

洼涝盐渍土“淡化肥沃层”的 培育与功能的研究

严慧峻 魏由庆 刘继芳 张锐

(中国农科院土肥所, 100081)

高峻岭 许建新 马卫萍

(中国农科院德州站)

摘 要

本文通过1986—1993年微区及大田试验说明,对洼涝盐渍土采用不同培肥措施,培育“淡化肥沃层”,改善了土壤理化生物状况,提高了土壤肥力。因此,在不减少土体盐贮量的条件下,以“肥”调控水盐,把盐分调节在土壤表层40cm根系活动层以下,在作物主要根系活动层创造一个良好的肥水盐生态环境,以利实现高产。

关键词 盐渍土,淡化肥沃层,肥盐水

在黄淮海667万公顷低产土壤中,约有133.3万公顷是未改造好的洼涝重盐渍土。由于其地处冲积平原大型洼地边缘,地下迳流迟缓,潜水埋深浅,矿化度高,土壤盐分含量高且表聚。目前,洼涝盐渍区区域土壤水分排泄仍以蒸散为主,土体盐分是累积趋势。我们认为,强化土壤培肥工程,实行高层次农水结合,建立“淡化肥沃层”,加强土壤自身调节能力是改良和利用洼涝盐渍土的重要途径。

一、试验条件和方法

(一) 试验条件

试验地位于马颊河中游段古黄河背河槽状洼地陵县试区。该区属温暖带半湿润季风气候,年均气温 12.5°C ,年均降水量600mm,雨量分布不均,大部分集中在夏季,年际间降水量变幅大,丰水年与枯水年相差2—3倍,高达7倍。年蒸发量为年降水量3倍左右。

试验土壤为黄河冲积母质发育而成的盐渍土,潜水埋深2m左右,土壤质地为通体粉砂壤土,毛管水活动强烈。

(二) 试验方法

试验研究以微区试验为主,并配合田间试验和室内培养试验。微区试验自1987年至1993年,微区面积 $4\text{m}^2(2 \times 2)$,1m土体四周封闭,下不封底,0—20cm土壤混匀后回填入池,土壤理化性质见表1。试验设10个处理,麦秸7500kg/ha,麦秸15t/ha,麦秸30t/ha,牛粪7800t/ha,猪粪7770kg/ha,羊粪7905kg/ha,羊粪15t/ha,羊粪30t/ha,化肥,对照。采用“2个平衡”方法:1.盐分平衡,每年冬灌进行一次盐分平衡,即1m土体实测盐分含量与土体盐分含量 $1.5\text{g}/\text{kg}$ 之差,称取混合盐随灌溉水加入

土壤。2. 水分平衡, 每次灌水前测定 1m 土体土壤水分含量, 以田间持水量 (230g/kg) 与实测水分含量之差进行平衡灌溉。

田间试验, 自 1986 年至 1988 年, 试验布置在地形低洼, 排水不畅, 表层盐分分布不均的白潮盐土上。土壤盐分含量和组成见表 2。试验分为 5 个处理, 牛、猪、羊粪, 麦秸每公顷各 15t, 化肥对照。各处理年每公顷施化肥 450kgN, 120kgP₂O₅, 作物为小麦-玉米。

土壤养分、盐分、物理性质采用常规土壤分析方法。盐分形态采用 724 型电超滤技术浸提。

表 1 微区土壤性状

Table 1 Properties of soil in the microplots

| 颗粒组成(%) Particle composition | | | 质地 Texture | 有机质 M.O. (g/kg) | 全氮 Total N (g/kg) | 全磷 Total P (g/kg) | 全钾 Total K (g/kg) | 速效磷 Available P (mg/kg) | 水解氮 Hydrolyzable N (mg/kg) | 容重 Bulk density (g/cm ³) |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|---------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|
| 粘粒 Clay <0.002mm 16 | 粉粒 Silt particle 0.02-0.002mm 21 | 细砂粒 Fine sand 0.2-0.02mm 63 | | | | | | | | |
| | | | 粉砂壤土 | 7.09 | 0.395 | 1.63 | 17.0 | 4.36 | 35.28 | 1.32 |

