

# 平原高沙土区合理种植及耕作方式对土壤性状的影响

肖海涛<sup>1</sup>, 陈国德<sup>2</sup>, 姜国华<sup>3</sup>, 石民<sup>3</sup>

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

**摘要:** 研究了平原高沙土地区合理种植、水旱轮作、合理轮耕和秸秆还田增肥改土技术对土壤理化性状的影响。结果认为“两旱一水, 两年五熟”不仅产量高, 而且土壤理化性状得以改善; 水旱轮作可增加土壤黏粒含量, 提高高沙土肥力水平; 合理轮耕可充分发挥少免耕的优势, 达到增肥、改土、省工的目的; 通过稻麦留高茬和玉米秸秆还田, 可直接提高土壤肥力, 从而提高农作物产量。该试验与推广取得了明显成效, 促进了生态农业良性循环。

**关键词:** 高沙土; 种植制度; 耕作方式; 土壤性状

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)03-0021-03

中图分类号: S158

## Effects of Rational Cropping and Tillage Methods on Soil Properties in Soil with High-content Sands of Plain Area

XIAO Hai-tao<sup>1</sup>, CHEN Guo-De<sup>2</sup>, JIANG Guo-hua<sup>3</sup>, SHI Min<sup>3</sup>

(1. Rugao Water Resources Test Station, Rugao 226551, Jiangsu Province, China; 2. Rugao Institute of Agricultural Science, Rugao 226576, Jiangsu Province, China; 3. Rugao Water Affairs Bureau, Rugao 226500, Jiangsu Province, China)

**Abstract:** The effects of rational planting, the paddy-upland system, rotational tillage and mulching corn straws on physical and chemical characteristics of soil with high-content sands of plain area were studied. The results showed that the system of “twice upland and one paddy, five times cereal cropping system in two years” could not only raise crop production, but also improve the physical and chemical properties of soil. The paddy-upland system increased clay dispersion content and soil fertility. The rotation tillage, minimum tillage and non-tillage practices were beneficial to improve soil fertility, increase soil properties and save man power. The mulching corn straws had very significant profit on raising soil fertility and crop yield. The experiment and its application were successful and may support a virtuous cycle of eco-agriculture.

**Keywords:** soil with high-content sands; cropping system; tillage methods; soil properties

平原高沙土区地处长江下游, 包括江苏南通、扬州、泰州的如皋、海安、江都、泰兴、靖江、姜堰县的大部或部分地区, 总面积 3441.30 km<sup>2</sup>, 耕地面积 1.93 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>, 人均耕地仅剩 560 m<sup>2</sup>。高沙土属石灰性土壤, 由于质地偏砂 (<0.01 mm 物理性黏粒含量为 19.10%), 易淀浆板结, 通透性强, 水、肥流失严重<sup>[1]</sup>, 有机质和全氮含量分别为 1% 和 700 mg/kg, 80% 以上的土壤速效磷小于 5 mg/kg, 30% 以上土壤速效钾低于 60 mg/kg, 属典型低产土壤<sup>[2]</sup>。1949 年开始, 通过兴修水利, 平整土地, 发展灌溉设施, 改革耕作制度及改进栽培技术, 促进了农业生产发展。本文运用生态学原理, 以近年来合理种植、轮耕培肥等试验资料为依据, 结合生产经验, 研究改良高沙土的主要配套措施对土壤理化性状及作物生长与产量的影响。

## 1 合理种植技术

高沙土地区人多地少, 合理利用温、光、水等自然资源, 适当提高复种指数, 走主攻单产与多熟制增产相结合的路子, 利用经济产量与生物产量同步增长的关系增加秸秆与根茬归还量, 不断提高土地的生产力, 是平原高沙土地区农业生产持续稳定增长的有效途径。

该地区平均日照 2040.280 h, 年辐射量 453.6-491.4 kJ/cm<sup>2</sup>, 年平均气温 14.6℃-15.5℃, ≥0℃积温 5223℃。光温资源两熟有余, 三熟偏紧。为了改革麦一稻和旱粮连作不合理的耕作制度, 推广麦//蚕豆/玉米一后季稻“两旱一水”三熟制共需活动积温 7175℃-7617℃, 相差 1952℃-2394℃, 但玉米采取温床

