力; 提高根茬产量, 增加自然回归。
关键词: 高沙土; 培肥; 有机质
中图分类号: S 153. 621 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 05-0159-03

Experiment and Research of the Organic Matter
Accumulation of Plain Sandy Soil Area

XIAO Hai-tao¹, SUN Lü-lin², CHEN Guo-de³, JIANG Guo-hua²
(1. Rugao Water Resources Test Station, Rugao, Jiangsu 226551, China;
2. Rugao Water Affairs Bureau, Rugao, Jiangsu 226500, China;
3. Institute of Agricultural Science of Rugao, Rugao, Jiangsu 226576, China)

Abstract: Based on the production experience and the results of experiments in plain sandy soil areas, the comprehensive techniques towards sustainable agriculture, i. e. developing multi-cropping system, practicing rotating tillage, improving soil fertility with foliages or wheat and rice stubbles, adopting labor-saving and high efficient cultivating techniques, are suggested. It is of great significance to the sustainable agriculture development in lower or middle-yield regions.
Key words: sandy soil area; soil fertility; organic matter

平原高沙土地区包括南通、扬州、泰州市的如皋、海安、江都、泰兴、靖江、姜堰等 6 个县市的大部分或部分地区, 总面积 3 441. 3 km², 耕地面积 19. 3 万 hm²。人均耕地仅有 0. 056 hm²。该区属亚热带湿润气候区, 年平均气温 14. 6℃, 年平均降水量 1 062. 2 mm。如皋市地处长江下游, 成土母质为江淮冲积物, 属石灰性土壤。全市耕地 8. 18 万 hm², 主要土壤类型有高沙土、夹缠土、黄泥土、灰夹缠土, 其中以高沙土面积最大, 占 80% 左右^[1]。与其它土壤类型相比, 高沙土有机质含量低, 养分含量小, 是该地区的一种低产土壤^[2](表 1)。

表 1 如皋市主要土壤类型性状比较

土壤类型	< 0. 01 mm 物理 性黏粒含量 / %	有机质 全 氮	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	代换量/ (mg · 100 g ⁻¹ 土)	耕层厚 / cm
高沙土	19. 1	0. 95 0. 073	3. 1	50. 2	7. 78	12. 3
夹缠土	25. 8	1. 10 0. 085	4. 7	64. 2	8. 31	12. 9
黄泥土	38. 3	1. 32 0. 099	3. 2	61. 1	10. 51	14. 1
灰夹缠土	27. 1	1. 34 0. 099	4. 4	74. 9	10. 22	12. 3

土壤有机质是土壤肥力的主要指标之一。据统计, 全市粮食、棉花单产与土壤有机质含量皆成正相关, 在高沙土上, 相关系数达 0. 990 5^[3]。因此, 研究高沙土有机质的变化规律

及提高途径, 对高沙土改良工作有十分重要的意义。

1 研究方法

1. 1 各项参数确定
秸秆自然归还量、秸秆腐殖化系数、土壤有机质年矿化率等参数确定: 参考他人研究成果, 再根据高沙土土壤特点加以必要的矫正算得。
1. 2 种植制度设立
根据当地情况, 设立九种植植制度(表 2)

2 结果分析

2. 1 保持 1990 年作物单产水平不施有机肥条件下的土壤有机质动态
在 1990 年的产量水平下, 若仅靠作物根茬等自然归还, 土壤有机质变化动态如表 3。在一个种植周期后(1996 年)年均亏损以旱作最多, 水旱轮作次之, 水稻连作略有盈余。1996 年三种类型土壤有机质含量分别为 0. 843%、0. 897%、0. 960%; 分别比 1990 年减少 11. 26%、减少 5. 58%、增加 1. 050%。据九种植植制度加权平均, 1996 年高沙土有机质

① 收稿日期: 2005-01-20
作者简介: 肖 海涛(1970-), 男, 工程师, 主要从事农田水利试验和水土保持工作。

平均含量为 0.906%,比 1995 年下降 4.63%。这表明,在 1995 年产量水平下根茬所积累的有机质,并不能保持旱作或水旱轮作种植制度原有土壤有机质含量,如不增施有机肥,其土壤有机质将会呈递减趋势。