表 2 大田试验土壤盐分组成

Table 2 Salt components of salt-affected soil in the filed experiment

| 土层 Layer (cm) | 全盐 Total salt (g/kg) | pH (1:5) | 阴离子 Anion , cmol(-)/kg | | | | 阳离子 Cation (cmol(+)/kg) | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|
| | | | Cl ⁻ | $\frac{1}{2}$ SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | $\frac{1}{2}$ CO ₃ ²⁻ | $\frac{1}{2}$ Ca ²⁺ | $\frac{1}{2}$ Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ |
| 0-5 | 14.03 | 8.35 | 22.88 | 8.09 | 0.397 | — | 2.81 | 4.93 | 27.0 | 0.256 |
| 5-20 | 6.55 | 8.50 | 8.75 | 3.77 | 0.443 | — | 1.13 | 1.29 | 11.5 | 0.128 |
| 20-40 | 3.24 | | 3.66 | 2.45 | 0.708 | — | 0.443 | 0.563 | 8.69 | 0.064 |

二、结果与讨论

(一) 培育“淡化肥沃层”的机理

1. 培肥与土壤有机质的累积 大量研究表明^[1-3], 土壤有机质能有效地改善土壤理化生物学性状, 黄淮海地区土壤有机质含量稳定在 10g/kg 以上, 结合良好的水肥管理, 一般可满足一年两熟稳产高产要求。如果在内陆盐渍生态环境下, 土壤有机质含量达 10g/kg, 开始具有抑盐作用。

微区试验采用秸秆直接还田, 秸秆过腹还田-粪肥, 化肥和对照等不同种类有机肥和同一品种不同用量有机肥, 经过 6 年培肥, 0-20cm 土壤有机质含量有不同程度增加(表 3)。顺序为麦秸 30t/ha > 羊粪 30t/ha > 麦秸 15t/ha > 牛粪 7800kg/ha > 羊粪 15

t/ha > 麦秸 7800kg/ha > 猪粪 7770kg/ha > 羊粪 7905kg/ha > 化肥 > 对照。

表 3 不同培肥措施下土壤有机质含量的变化 (g/kg)

Table 3 Variations in the soil organic matter content under conditions of different fertilization measures (g/kg)

| 年分 Year | 麦秸 Wheat straw (7500kg/ha) | 猪粪 Pig dung (7770kg/ha) | 牛粪 Cattle dung (7800kg/ha) | 羊粪 Sheep dung (7905kg/ha) | 化肥 Chemical fertilizer | 对照 CK | 麦秸 Wheat straw (15t/ha) | 麦秸 Wheat straw (30t/ha) | 羊粪 Sheep dung (15t/ha) | 羊粪 Sheep dung (30t/ha) |
|------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1987 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 | 7.09 |
| 1988 | 7.83 | 7.12 | 8.58 | 7.89 | 7.46 | 7.49 | 8.96 | 8.53 | 7.75 | 7.90 |
| 1989 | 9.49 | 9.33 | 8.73 | 9.07 | 8.60 | 8.50 | 9.45 | 10.5 | 9.46 | 9.67 |
| 1990 | 9.87 | 9.43 | 9.39 | 9.33 | 8.74 | 8.60 | 11.2 | 13.1 | 10.3 | 11.4 |
| 1992 | 11.2 | 10.5 | 10.7 | 10.1 | 9.70 | 8.60 | 11.8 | 13.5 | 11.0 | 12.7 |
| 1993 | 11.4 | 10.9 | 11.6 | 10.1 | 9.90 | 9.70 | 12.1 | 13.6 | 11.4 | 13.1 |

根据数学方法研究土壤有机质年变化 Jenny 基本原理, 土壤有机质的年变化是由有机质的补充量和分解量 Jenny 积分, 公式可表示为:

$$OM = OMe - (OMe - OM_0)e^{-rt}$$

式中 OM 为有机质含量; OMe 为最大平衡有机质含量; r 为有机质分解率; t 为时间。用此公式对不同培肥措施下 6 年的土壤有机质含量变化结果进行回归拟合, 得到回归有机质平衡含量, 平均年分解率和有机质年投入量(表 4); 用回归方程预测土壤有机质未来年份的含量变化(表 5)。

