

麦鱼套作改良滨海盐土的研究

刘兆普 沈其荣 邓力群 茆泽圣 罗以筛

(南京农业大学, 南京 210095)

(南京农业大学大丰王港试验站)

摘 要

从1988年开始, 进行沿海滩涂盐土大面积以囤蓄雨水为主、回龙水灌溉为辅的养鱼改良强度盐渍化土的试验, 当其含盐量降至一定的数值后, 脱盐速率明显下降^[1, 2]。在此基础上, 从1990年开始, 又建立了麦鱼套作新的种养殖模式, 并与其它中度以下盐渍土单纯种植大麦的传统种植制度和目前的大面积蓄淡养鱼改土的利用方式进行比较试验。三年的试验结果表明: 1. 滨海中度盐渍化土以麦鱼套作模式脱盐最快, $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ 下降幅度最大, 0~20cm Ca^{2+} 富集明显。2. 土壤性质的改善亦是麦鱼套作最为理想: 0~20cm土壤容重减小、孔隙度和土壤速效磷增加以麦鱼套作最明显; 有机碳增幅为传统单种大麦的1.48倍, 土壤供氮强度因素亦表现为麦鱼套作 > 大麦单作 > 蓄淡养鱼; 同时麦鱼套作试验土壤脲酶活性最高, 而该酶活性与滨海盐土肥力因素之间显示了较好的相关性。

关键词 麦鱼套作 改良滨海盐土

1 试验设计与分析方法

1.1 试验设计

根据目前沿海滩涂种植制度的实际情况, 试验共设3个处理: a, 常规种植大麦, 麦收后麦茬复盖休闲至10月再种大麦; b, 麦鱼套作; c, 蓄淡养鱼, 各处理均按每百亩框围, 重复3次, 每一重复试验面积均为100亩。麦鱼套作处理的田间工程设计按堤:沟:滩面为15:20:65施工, 沟深2.3米, 堤高2.0米(均相对于滩面), 滩面三面开沟, 另一边便于联合收割机及耕作机械进出。2000亩按百亩围框, 连续蓄淡洗盐3年, 致使土壤基本性状趋于一致(见表1)。各处理施肥量基本一致: 亩施2级普钙22.5kg, 全部作基肥; 尿素17.5kg, 种麦基肥5kg 尿素, 7.5kg越冬追肥, 5kg作拔节肥, 蓄淡养鱼按水质情况将同样数量的普钙与尿素分期施入鱼塘中。麦鱼套作冬季鱼种放在周围的沟塘中, 5月底大麦收割后开始囤蓄雨水或抽取部份回笼水漫滩养鱼, 10月20日后排水露滩种麦, 成鱼于三周沟塘中。

1.2 采样及分析方法

每年12月份同时按S型多点分层采样待分析。

土壤有机质用重铬酸钾外加热法; 全氮用半微量开氏法, 碱解氮用碱解蒸馏法; 全磷用双酸法, 速效磷用0.5M NaHCO_3 法, 缓效磷用Colewell—P减去速效磷法(0.5mol/L NaHCO_3 土水比1:100振荡16小时); 八大离子用常规化学分析方法, 含盐量用电导法, 土壤腐殖质组分用M.M. 科诺诺娃快速测