育苗和麦田套栽技术, 后季稻采取稀播、长秧龄栽培途径, 可争得积温  $2462^{\circ}\text{C}$ , 光温资源可以满足三熟制的要求。“两旱一水”三熟制可与麦—稻或麦—棉组成两年五熟制。定位试验结果表明(表 1), “两旱一水”三熟制的经济产量比稻麦两熟对照增产 18.6%; 生物产量比对照增产 14.7%; 光能利用率比对照提高了 18.1%; 同时土地覆盖率也显著提高。不同种植制度相比较, “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明显改善。根据 3 a 试验结果(表 2), 0—30 cm 的土壤速效钾  $98.6\text{ mg/kg}$ , 比试验前增加  $57.1\text{ mg/kg}$ , 比对照增加  $11.4\text{ mg/kg}$ ; 0—21 cm 土壤容重  $1.31\text{ g/cm}^3$ , 比试验前减小  $0.05\text{ g/cm}^3$ , 比对照减小  $0.02\text{ g/cm}^3$ ; 0—21 cm 土壤穿透阻力  $10.30\text{ kg/cm}^2$ , 比对照减小  $3.07\text{ kg/cm}^2$ 。

从不同种植制度的经济、社会、生态综合效益分析, “两旱一水、两年五熟”均优于其它种植制度。据统计仅如皋市 1979—1988 年由于推行“两旱一水、两年五熟”种植制度, 累计增产粮食  $4.09 \times 10^8\text{ kg}$ , 净增产值  $6.13 \times 10^8\text{ 元}$ 。其中两旱一水三熟产量  $12382.5\text{ kg/hm}^2$ , 比稻麦两熟  $10173\text{ kg/hm}^2$  增产  $2209\text{ kg/hm}^2$ , 增产率 21.7%。对平原高沙土的改良及江苏省耕作制度改革产生了积极影响。

表 1 两种不同种植方式的资源利用率

种植方式	经济产量/ ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	生物产量/ ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	覆盖土利用积 地/d	光能利 温/ $^{\circ}\text{C}$	用率/%
大麦+蚕豆/ 玉米—稻	13844	29794	463	6765	2.02
小麦—稻	11267	25408	345	4575	1.64

表 2 “两旱一水”种植方式对土壤理化性状影响

项 目	土壤容重/ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	总孔隙度/ %	毛管孔隙度/ %	有机质/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效磷/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
试验前	1.36	50.3	39.6	9.6	6.73	41.5
试验后	1.31	53.5	41.2	10.8	8.65	98.6

## 2 水旱轮作技术

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, 但由于粗砂淀浆板结, 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<sup>[3]</sup>, 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 2 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  $1\text{ m}^3$  江水(灌溉渠水)中含红泥  $1.36\text{ kg}$ , 变幅  $0.741\text{--}1.88\text{ kg}$ , 种一年熟水稻每  $1\text{ hm}^2$  可沉积红泥  $12000\text{ kg}$ , 红泥中  $<0.01\text{ mm}$  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。

## 3 合理轮耕技术

据如皋市农业科学研究所 1986—1990 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, 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(简称为常规耕), 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 a 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。

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, 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。不同土壤理化性状引起了耕层分布的差异。免耕在土壤层 11 cm 处出现穿透阻力大于  $15\text{ kg/cm}^2$  影响根系发育的障碍