上述可见, 内陆盐渍土采用秸秆还田, 施用粪肥和化学肥料, 3—5 年后, 0—20cm 土壤有机质含量能达到 10g/kg 以上。有机质达最高量平衡时间与有机质分解率相关, 分解率高, 平衡时间短, 如麦秸 30t/ha 处理, 23 年达平衡, 而厩肥和化肥处理, 则需 53 年达平

表 4 不同培肥措施下土壤有机质平衡含量、平均分解率和回归的有机质年投入量结果

Table 4 Equilibrium contents, average decomposition rates and regressive yearly input of organic matter in the soil under conditions of different fertilization measures

| 回归参数 Regression parameter | 麦秸 Wheat straw 7500kg/ha | 猪粪 Pig dung 7770kg/ha | 牛粪 Cattle dung 7800kg/ha | 羊粪 Sheep dung 7905kg/ha | 化肥 Chemical fertilizer | 对照 CK | 麦秸 Wheat straw 15t/ha | 麦秸 Wheat straw 30t/ha | 羊粪 Sheep dung 15t/ha | 羊粪 Sheep dung 30t/ha |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Xe | 12.5 | 13.5 | 13.8 | 12.0 | 11.8 | 10.5 | 13.5 | 14.7 | 12.6 | 14.7 |
| r | 0.25 | 0.15 | 0.15 | 0.17 | 0.15 | 0.22 | 0.25 | 0.35 | 0.25 | 0.25 |
| A | 3.1 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 2.3 | 3.4 | 5.1 | 3.1 | 3.7 |
| R | 0.977 | 0.951 | 0.956 | 0.975 | 0.970 | 0.964 | 0.995 | 0.991 | 0.988 | 0.988 |

注: 表中 R 为回归拟合的相关系数, 各处理 R 值均为极显著水平 ($R_{0.05} = 0.8114$, $R_{0.01} = 0.9172$, $n - 2 = 4$) Xe, r, A 的单位分别是 g/kg, yr⁻¹, g/kg/yr。

表 5 不同培肥措施下土壤有机质未来预测 (g/kg)

Table 5 Prediction of organic matter in the soil under the conditions of different fertilisation measures (g/kg)

| 处 理 Treatment | 年 份 Years | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1994 | 1995 | 1997 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| | 历 经 年 数 Time (years) | | | | | | | | |
| | 7 | 8 | 10 | 13 | 23 | 33 | 43 | 53 | 63 |
| 麦 秸 (7500kg/ha) | 11.52 | 11.74 | 12.04 | 12.28 | 12.48 | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 |
| 猪 粪 (7770kg/ha) | 11.18 | 11.50 | 12.02 | 12.56 | 13.29 | 13.45 | 13.49 | 13.50 | 13.50 |
| 牛 粪 (7800kg/ha) | 11.50 | 11.82 | 12.33 | 12.86 | 13.59 | 13.75 | 13.79 | 13.80 | 13.80 |
| 羊 粪 (7905kg/ha) | 10.49 | 10.72 | 11.08 | 11.44 | 11.89 | 11.98 | 12.00 | 12.00 | 12.00 |
| 化 肥 | 10.15 | 10.38 | 10.75 | 11.13 | 11.65 | 11.77 | 11.79 | 11.80 | 11.80 |
| 对 照 | 9.74 | 9.89 | 10.11 | 10.30 | 10.48 | 10.50 | 10.50 | 10.50 | 10.50 |
| 麦 秸 (15t/ha) | 12.40 | 12.64 | 12.98 | 13.25 | 13.48 | 13.50 | 13.50 | 13.50 | 13.50 |
| 麦 秸 (30t/ha) | 14.01 | 14.21 | 14.46 | 14.62 | 14.70 | 14.70 | 14.70 | 14.70 | 14.70 |
| 羊 粪 (15t/ha) | 11.62 | 11.84 | 12.14 | 12.38 | 12.58 | 12.60 | 12.60 | 12.60 | 12.60 |
| 羊 粪 (30t/ha) | 13.30 | 13.61 | 14.04 | 14.39 | 14.67 | 14.70 | 14.70 | 14.70 | 14.70 |