表 1 供试土壤基本性状

Table 1 Selected properties of the soils used

试验方法 Way of culture	深度 Depth (cm)	有机碳 Organic C (g/kg)	全氮 Total N (mg/kg)	碱解氮 Alkali- hydrolyzable N (mg/kg)	全磷 Total P (mg/kg)	速效磷 AP (mg/kg)	缓效磷 SAP (mg/kg)	含盐量 Salt Content (g/kg)	SAR*
大麦常规种植	0~10	4.54	385	7.20	529	4.89	7.34	2.21	4.51
	10~20	2.95	286	3.10	501	1.21	6.21	2.07	6.80
	20~40	—	—	1.91	499	—	4.18	2.16	5.50
	40~60							2.00	6.19
	60~80							2.25	6.68
	80~100							2.23	7.79
麦鱼套作	0~10	4.92	449	5.39	603	5.04	5.74	2.36	6.47
	10~20	3.29	385	2.28	540	2.19	7.16	2.22	7.84
	20~40	—	—	1.09	519	0.51	4.60	1.70	3.70
	40~60							1.64	2.43
	60~80							1.88	4.78
	80~100							1.93	4.69
蓄淡养鱼	0~10	4.72	393	5.12	522	5.45	6.01	2.10	3.87
	10~20	3.15	356	1.93	483	2.08	4.75	2.08	3.53
	20~40	—	—	1.22	513	0.97	4.21	1.32	1.38
	40~60							1.44	1.90
	60~80							1.62	2.06
	80~100							1.78	1.43

* SAR: 钠吸附比

定法, 土壤脲酶活性: 比色法。

2 结果和分析

2.1 麦鱼套作对滨海盐土脱盐的影响

蓄淡养鱼改良滨海强度盐渍化土壤作者已作了探讨^[3], 实行种植、熟化土壤、促进土壤脱盐的报道甚多^[4]。作者采用鱼麦套作将蓄淡洗盐与种植培肥脱盐措施结合起来, 已在滨海盐土改良过程中取得较高的经济效益与社会效益。从 1991~1993 连续三年的试验结果表明, 在土壤含盐量为 2.0g/kg 左右、灌溉水质为 1.2~1.5g/L 情况下, 0~20cm 土层麦鱼套作土壤盐分下降最快, 大麦单作次之, 而单纯蓄淡养鱼土壤含盐量变化不太显著(表 2)。这与大丰王港长期单纯蓄淡养鱼改土的结果相似: 在土壤含盐量为

表 2 试验土壤含盐量变化

Table 2 Variations of salt content in the soil (g/kg)

种养殖方式 Way of culture	剖面深度 Depth (cm)	含盐量(g/kg) Salt content				三年总脱盐率 Desalimization ratio %
		1990	1991	1992	1993	
蓄淡养鱼	0~20	2.09	2.06	2.13	2.11	-0.96
	0~100	1.95	1.86	2.01	1.67	14.4
麦鱼套作	0~20	2.29	2.15	2.09	1.48	35.4
	0~100	2.20	2.00	1.96	1.29	41.4
大麦单作	0~20	2.14	2.15	2.04	1.63	23.8
	0~100	2.15	1.94	1.98	1.52	29.3

2.5g / kg 以上时, 蓄淡养鱼脱盐较快, 当土壤含盐量为 2.0g / kg 以下时, 用 1.2~1.5g / L 水养鱼对土壤脱盐变化不大^[2]。在降雨量较低的年份, 蓄淡养鱼土壤中盐分甚至有增加的趋势, 这主要是受气候特点的影响^[5](表 3), 造成 3~5 月份的强积盐, 连续三年不同季度土壤盐分测定结果也说明了这一点(表 4)。

表 3 大丰王港土壤水盐运动的各个阶段的气候特征(5年均值)

Table 3 Characteristics of climate in Dafeng Wanggang(Averages of 5 years)

阶段 Time	3~5月	6~8月	9~11月	12~2月
平均气温(°C)	12.23	24.07	16.54	2.46
总降水量(mm)	138.30	764.70	292.80	132.20
平均日降水量(mm)	1.54	8.31	3.22	1.44
平均日蒸发量(mm)	3.74	3.26	3.33	1.68
蒸降比	2.5	0.39	1.0	1.1

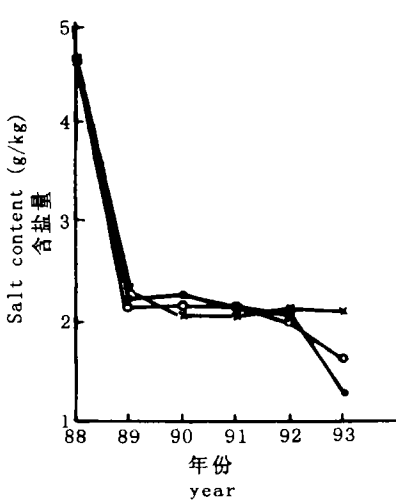
表 4 抛荒盐土不同土层含盐量的季节变化(三年观测的平均值)