表 2 如皋市九种种植制度			
类型	代号	熟制	种植方式
旱作	A1	麦棉两熟	大麦—棉花
	A2	旱三熟	大麦/玉米—大豆
水旱轮作	B1	两年四熟	小麦—中稻 大麦—棉花
	B2	两年五熟	大麦/玉米—后季稻 大麦—棉花
	B3	两年六熟	大麦/玉米—后季稻 大麦/玉米—大豆
	B4	三年七熟	大麦/玉米—后季稻 大麦—棉花 小麦—中稻
水稻连作	C1	稻麦两熟	小麦—中稻
水旱复种	C2	两年五熟	大麦/玉米—后季稻 大麦—中稻
	C3	三熟	大麦/玉米—后季稻

表 3 高沙土保持 1990 年单产水平不施有机肥条件下有机质变化										
种植制度(代号)		A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
有机质/ (kg·hm ⁻²)	自然归还量	600	980	890	940	1010	1150	1200	1240	1290
	年矿化量	1280	1270	1210	1240	1180	1250	1230	1190	1150
	年盈亏量	-680	-290	-320	-300	-170	-110	-30	50	140

2.2 保持 1990 年作物单产水平采取不同培肥措施对土壤有机质的影响

保持 1990 年作物单产水平,并采取每年稻麦留茬 5 cm(常规)、15 cm、25 cm、与 4 500 kg/hm² 玉米秸秆还田四种培肥措施,探讨对土壤有机质的影响。九种种植制度经过六年的种植后,土壤有机质发生了不同程度的变化(表 4)。不同培肥措施对提高土壤有机质作出了不同程度的贡献,稻麦留高茬 15 cm 对 B1、B2、C1、C2、C3 五种植种制度的有机质均能保持 1990 年水平,且有不同程度的增长,每年以 4 500 kg/hm² 玉米秸秆还田贡献最大。这说明在维持 1990 年作物单产水平前提下,一要采取相应培肥措施,二要选择适宜的种植制度。不进行旱改水种植制度的改革,不容易较大幅度地提高土壤有机质含量。

表 4 高沙土保持 1990 年单产水平不同培肥措施六年后有机质变化										
种植制度(代号)		A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
有机质/ %	4500 kg/hm ² 干玉米秆还田	0.93	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.09	1.10	1.11
	稻麦留高茬 25 cm	0.83	0.91	0.93	0.93	0.97	0.97	1.03	1.04	1.04
	稻麦留高茬 15 cm	0.82	0.90	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98
	自然不留高茬	0.80	0.88	0.86	0.87	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95

2.3 不同根茬残留量对土壤有机质的贡献

不施有机肥只施化肥,能不能持续增产的问题还有争议。这里假定每年产量仍以一定数量增长,计算不同产量水平的根茬对提高有机质的贡献。结果表明,高产田自然归还量显著大于低产田,在不同种植制度之间存在显著差异。高产田连年水旱复种增加 292.6 kg/hm²,比旱作多 55.5 kg/hm²。计算还表明,不施有机肥而依靠自然归还所积累的有机质,旱作种植制度不能保持 1995 年土壤有机质水平,必须通过增施有机肥给予补偿。

2.4 在高产条件下培肥对土壤有机质的影响

在高产与培肥条件下,经六年种植后(表 5),各种培肥途径下土壤有机质的含量皆有不同程度的增长,其中以 4 500 kg/hm² 玉米秸秆还田增长率最高,增长率达 15.7%,

以稻麦留高茬 15 cm 为最小,增长幅度为 6.8%。不同种植方式之间有机质变化差异很大。稻麦留高茬 15 cm 在旱作条件下有机质降低 3.5%,而在水旱轮作下增长 15.7%。4 500 kg/hm² 玉米秸秆还田在旱作条件下,有机质增长 8.8%,而连年水旱作物复种增长 24.1%。

表 5 高沙土持续增产且采取不同培肥六年后有机质变化										
种植制度(代号)		A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
有机质/ %	4500 kg/hm ² 干玉米秆还田	0.99	1.07	1.06	1.07	1.11	1.12	1.14	1.16	1.18
	稻麦留高茬 25 cm	0.91	0.97	1.01	1.01	1.06	1.05	1.13	1.14	1.15
	稻麦留高茬 15 cm	0.88	0.95	0.96	0.97	0.99	0.99	1.05	1.06	1.07
	自然不留高茬	0.86	0.94	0.92	0.93	0.94	0.96	0.98	1.00	1.01

3 提高土壤有机质的技术途径^[4]