衡。有机质最大平衡点是与施有机肥品种与数量有关,如羊粪 30t/ha 处理,平衡点为 14.7g/kg,羊粪 15t/ha 处理,平衡点为 12.6g/kg,羊粪 7905kg/ha 处理,平衡点为 12.0g/kg。说明随有机肥投入量的增加,土壤有机质在更高水平上达平衡。而等碳量处理:猪粪有机质最大平衡点为 13.5g/kg,牛粪 13.8g/kg,麦秸为 12.5g/kg,说明土壤有机质的累积与施用的有机肥品种有关,分解率(r)低,平衡点高。

2. 培肥对土壤全氮的影响 微肥区土壤经过 6 年培肥,土壤中全氮的积累量随土壤有机质含量的变化而变化。有机肥培肥的土壤,0—20cm 土层中的全氮含量均比化肥培肥的效果好,更优于对照。用同一种有机肥培肥,施用量高的土壤全氮增长快(表 6)。羊粪 7905kg,15t,30t 处理,1993 年土壤全氮含量比 1987 年培肥前分别增加 80%,130%,135%;麦秸 7500kg,15t,30t 处理,分别增长为 77.5%,128%,132%。等碳量不同种类有机肥,麦秸 7500kg,牛粪 7800kg,羊粪 7905kg,猪粪 7770kg,全氮分别增加 77.5%,77.5%,80%,90%。说明增加土壤全氮,粪肥效果比麦秸好。以 1993 年 10 组有机质含量为(x),同年全氮含量为(y),进行直线回归分析,得回归方程 $y_{\text{全氮}} = -0.122 + 0.079x_{\text{有机质}}$

表 6 不同培肥措施对土壤全 N 的影响 (g/kg)

Table 6 Effects of different fertilization measures on total nitrogen of the soil (g/kg)

| 年份 Year | 牛粪 Cattle dung 7800kg/ha | 猪粪 Pig dung 7770kg/ha | 羊粪 Sheep dung 7905kg/ha | 羊粪 Sheep dung 15t/ha | 羊粪 Sheep dung 30t/ha | 麦秸 Wheat straw 7500kg/ha | 麦秸 Wheat straw 15t/ha | 麦秸 Wheat straw 30t/ha | 化肥 Chemical fertilizer | 对照 CK |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------|
| 1987 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 1993 | 0.71 | 0.76 | 0.72 | 0.92 | 0.94 | 0.71 | 0.93 | 0.93 | 0.65 | 0.59 |
| 5 年绝对 增量 | 0.31 | 0.36 | 0.32 | 0.52 | 0.54 | 0.31 | 0.53 | 0.53 | 0.25 | 0.19 |
| 5 年相对 增量(%) | 77.5 | 90.0 | 80.0 | 130 | 135 | 77.5 | 128 | 132 | 62.5 | 47.5 |

表 7 不同培肥措施对土壤生物活性的影响

Table 7 Effects of different fertilization measures on soil bioactivity

| 理 处 T reatment | 细菌总数 Sum of bacteria (cells/g soil) | 固氮菌 Nitrogen-fixing bacteria (cells/g soil) | 枯草菌总数 Bacillus subtilis (cells/g soil) | 纤维分解菌 Cellulose-decomposing bacteria (cells/g soil) | 磷酸化酶 Phosphorylase (mg/100g 24h, 37°C) | 脲酶 Uricase (mg/100g 24h, 37°C) | 蔗糖酶 Sucrase (mg/100g 24h, 37°C) |
|-------------------------|---|--|--|--|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 牛粪 (7800kg/ha) | 1.1×10^7 | 6.6×10^5 | 0 | 2.6×10^3 | 6.88 | 0.330 | 8.19 |
| 猪粪 (7770kg/ha) | 3.6×10^4 | 4.3×10^5 | 0 | 4.0×10^3 | 33.4 | 0.389 | 8.92 |
| 羊粪 (7905kg/ha) | 5.6×10^8 | 6.9×10^5 | 2.0×10^4 | 4.4×10^3 | 13.8 | 0.326 | 8.24 |
| 羊粪 (15t/ha) | 3.2×10^8 | 8.1×10^5 | 1.5×10^4 | 8.0×10^2 | 10.9 | 0.445 | 8.24 |
| 羊粪 (30t/ha) | 6.4×10^8 | 8.4×10^5 | 0.5×10^4 | 1.2×10^3 | 10.1 | 0.528 | 15.5 |
| 麦秸 (7800kg/ha) | 1.5×10^7 | 7.5×10^5 | 0 | 4.0×10^3 | 13.2 | 0.791 | 7.19 |
| 麦秸 (15t/ha) | 5.6×10^8 | 6.9×10^5 | 1.8×10^4 | 6.0×10^3 | 19.1 | 0.660 | 17.0 |
| 麦秸 (30t/ha) | 8.4×10^8 | 6.9×10^5 | 3.3×10^4 | 6.6×10^3 | 26.2 | 0.710 | 10.6 |
| 化肥 | 5.6×10^8 | 4.7×10^5 | 4.3×10^4 | 3.4×10^3 | 5.34 | 0.321 | 5.60 |
| 对照 | 7.8×10^8 | 4.3×10^5 | 6.0×10^4 | 8.0×10^2 | 4.27 | 0.292 | 4.92 |