Table 4 Variations of salt content in different layers of the soil (CK) (Averages of 3 years)

土层 Soil layer cm	日期 Date			
	3月份 March	6月份 June	10月份 October	12月份 December
0~5	3.82	1.82	2.01	0.75
5~20	2.40	1.40	1.33	0.99
20~40	1.24	1.35	1.44	2.16
40~60	1.74	1.32	1.90	2.17
60~80	1.72	1.35	2.16	1.36
80~100	1.84	1.48	2.01	1.48
加权平均数	1.86	1.40	1.80	1.66

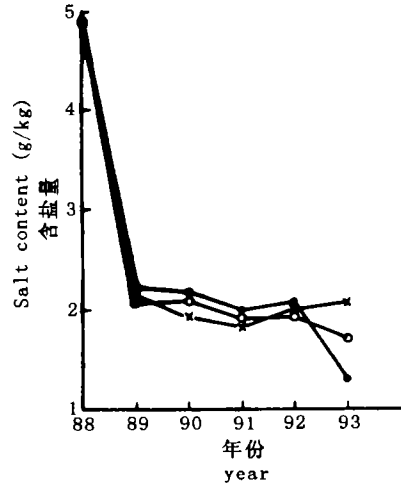
每年 3~5 月份单纯蓄淡养鱼滩面蓄淡 30~50cm 左右, 以防土表裸露积盐, 而这阶

段雨水较少，多抽提回笼水漫滩，按 50cm 水层计算，因提水(灌区水本身含有盐分)每亩增加净盐量约为 400kg 左右。而麦鱼套作这阶段灌水较少，加之麦苗覆盖，明显地抑制了该阶段的积盐过程^[6]，5 月份以后进入沿海降雨过程，围蓄的雨水洗盐效果明显，致使该阶段麦鱼套作脱盐效果又明显好于传统的大麦单作。图 1、图 2 为 1988 年以来 0~20cm 和 0~100cm 土壤含盐量的变化。经过 1991~1993 年三年的麦鱼套作和单作大麦，土壤脱盐速率又明显增加，而单纯蓄淡水土壤含盐量仍在 2.0g / kg 左右摆动。0~20cm 麦鱼套作三年脱盐率达 35.4%，而单纯蓄淡水淋洗较麦鱼套作为慢。反应了土壤熟化程度与脱盐速率的一致性。



×-×-×-× ·-·-·-· o-o-o-o
 一直蓄淡水养鱼 90年前蓄淡水养鱼 90年前蓄淡水养鱼
 91~93年麦鱼套作 91~93年单作大麦
 图 1 88 年以来 0~20cm 含盐量变化

Fig.1 Variations of salt content in 0~20cm soil



×-×-×-× ·-·-·-· o-o-o-o
 一直蓄淡水养鱼 90年前蓄淡水养鱼 90年前蓄淡水养鱼
 91~93年麦鱼套作 91~93年单作大麦
 图 2 88 年以来 0~100cm 含盐量变化

Fig.2 Variations of salt content in 0~100cm soil

表 5 连续三年试验盐土的容重及孔隙度(0~20cm)

Table 5 Bulk density and Porosity of the Soil used for the 3-year experiment (0~20cm)

处 理 Way of Culture	容 重 Bulk density g/cm ³	孔隙度 Porosity %
麦鱼套作	1.31	50.52
大麦单作	1.47	44.45
蓄淡水养鱼	1.53	42.26