3.1 优化种植制度

高沙土旱粮连作,不利于土壤养分积累,特别在缺乏有机肥的状况下,土壤将会愈来愈贫瘠。旱改水后,有利于积累土壤有机质,但由于粗砂定浆板结,土壤非毛管孔隙度明显减少,容重与毛管孔隙度明显增大,不利于后茬根系发育。实行水旱轮作,水旱作物交替种植,土壤理化性状将得到改善。在稻麦成熟期土壤测定结果表明,土壤容重与有机质水作上升、旱作下降的趋势十分明显;容重与有机质呈极显著正相关,相关系数 $r=0.736$ ($n=18$),直线回归方程 $y=-1.273+1.574x$ 。

根据如皋市全国第二次土壤普查资料统计,土壤物理性黏粒含量与有机质、速效钾均成极显著正相关,相关系数 r 分别为 0.961、0.975。增加土壤黏粒含量,是提高高沙土肥力水平的有效技术措施,但由于客土改良难度较大,在实际工作中难以推广应用。旱改水后,可充分利用现有灌溉设施,引江水灌溉,沉积红泥,改良土质。据测定 1 m³ 江水(灌溉渠水)中含红泥 1.36 kg,变幅 0.74~1.88 kg,种一熟水稻每 hm² 可沉积红泥 12 000 kg,红泥中<0.01 mm 的物理性黏粒为 42.9%,是高沙土含量的 2 倍多。从 20 世纪 80 年代初开始大规模平整高沙土实行旱改水后,经过多年水旱轮作后,大大改善了土壤砂黏比例与理化性状。

“两旱一水,两年五熟”不仅产量高,而且土壤理化性状比其它种植制度得到了较好的改善。根据三年试验结果:0~30 cm 土壤速效钾 98.6 mg/kg,比试验前增加 57.1 mg/kg,比对照增加 11.4 mg/kg;0~21 cm 土壤容重 1.31 g/cm³,比试验前减小 0.05 g/cm³,比对照减小 0.02 g/cm³;0~21 cm 土壤穿透阻力 10.30 kg/cm²,比对照减小 3.07 kg/cm²;0~30 cm 土壤有机质含量 10.8 g/kg,比试验前增加 1.2 g/kg。“两旱一水”三熟制的单产比小麦—中稻增加 2 112 kg/hm²,增产率 18.61%。小麦—中稻复种方式不增施有机肥,其物理形状难以得到改善,作物产量及根茬残留量将受到制约。“两旱一水”三熟制可以与其它复种方式组成多种轮作制度,以增强其灵活性与适应性,促进在生产上的应用推广。

3.2 合理耕作,协调土壤供养关系

据如皋市农业科学研究所 1990~1995 年在高沙土地区进行的不同土壤耕作法定位试验结果表明(表 6),频繁的耕翻或连续免耕对土壤培肥和作物生长都会带来利弊两方面影响。传统的常规耕翻方式(简称为常耕),有利于加深耕层,疏松土壤,翻埋秸秆,深施基肥,消灭杂草等功能,但常规耕作程序多、花工多、耗能多,易造成水土流失和养分的耗散,

特别是高沙土矿化率高, 频繁的耕翻会加速有机质的消耗, 显然已经不适应农业生产可持续发展要求。

近 10 年来的研究和生产实践表明, 对土壤进行连续的少免耕也不利于农田土壤生态系统的良性发展。在高沙土地

表 6 不同耕法对高沙土土壤有机质与含氮的垂直分布及土壤有机质活性的影响

项目	有机质/(g·kg ⁻¹)				全氮/(g·kg ⁻¹)				有机质活性系数			
	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	21~30 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	21~30 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	21~30 cm
常规耕	12.0	11.1	7.8	4.1	0.88	0.84	0.82	0.38	0.825	0.837	0.819	0.826
少耕	12.9	11.4	7.8	4.5	1.02	0.84	0.64	0.40	0.854	0.836	0.817	0.841
免耕	13.5	9.6	7.9	5.6	1.02	0.76	0.64	0.47	0.796	0.809	0.763	0.780

免耕土壤有机质的矿化率低于常规耕, 从易氧化有机质测定结果分析(表 6), 免耕有机质活性系数(易氧化有机质与有机质之比)比常规耕低, 而常规耕有机质含量却比免耕低, 这表明免耕土壤有机质大于常规耕主要是降低了有机质活性的结果。虽然耕翻会加速土壤有机质的消耗。免、少耕有利于有机质的积累, 但耕翻土壤的有机质活性要比免耕高 5.9%。从有机质的积累与分解, 协调供养关系考虑, 必须采取以免、少耕为主体, 与耕翻配套的耕作方式, 各种种植制度下 1~2 年耕翻一次为宜。