$r = 0.802(n - 2 = 8 \text{ 时}, r_{0.01} = 0.765)$, 相关系数(r)值达极显著。

3. 培肥对土壤微生物和酶活性的影响 在培育盐渍土淡化肥沃层过程中, 土壤微生物起着重要作用。盐渍土投入有机肥, 改善生态环境, 促进土壤微生物的繁殖, 加强有机物质的分解和土壤营养物质的转化。测定结果表明(表 7), 在盐渍土中, 耐盐能力强的枯草杆菌占优势, 对照区, 化肥区枯草杆菌数量最多, 牛粪区, 猪粪区则无。固氮菌数量是土壤熟化指标, 土壤有机质含量高的羊粪 30t 和麦秸 30t 区, 固氮菌数量是对照区的 1.5—2 倍, 细菌总数是 1—10 倍。纤维分解菌以麦秸区为最高, 是对照区的 20—30 倍。

表 7 表明, 经过 6 年培肥土壤, 0—20cm 土层中的蔗糖酶, 脲酶, 磷酸化酶的活性均高于化肥区和对照区。微生物数量的增加和酶的活性提高, 使土壤中难于被作物吸收利用的物质, 如有机氮, 有机磷可加速转化为易被植物吸收利用。

4. 培肥对土壤水分动力学参数的影响 根据我们多年室内研究^[2-4], 土壤有机质含量在 10g/kg 时, 开始具有抑盐作用, 有机质含量达 15g/kg 时, 抑盐作用明显。试验采用微区三组基础土壤, 有机含量分别为 7.03g/kg, 11.43g/kg 和 15.4g/kg。并对土壤有机质含量与土壤水分特征曲线, 土壤饱和导水率, 土壤水分扩散系数的关系进行测定。从图 1 可见, 土壤有机质含量不同, 其脱水和吸水曲线就不同。如果水势相同, 三组水分特征曲线上土壤水分含量不同, 高有机质含量的土壤水分含量也高; 如果水分含量相同, 三组水分特征曲线上各点的土水势不同, 要从土壤中吸取同量的水分, 高有机质含量的土壤要付出更多的能量。从图 2 可见, 土壤有机质含量不同, 其 $\theta-\lambda$ 关系不同。在 θ 值相同, 有机质含量高, λ 值也高。土壤有机质改变了土壤饱和导水率。据测定土壤有机质含量为 7.03, 11.43, 15.40g/kg 时, 其饱和导水率分别为 1.04, 2.55, 4.06cm/min。说明提高土壤有机质含量则加强了盐渍土的透水性, 加速了土壤脱盐。田间测试结果, 土壤脱盐率(y)与土壤有机质含量(x)有一种线性关系, 即 $y = 67.66 + 89x$ 。

(二) “淡化肥沃层”对土壤盐分的调控

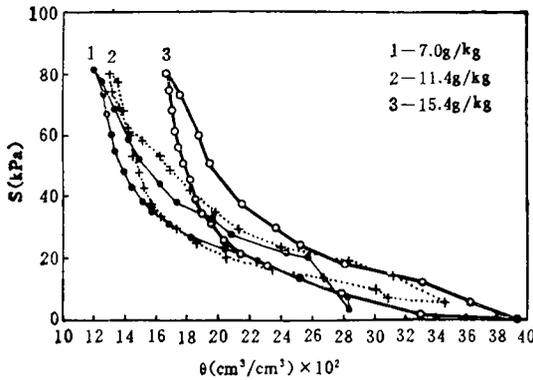


图 1 土壤不同有机质含量与土壤水分特征曲线的关系

Fig. 1 Relationships between soil organic contents and characteristic curves of soil moisture