土壤的熟化程度对土壤脱盐的影响很大^[7]，麦鱼套作由于生态环境的剧变和桔杆的大量投入致使其土壤熟化指标明显优于其他两种种养殖模式(表 5)。

0~20cm 土层 Na⁺ / Ca²⁺ 的变化麦鱼套作试验下降幅度最大，而大麦单作变化不十分明显(表 6)。笔者也曾研究了蓄淡水养鱼与自然抛荒土层的 Na⁺ / Ca²⁺ 变化规律，均反

映了蓄淡养鱼导致盐土表层 Ca^{2+} 的相对富集^[1]。据研究, 在一定范围内 $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ 的降低, 可提高作物的耐盐能力^[8], 麦鱼套作对大麦的盐渍危害较大麦单作为轻的原因, 除

表 6 0~20cm 土层 $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$
Table 6 $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ ratios of 0~20cm layer of the soil

种植方式 Way of Culture	土层 Soil layer (cm)	$\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$		
		1990	1991	1992
蓄淡养鱼	0~10	7.42	6.49	2.41
	10~20	19.36	15.70	7.33
麦鱼套作	0~10	18.06	9.13	1.49
	10~20	22.07	8.00	2.66
大麦单作	0~10	6.13	7.42	6.13
	10~20	15.11	8.86	7.34

了水分因素外, 还与麦鱼套作大大降低了表层盐土的 $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ 有关。

2.2 麦鱼套作对滨海盐土养分变化的影响

2.2.1 有机质及 N 素变化 从表 7 可看出, 虽然三种处理均能显著提高土壤养分, 但麦鱼套作更能明显提高盐土有机质、全氮的含量及土壤供氮的强度因素。通过三年的试验, 蓄淡养鱼有机碳增幅为 25.10%; 麦鱼套作为 38.8%, 大麦单作 26.2%。同样每年秸秆还田, 三年麦鱼套作有机碳增幅为大麦单作 1.48 倍, 这主要是麦子收割后, 麦鱼套作立即蓄淡漫滩, 秸秆等有机物质在长期厌气条件下分解, 利于有机碳的累积。全氮含量变化同有机碳的趋势一致, 土壤供氮特征表现为: 麦鱼套作 > 大麦单作 > 蓄淡养鱼。作者曾做了室内恒温培养试验, 结果发现, 在单独添加稻秆的培养中, 厌气培养土中的矿态氮含量一直高于好气培养, 而单独施加化学氮, 好气培养中的矿态氮又高于厌气培养^[9]。麦鱼套作使还田麦秆处于厌气条件下分解, 大麦单作秸秆在好气条件下分解, 与室内培

表 7 试验土壤(0~40cm)有机质及氮素变化

Table 7 Variations of organic matter and nitrogen in soil (0~40cm)

种植方式 Way of Culture	剖面 Profile depth (cm)	1990			1991			1993		
		有机C Organic C g/kg	全N Total N mg/kg	碱解N Alkalihydro- lyzable N mg/kg	有机C Organic C g/kg	全N Total N mg/kg	碱解N Alkalihydro- lyzable N mg/kg	有机C Organic C g/kg	全N Total N mg/kg	碱解N Alkalihydro- lyzable N mg/kg
蓄淡养鱼	0~10	4.54	385	7.20	5.10	530		5.68	550	5.10
	10~20	2.95	286	3.10	3.30	300		2.97	299	2.34
	20~40			1.91				1.63	191	1.42
麦鱼套作	0~10	4.92	449	5.39	6.70	660		6.83	855	8.18
	10~20	3.29	385	2.28	3.70	360		2.64	278	2.92
	20~40			1.09				1.61	213	1.37
大麦单作	0~10	4.92	393	5.12	6.15	525		6.21	702	7.09
	10~20	3.15	356	1.93	3.50	280		4.00	467	3.67
	20~40			1.22				2.66	326	2.34

养呈现相似的趋势。

土壤碱解氮是衡量土壤有效氮的较好指标，三种处理中土壤表层(0~10cm)碱解氮的绝对量亦以麦鱼套作为最高，比蓄淡养鱼高 3.08mg / kg，说明麦鱼套作更有利于加速土壤熟化(表 7)。