3.3 采取培肥措施, 增加有机肥投入

高沙土养分低, 结构差, 单施化肥, 不施或少施有机肥, 很难达到年产粮食 15 000 kg/hm² 的指标。该地区有机肥种类很多, 但从肥源、省工及其增肥效果考虑, 应该以秸秆还田为主, 其中又以稻麦留高茬直接还田和玉米秸秆直耕还田较现实。根据稻麦留高茬两熟结果分析(表 6), 在留茬高度 0~45 cm 范围内, 留 15 cm、30 cm、45 cm 三个处理的土壤有机质分别为 0.93%、0.97%、1.02%, 比对照 0.89% 提高了

参考文献:

- [1] 沈波, 胡海波, 肖海涛. 通南高沙土区农田土壤侵蚀规律研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 129–131.
- [2] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996.
- [3] 陶澍. 应用数理统计方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [4] 肖海涛, 陈国德, 姜国华, 等. 平原高沙土区合理种植及耕作方式对土壤性状的影响[J]. 水土保持通报, 2003, 23(3): 21–23.

(上接第 85 页)

的投入特征是颇值得研究的问题。对该问题的研究对评价由于不合理的投入所带来的环境问题及指导不同类型农户进

参考文献:

- [1] 张晓平. 农村土地可持续利用的农户行为分析[J]. 河南大学学报(自然科学版), 1999, 29(4): 61–64.
- [2] 赵登辉, 丁振国. 农户经济行为的分析与土地可持续利用[J]. 中国人口·资源与环境, 1998, 8(4): 51–55.
- [3] 周飞, 刘朝晖. 论农户兼业化与土地可持续利用[J]. 农村经济, 2003, (2): 17–18.
- [4] 陈佑启, 唐华俊. 我国农户土地利用行为可持续性的影响因素分析[J]. 中国软科学, 1998, (9): 93–96.
- [5] 欧阳进良, 宋春梅, 宇振荣, 等. 黄淮海平原农区不同类型农户的土地利用方式选择及其环境影响——以河北省曲周县为例[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 1–11.
- [6] 包纪祥, 卢志伟. 土地管理与农地规划[M]. 陕西杨陵: 天则出版社, 1989.
- [7] 史清华, 张惠林. 农户家庭经营非农化进程与历程研究[J]. 经济问题, 2000, 4: 45–48.
- [8] 谭淑豪, 曲福田, 黄贤金. 市场经济环境下不同类型农户土地利用行为差异及土地保护政策分析[J]. 南京农业大学学报, 2002, 24(2): 110–114.
- [9] 徐谦. 我国化肥和农药非点源污染状况综述[J]. 农村生态环境, 1996, 12(2): 39–43.
- [10] Dag O Hessen, et al. 氮流失对淡水和海洋受体富营养化的重要意义[J]. AMBIO—人类环境杂志, 1997, 26(5): 306–313.
- [11] Boers P C M. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands, Causes and remedies[J]. Water Science and Technology, 1996, 33: 183–189.
- [12] 樊军, 郝明德. 旱地农田土壤剖面硝态氮累积的原因初探[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(3): 263–266.

区, 少免耕有利于土壤有机质、全氮等养分的积累, 加上肥料表施与土壤表层根茬残留, 致使土壤养分向上层富集, 7~14 cm 土层中主要养分的含量显著小于常规耕翻, 影响了根系向纵深发展, 使作物增产的潜力受到限制。

3.33%、8.89%、14.44%。但与试验前相比较, 对照与留 15 cm 两个处理的有机质分别比试验前下降 4.26%、1.06%, 而 30 cm 与 45 cm 两个处理分别比试验前增加 3.19%、8.51%, 这说明高沙土区留茬高度至少在 15 cm 以上, 才能保持土壤有机质不下降, 土壤全氮与有机质呈同样趋势。

表 7 不同高度稻麦茬还田对土壤有机质含量(g/kg)的影响

处理	CK	留茬 15 cm	留茬 30 cm	留茬 45 cm
处理前	9.4	9.4	9.4	9.4
处理后	8.9	9.3	9.7	10.2

3.4 提高根茬产量, 增加自然回归

采用科学的栽培技术, 合理施用化肥, 以提高作物产量, 这不仅提高了土地的经济产出, 也为有较多的秸秆还田创造条件, 还可以增加根茬残留量。根茬残留量不仅与生产量有关, 也与收割方式密切相关。在高沙土少数地区收获麦子时, 还有连拔的习惯, 大豆落叶还要拾净扫清, 这些都减少了自然回归量, 应尽量予以避免。