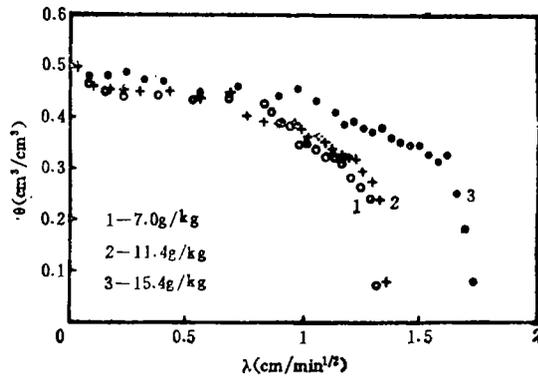


图 2 不同土壤有机质含量 $\theta-\lambda$ 关系曲线

Fig. 2 $\theta-\lambda$ curves of different contents of organic matter in the soil

1. 对土壤盐分空间的调控 这是指在保持 2m 土体盐分储量不变的情况下, 将 0—40cm 土层中高于 2g/kg 的过多盐分, 调节到 40cm 以下, 使 0—40cm 作物根系主要活动层维持盐分淡化的环境。大田试验设置在一个排盐条件差的白潮盐土上, 0—20cm 土壤含盐量大于 6g/kg, 属硫酸盐氯化物盐土, 通过培肥调节水盐, 在高盐区建立一个“淡化层”是完全可行的。并表现有机肥品种不同, 调节功能也有所差异(表 8)

表 8 不同培肥措施下 2m 土体各层土壤盐分变化 (g/kg)

Table 8 Variations of salt contents in different soil layers within 2 m of soil mass under conditions of different fertilization measures (g/kg)

| 处 理 Treatment | 年份 Year | 土 层 Soil layer (cm) | | | | | | | |
|--------------------|------------|---------------------------|------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| | | 0—5 | 5—20 | 20—40 | 40—60 | 60—80 | 80—100 | 100—150 | 150—200 |
| 牛 粪 (7800kg/ha) | 1986 | 7.00 | 8.40 | 2.20 | 1.50 | 1.40 | 1.20 | 1.10 | 1.00 |
| | 1987 | 0.40 | 1.40 | 2.00 | 1.90 | 1.60 | 1.80 | 1.50 | 1.20 |
| | 1988 | 0.42 | 0.55 | 1.10 | 1.16 | 1.45 | 1.32 | 1.26 | 1.23 |
| 猪 粪 (7770kg/ha) | 1986 | 9.20 | 4.60 | 2.50 | 1.90 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.20 |
| | 1987 | 0.90 | 1.70 | 3.20 | 2.90 | 2.60 | 2.20 | 1.90 | 1.40 |
| | 1988 | 0.40 | 0.70 | 1.77 | 2.15 | 2.31 | 2.07 | 1.86 | 1.62 |
| 羊 粪 (7905kg/ha) | 1986 | 7.50 | 4.60 | 2.60 | 1.80 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.20 |
| | 1987 | 0.60 | 2.60 | 3.30 | 3.00 | 2.60 | 2.00 | 1.50 | 1.40 |
| | 1988 | 0.42 | 0.75 | 1.88 | 2.05 | 2.47 | 2.56 | 1.82 | 1.21 |
| 麦 秸 (7500kg/ha) | 1986 | 6.36 | 2.96 | 1.42 | 1.62 | 1.77 | 1.99 | 1.02 | 0.64 |
| | 1987 | 0.52 | 1.45 | 2.10 | 2.04 | 1.61 | 1.61 | 1.84 | 1.79 |
| | 1988 | 0.47 | 0.75 | 1.08 | 0.98 | 1.71 | 0.70 | 1.01 | 1.55 |
| 对 照 | 1986 | 4.03 | 6.55 | 3.24 | 1.75 | 1.83 | 1.64 | 1.21 | 1.25 |
| | 1987 | 0.49 | 2.57 | 3.73 | 3.20 | 2.52 | 2.18 | 1.24 | 0.89 |
| | 1988 | 0.36 | 1.77 | 1.99 | 2.06 | 2.85 | 2.88 | 2.21 | 1.17 |