连续三年不同种养殖方式试验结果表明，土壤腐殖质的组成也有了差异(表 8)，土壤中胡敏酸碳与富里酸碳占有有机碳的百分比以大麦单作最高，麦鱼套作次之，而蓄淡法残渣碳比例最高；从 HA / FA 比来看(表 8)，不管何种种养殖方式，均反映了年轻土壤的特征。

表 8 不同种植方式土壤腐殖质组成(%)

Table 8 Composition of soil humus under different culture patterns (%)

种植方式 Way of Culture	土层 Soil layer	有机C Organic C (占烘干±%)	(HA+FA)C%	(HA)C%	(FA)C%	残渣C% Residual C	HA/FA
蓄淡养鱼	0~10	4.54	26.96	4.95	22.01	73.04	0.225
	10~20	2.95	31.78	5.68	26.10	68.22	0.218
麦鱼套作	0~10	4.92	27.84	7.90	19.94	72.16	0.396
	10~20	3.29	32.78	9.18	23.60	67.22	0.389
大麦单作	0~10	4.92	32.40	11.80	20.60	67.60	0.573
	10~20	3.15	29.32	10.90	18.42	70.68	0.592

不同的种植方式使土壤脲酶的活性产生较大的差异(表 9)，而脲酶的活性与土壤有机质、土壤全氮及土壤腐殖质组分之间皆有显著的相关性即：

表 9 土壤脲酶活性(NH₄-N mg/100g土, 37℃, 24h)

Table 9 Activities of urease in the soil (NH₄-N mg/100g soil, 37℃, 24h)

种植方式 Way of Culture	表 层 Surface layer (0~5, 0~10cm)	底 层 Bottom layer (5~20, 10~30cm)	备 注 Note
蓄淡养鱼 FC	1.70	1.39	表内数均为平均值
麦鱼套作 MC	1.96	1.17	n=16
大麦单作 BC	1.83	0.47	

$$Y_{\text{有机质}} = 0.0623 + 2.447x \quad r = 0.9040^{**}$$

$$Y_{\text{全氮}} = -0.0593 + 0.0362x \quad r = 0.8434^{**}$$

$$Y_{\text{HA+FA}C\%} = 0.1008 + 1.3836x \quad r = 0.9404^{**}$$

(n=16, r_{0.05}=0.632, r_{0.01}=0.765), 式中x为脲酶活性。

从土壤脲酶活性来看，麦鱼套作对土壤肥力的提高具有十分重要作用。这是因为麦鱼套作一方面兼有淹水(夏季养鱼)积累养分的特征，另一方面又兼有好气(冬季种麦)条件促使滨海盐土逐渐向农业土壤发育的生态环境。

2.2.2 土壤供磷特征变化

从三年的试验结果来看，0~10cm 土层速效磷增幅为：蓄淡养鱼 61.3%，麦鱼套作 140.9%，大麦单作 113.5%，以麦鱼套作对盐土供磷强度因素贡献最大，这与田菁水植

养鱼改土的研究结果极为相似^[10]。这可能与麦鱼套作由于大量麦秸在淹水条件下分解导致 pH 降低及大量低分子有机碳的存在有关, 一些学者室内培养试验的结果也证实了这一点^[11]。从 1990~1993 年的试验结果很好地反映了盐土 0~10cm 土层 pH 值明显地影响速效磷含量(表 10), 表明在施肥量一致条件下, pH 是影响石灰性土壤磷有效性的主要因子之一^[12]。

综上所述, 在生产实践中, 采用麦鱼套作的种植制度, 加速滨海盐土的脱盐培肥速度, 以便在较短时间内把滨海盐土改造成高产稳产的农田土壤。

表 10 0~10cm 土层 pH 值与速效磷含量(mg/kg)

Table 10 pH and contents of AP in 0~10cm soil layer (mg/kg)