层,而少耕与常规耕大于  $15 \text{ kg/cm}^2$  障碍层分别出现在 13 cm 与 15 cm。由于穿透阻力的影响,致使 75%—80% 的根系集中在 0—7 cm 土层中,7—14 cm 只占常规耕的 50% 左右。又根据土壤容重与根量相关分析结果,土壤容重在  $1.22 \sim 1.27 \text{ g/cm}^3$  范围内与根量呈显著正相关,相关系数为 0.217 ( $n = 100$ ); 土壤容重在  $1.34 \sim 1.41 \text{ g/cm}^3$  范围内与根量呈显著负相关,相关系数为 -0.277 ( $n = 100$ )。免耕土壤 07 cm 的容重为  $1.27 \text{ g/cm}^3$ ,比常规耕大  $0.03 \text{ g/cm}^3$ ,对作物根系影响不大;但 714 cm 的容重为  $1.40 \text{ g/cm}^3$ ,比常规耕大  $0.06 \text{ g/cm}^3$ ,对根系产生了不良的影响。因此不同耕法耕层分布的差异对根系活力与植株营养和光能利用率产生不同影响。

后季稻不同生育期伤流量(植株人为割开伤口流汁量)分析(表 3),大约在抽穗 20 d 内,免耕 > 少耕 > 常规耕,30 d 后差异不明显,40 d 后常规耕 > 少耕 > 免耕。由于根系活力在生育中后期呈递减趋势,影响了土壤营养的吸收和利用。以后季稻齐穗期测定结果为例,免耕倒 5 叶单株叶面积比常规耕增加 4.79%,而倒 4 叶至剑叶分别比常规耕减少 3.68%, 4.09%, 7.12%, 11.14%。由于植株营养的不足,缩短了叶片功能期,其中剑叶寿命平均缩短 1.52.0 d,倒 2 叶缩短 4.75.5 d,这是作物早衰的标志。因此,免耕作物较常规耕要早熟 23 d,从而影响了千粒重,制约了免耕早发的增产优势。

表 3 不同耕法对植株伤流量的影响  $\text{mg}/(\text{株} \cdot \text{h})$

时间	0908	0917	0927	1010
常规耕	39.5	50.8	49.5	9.0
少耕	44.2	55.4	51.6	6.6
免耕	44.4	57.1	48.3	5.1

为了充分发挥少免耕的优势,改善生育后期的营养条件与提高根系活力,必须采取以少免耕为主体与深耕相配套的轮耕制,即在种植周期的一定期限,实施常耕,改善土壤理化环境。从该地区土壤、气候、农情等综合因素考虑,平原高沙土以“两年五熟、水旱轮作”为主干种植制度下的合理轮耕模式应为:麦//蚕豆(免耕)/玉米(少耕)—后季稻(旋深 7—10 cm,即少耕)→麦(免耕)—中稻(常规耕),这种二免、二少与一耕的轮耕模式,可以达到省工、节本、增产、培肥的目的。据如皋市农林局统计,如皋市从 1991—2000

年推广应用累计达  $1.63 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,此种轮耕模式已被农民广为接受。

#### 4 秸秆还田增肥改土技术

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  $15000 \text{ kg/hm}^2$  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 4),在留茬高度 045 cm 范围内,留 15, 30, 45 cm 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 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 4 不同高度稻麦茬还田对土壤有机质含量影响  $\text{g}/\text{kg}$

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

玉米秸秆还田对补偿土壤养分及改善土壤物理性状的效果很好,高沙土地区如皋市已大面积推广应用玉米秸秆还田技术。根据对该市 6 个乡镇 7 个典型田块调查结果,玉米秸秆年平均直耕还田  $3.535 \text{ hm}^2$ ,还田平均 4.4 a 次,表土 0—20 cm 土壤有机质含量平均为 1.11%,比对照增加 0.14 个百分点,速效钾含量  $48 \text{ mg}/\text{kg}$ ,比对照增加  $7.10 \text{ mg}/\text{kg}$ ,土壤容重  $1.30 \text{ g}/\text{cm}^3$ ,比对照降低  $0.06 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。玉米秸秆还田后,由于改善了土壤理化性状,增产效果明显,根据 12 块田  $9.7 \text{ hm}^2$  的调查统计,比对照增产 26.10%。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 胡海波,林文棣,等.江苏沿海平原沙土区土壤侵蚀规律研究[J].南林大学学报,1992,16(2):25—30.
- [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.