牛粪、猪粪、羊粪、麦秸及化肥对照各处理, 1986—1988 年 0—200cm 土体含盐量变化不大, 1986 年为 1.8g/kg, 1988 年为 1.5g/kg, 脱盐率仅为 16%, 但在 200cm 土壤盐分剖面空间分布发生了很大变化, 即大于 2g/kg 含盐高峰层由 0—40cm 土层, 转移到 40cm 以下的土层中。施用有机肥的, 处理三年后, 0—20cm 土壤含盐量降至 1g/kg 以下, 20—40cm 降至 2g/kg 以下, 而 40cm 以下土层含盐量均有增加, 富盐层出现在 2m 土体中部, 而 0—40cm 作物根系活动层形成了“淡化层”。

2. 对土壤盐分形态的调控 为探索肥盐关系, 我们将电超滤技术 (EUF) 引入盐渍土研究领域, 用以研究土壤盐分形态的变化。把电超滤在不同温度、不同时间和不同电压下浸提出的土壤盐分定义为 0—10min, 20℃, 200V 为 EUF-易解析盐分, 易于植物吸收利用的。把 10—30min, 20℃, 200V 和 30—35min, 20℃, 400V 定义为 EUF-难解析盐分和不易为植物直接吸收利用的。研究表明, 施肥种植后, 0—40cm 土层中不但盐分含量减少, 而且用电超滤测定, EUF-盐分形态比例发生变化。厩肥处理的土壤中易解析的水

溶性盐分减少 27%，难解析的盐分增加了 10.56% 和 16.44%，麦秸处理易解析盐分减少 19%，难解析盐分增加 7.66% 和 11.40%，化肥处理及对照较差。说明 0—40cm 土层中过多的可溶性盐大部分调控到 40cm 以下，其中部分盐分由易溶变为难溶。

通过室内培养试验说明盐分形态变化。将含盐量 8.4g/kg 硫酸盐氯化物盐土加玉米秆，土壤含水量 25%，置于 28—30℃，相对湿度 80—90% 的恒温箱培养一年后，分析土壤水溶性离子组成，发现有害离子 Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} 在加入到一定量的有机物时，数量明显下降（表 9）。施用有机肥是改良盐渍土一种重要措施，据有关资料分析^[4]，有机肥中有机成分能络合、螯合盐分化学组成中的有害离子，使土壤盐分中有害离子，从离子态变为分子态，从可溶变为难溶。这方面工作还有待于进一步研究。

3. 培肥对盐渍土产量的影响 大田试验从 1986 年秋季种麦开始，至 1989 年秋收获玉米，三年共获六季产量（表 10），1989 年对照处理年产 9045kg/ha，施肥处理平均 11790kg/ha，牛粪处理产量最高达 12690kg/ha。六季产量分别作方差分析，1987 年处理

表 9 添加玉米秸后阴阳离子变化 (cmol/kg)

Table 9 Variations of anions and cation after in the soil addition of corn stalks (cmol/kg)

| 处 理 Treatment | Cl^- | | SO_4^{2-} | | HCO_3^- | | Na^+ | | Mg^{2+} | | Ca^{2+} | |
|------------------|---------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| | 含量 Content | 增减 Increment or decrement(%) | 含量 Content | 增减 Increment or decrement(%) | 含量 Content | 增减 Increment or decrement(%) | 含量 Content | 增减 Increment or decrement(%) | 含量 Content | 增减 Increment or decrement(%) | 含量 Content | 增减 Increment or decrement(%) |
| CK | 5.7 | | 3.0 | | 0.20 | | 6.0 | | 3.0 | | 1.0 | |
| 干玉米秸 (10g/kg) | 6.8 | +19 | 3.5 | +14 | 0.22 | +10 | 6.5 | 8.8 | 4.1 | +36 | 1.9 | +5 |
| 干玉米秸 (30g/kg) | 5.4 | -5 | 3.5 | +14 | 0.22 | +10 | 5.5 | -8.8 | 3.5 | +14 | 2.1 | +17 |
| 干玉米秸 (50g/kg) | 5.0 | -12 | 2.5 | -14 | 0.22 | +10 | 5.3 | -11 | 2.1 | -30 | 2.1 | +17 |