种植方式 Way of Culture	1990		1992		1993	
	pH	速效磷 AP	pH	速效磷 AP	pH	速效磷 AP
蓄淡水养鱼 FC	7.91	5.45	7.82	9.20	8.20	8.79
麦鱼套作 MC	7.79	5.04	7.62	9.50	7.76	12.14
大麦单作 BC	8.00	4.89	7.61	9.30	7.85	10.44

参 考 文 献

1. 刘兆普, 沈其荣, 孙怀顺等, 1992: 蓄淡水养鱼改良江苏滨海强度盐渍化土壤的探讨。南京农业大学学报, 第 15 卷 3 期, 57—62 页。
2. 邓力群, 沈其荣, 刘兆普等, 1992: 不同农业利用方式及改良措施对滨海盐土性状变迁的影响。江苏省首届青年学术论文(农科分册)。162—167 页, 中国科学技术出版社。北京。
3. 刘兆普, 沈其荣等, 1991: 围田蓄淡水养鱼改良滨海盐土效果初报。土壤通报, 第 22 卷 4 期, 157—159 页。
4. 侯光炯主编, 1982: 中国农业土壤概论。263—268 页, 农业出版社。北京。
5. 茆泽圣, 陈效民, 刘兆普等, 1994: 大丰滨海盐渍土持水特性和水盐运动规律研究。资源环境与农业持续发展。349—361 页, 中国农业科技出版社。北京。
6. 严少华等, 1994: 滨海盐土覆盖抑盐机理及效果研究。资源环境与农业持续发展。327—335 页, 中国农业科技出版社。北京。
7. 王克明等, 1993: 田菁对滨海盐土理化性状及水盐动态的影响。土壤通报, 第一期, 33—34 页。
8. Shen Qirong, Liu Zhaopu, Yu Ling. 1991: Effect of initial soluble salt composition of saline soil on Salinity tolerance of Barley Plant. Pedosphere. 1(4): 355—362.
9. 刘兆普, 高祖民, 史瑞和等, 1996: 碳源及 C/N 在好、厌气下对土壤供氮特性的影响。南京农业大学学报, 第 19 卷第 3 期, 70—74 页。
10. 刘兆普, 沈其荣, 邓力群等, 1996: 田菁水植养鱼改良滨海盐土的研究。南京农业大学学报, 第 19 卷 4 期, 113—117 页。
11. 尹金来, 周春霖等, 1994: 水分和秸秆对石灰性土壤磷素形态的影响。南京农业大学学报, 第 17 卷第 1 期, 65—70 页。
12. 蒋柏藩, 1981: 磷肥在土壤中的形态转化及其有效性。土壤学进展, 第 18 卷 1 期, 1—11 页。

STUDY ON RECLAMATION OF COASTAL SALINE SOIL WITH MIXED CULTURE OF FISH AND BARLEY

Liu Zhaopu Shen Qirong Deng Liqun Mao Zesheng and Luo Yishai

(*Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095*)

Summary

A strongly salined coastal soil was reclaimed by fish culture with accumulated rain water together with additional irrigation using slightly salined river water. The rate of salt leaching was distinctly decreased after the salt contents of the soils declined to certain values. Two years later, in the same soils, a new culture model of mixed culture of fish and barley (MC)¹⁾ was set up and compared with only barley culture (BC)²⁾ and with only fish culture (FC)³⁾ to examine the effect of saline soil reclamation. The results obtained in the following three years were as follows. 1. The maximum rate of salt leaching, the biggest decrease of $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{++}$ and the distinct enrichment of Ca^{++} in surface soil (0~20cm) were obtained in the soils of MC. 2. Better soil fertility indexes, such as soil physical and chemical properties, could also be found in the soils of MC. Thus, soil organic carbon of MC was 1.48 times that of BC, the ability of nitrogen supply was in the order of $\text{MC} > \text{BC} > \text{FC}$, and the biggest activity of soil urease was obtained in the soil of MC, which was closely related to the fertility of coastal saline soil.

Key words Mixed culture of fish and barley, Reclamation of coastal saline soil

1) MC: mixed culture of fish with barley.

2) BC: only barley culture.

3) FC: only fish culture.