表 10 不同培肥措施对作物产量的影响

Table 10 Effects of different fertilization measures on crop yield

| 试验处理 Treatment | 各小麦产量 Wheat yield | | | 夏玉米产量 Corn yield | | | 每年总产 Total production | | |
|-------------------|----------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------------------------|---------|---------|
| | kg/ha | | | | | | | | |
| | 1987 | 1988 | 1989 | 1987 | 1988 | 1989 | 1987 | 1988 | 1989 |
| 牛粪 (7800kg/ha) | 3954.0 | 4765.5 | 4746.0 | 5899.5 | 7750.5 | 7948.5 | 9853.5 | 12516.0 | 12694.5 |
| 猪粪 (7770kg/ha) | 3909.0 | 4476.0 | 4053.0 | 5199.0 | 8146.5 | 8046.0 | 9108.0 | 12622.5 | 12099.0 |
| 羊粪 (7905kg/ha) | 4099.5 | 4236.0 | 3726.0 | 5299.5 | 7612.5 | 7740.0 | 9399.0 | 11848.5 | 11478.0 |
| 麦秸 (7800kg/ha) | 4099.5 | 3913.0 | 3549.0 | 4699.5 | 7816.5 | 7336.5 | 8799.0 | 11629.5 | 10888.5 |
| 对照 | 3832.5 | 2563.5 | 3033.0 | 4933.5 | 6156.0 | 6009.0 | 8766.0 | 8721.0 | 9042.0 |

和重复间 F 值均不显著。1988, 1989 年全年公顷产和六季总产处理间总体差异达极显著, 重复间不显著。1988 年处理间 F 值为 6.65**, 1989 年 F 值为 8.45**, 六季总产 F 值 7.49** [临界值 $F_{0.01} = 5.41(12.4)$, $F_{0.05} = 3.49(12.4)$]。

参 考 文 献

1. 王维敏等, 1988: 黄淮海地区农田土壤有机质平衡的研究。中国农业科学, 第 21 卷 1 期。
2. 魏由庆, 1987: 区域土壤潜在盐渍化监测预报分区方法的研究。土壤肥料, 第 6 期。
3. 谢承陶, 1993: 盐渍土改良原理与作物抗性。中国农业科技出版社。
4. 严慧峻, 1985: 有机物改良盐碱土机理初报。土壤肥料, 第 5 期。
5. 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析, 上海科技出版社。
6. Jenkinson, D. S. and Rayner, J. H., 1977: The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. Soil Science, 123(5): 298—305.

STUDY ON ESTABLISHMENT AND FUNCTION OF “DESALINIZED FERTILE LAYERS” IN WATERLOGGED AND SALT- AFFECTED SOILS

Yan Huijun, Wei Youqing, Liu Jifang and Zhang Rui

(Institute of Soil and Fertilizers Chinese Academy of Agricultural Sciences, 100081)

Gao Junling, Xu Jianxin, Ma Weiping

(Dezhou Experimental Station of Salt-affected Soil Improvement,
Chinese Academy of Agricultural Sciences)

Summary

In the Huang-Huai-Hai plain, the “desalinized fertile layers” could be established in salt-affected soils within 3–5 years by application of stalks or excrements of livestock fed with stalks, and the crop yield up to 12690 kg/ha could be got on salt-affected waste lands.

The soil salt content should be decreased to below 1g/kg in 0–20cm and below 2g/kg in 20–40cm in “desalinized layer” (0–40cm). The minimum and maximum soil organic matter content should be 10g/kg and 15g/kg, respectively, in 0–20cm soil layer which may be called “fertile layer”. The abilities of adjusting and controlling soil salts were strengthened by increasing bioactivity activating nutrients and improving kinetic parameters in the soils.

The results of the microplot experiment in 1989 showed that the formation time of “desalinized fertile layers” was associated with organic materials. The higher the decomposition rate of organic materials, the shorter the equilibrium time in the soil. On the other hand, the maximum soil organic matter content in equilibrium was associated with the quantities of organic materials applied, the more the organic materials were applied, the higher the organic content in new equilibrium.

Key words Salt-affected soils, Desalinized layers, Fertility salt water