

滨海盐土水、旱生境下田菁生长及其 对盐土肥力的影响

刘兆普 沈其荣 邓力群 陈效民

(南京农业大学, 南京 210095)

罗以筛

孙怀顺 任中言

(南京农业大学大丰王港试验站)

(江苏大丰县滩涂管理局)

摘 要 蓄淡养鱼改良滨海强度盐渍化土壤^[1]和种植田菁改良盐土已被广泛报道。为把有效的改良途径组装为一体,产生生态叠加效应,从 1991 年开始,在江苏滨海中度盐渍化土壤进行田菁水植养鱼改土试验研究。结果表明:1. 在中度盐渍化土壤上田菁水植养鱼复合处理其盛花期水植田菁根鲜重是旱作的 10 倍,根瘤鲜重是旱作田菁的 15 倍以上;田菁籽产量是旱境单作田菁的 1.5 倍以上。2. 田菁水植养鱼复合处理土壤脱盐效果明显优于蓄淡养鱼,而后的脱盐效果又明显地高于田菁旱境单作,0~20cm 脱盐效果为:田菁水植养鱼处理 > 田菁旱作处理 > 蓄淡养鱼处理;而 0~100cm 土层表现为:田菁水植养鱼处理 > 围田蓄淡处理 > 田菁旱作处理,反映脱盐趋势的 SAR、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 亦呈上述同样的表现。3. 土壤养分不同处理间变化亦十分明显:田菁水植养鱼复合处理 0~10cm 土层全氮及碱解氮含量几乎为田菁旱境单作与蓄淡养鱼的含量之和,有机碳含量亦呈同样趋势;土壤速效磷、缓效磷的增幅均为田菁水植养鱼处理 > 田菁旱作处理 > 蓄淡养鱼处理。

关键词 滨海盐土,田菁生长,肥力

中图分类号 Q143

作者曾就蓄淡养鱼改良滨海强度盐渍化土壤进行了比较深入地研究^[1]。强度盐渍化土壤脱盐演变为中度盐渍化土壤以后,脱盐速率减慢,生物改良措施不仅可以实施而且十分必要,在此基础上,我们首次设计了田菁水植养鱼改土试验,与传统的田菁旱作改良盐土进行比较,开始了滨海中度盐渍化土壤田菁水植养鱼改土试验研究,进行不同生态环境条件下田菁生长及其对滨海盐土影响的探讨,取得了令人满意的盐土改良效果和显著的社会经济效益。

1 试验设计和方法

1.1 试验设计

试验共设 3 个处理(1)田菁水植养鱼(14ha);(2)田菁旱境单作(7ha);(3)单纯蓄淡养鱼(5ha)。本试

验供试土壤基本性质(表 1)比较一致,在实施过程中,所有处理按每 ha 施 300kg 二级普钙、11.25kg 尿素,统一施肥,田菁水植养鱼处理与蓄淡养鱼处理均按 4500kg/ha 饲料投入水中,田菁水境养鱼复合与田菁旱境单作处理每年均以 7500kg/ha 田菁秸秆覆盖,根茬留在原土壤中。田菁水境养鱼复合处理与蓄淡养鱼处理放置同一田块里,中间不加堤埂,保持两个处理的施肥、投料、灌溉及鱼类影响的一致性,以便讨论田菁水、旱境下的差异。田菁于 4 月 20 日播种在滩面上,鱼种投放于滩面四周沟中,5 月 25 日起滩面逐渐蓄水漫滩,至 7 月底,田菁水植养鱼与蓄淡养鱼滩面逐渐达到水深 70cm。旱作田菁处理也在 4 月 20 日播种,仅作一些除草等日常管理。

表1 供试土壤基本性质									
Table 1 Some chemical properties of soils used									
处 理 Treatment	含盐量		剖面深度 Depth of profile (cm)	有机碳 Organic-C (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	碱解氮 Alkali hydrolyzable N (mg/kg)	全磷 Total P (g/kg)	速效P Available P (mg/kg)	缓效P Slowly available P (mg/kg)
	Salt contents								
	(g/kg)								
	0~20	0~100							
		(cm)							
田菁水植			0~10	2.85	0.25	21.3	0.53	4.93	4.99
	4.82	4.36	10~20	1.35	0.15	16.8	0.50	3.52	3.78
			20~40	1.51	0.16	11.0	0.53	3.32	2.36
蓄淡养鱼			0~10	2.85	0.25	21.3	0.53	4.93	4.99
	4.82	4.36	10~20	1.35	0.15	16.8	0.50	3.52	3.78
			20~40	1.51	0.16	11.0	0.53	3.32	2.36
田菁旱作			0~10	3.11	0.27	19.8	0.52	4.97	5.90
	4.33	3.79	10~20	1.39	0.16	16.7	0.49	3.76	3.32
			20~40	1.40	0.14	10.7	0.56	2.90	2.90

1.2 采样及分析方法

1991 年、1992 年连续 2 年进行田菁水、旱境种植与蓄淡养鱼的田间试验,1992、1993、1994 年连续 3 年于当年底或次年初同时按 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 $\text{HClO}_4\text{—H}_2\text{SO}_4$ 法;速效磷用 0.5M NaHCO_3 法;缓效磷用 Colewell—P 减去速效 P 法 (0.5M NaHCO_3 土水 1:100 振荡 16 小时);速效 K 用 1mol/L 中性 NH_4OAc 浸提—火焰光度计法;缓效钾用 1mol/L 热 HNO_3 浸提—火焰光度计法;pH 用 pH 计法 (土水 1:1);八大离子测定用常规化学分析方法。

2 结果与讨论

2.1 水、旱生境下滨海盐土中的田菁生长

2.1.1 水、旱境下田菁苗期的耐盐能力 田菁水植养鱼能明显提高田菁苗期的耐盐能力,缩短蹲苗期。由于田菁水植养鱼处理前期滩面四周沟中蓄水投放鱼苗,使滩面处于土壤水的饱和状态。一些研究表明,随着土壤含水量的提高,作物的耐盐程度亦提高^[2]。田菁旱境单作试验 0~20cm 土层八大离子总含量为 16.31cmol/kg (含盐量为 4.33g/kg),而

水植养鱼复合处理为 16.50cmol/kg (含盐量为 4.82g/kg), 虽然二者的含盐量相差不大, 但田菁水植处理基本无明显盐害, 而旱境单作田菁苗期盐害明显(表 2)。从苗期田菁生长情况来看, 相同播期, 至 1991 年 6 月 6 日和 1992 年 6 月 17 日抽样结果, 田菁水植养鱼复合处理中田菁平均株高 30.1cm 和 27.2cm, 而旱境单作田菁平均株高为 19.0cm 和 14.3cm, 表明水境下田菁生长中的蹲苗期大大短缩。

表2 田菁水、旱植苗期盐害比较*

Table 2 Comparison of salt injury on seedling of sesbania in waterlogged and upland systems									
项 目 Items	年份 Year	田 菁 旱 作 Upland system (%)				田菁水植养鱼 Mixed culture system of fish and sesbania(%)			
		I	II	III	平 均 Average	I	II	III	平 均 Average
叶黄并脱落	1991	7.8	13.1	15.4	12.1	1	3	1	1.7
	1992	10.1	9.5	13.4	11.3	2.0	1.0	4.0	2.3
枯黄萎凋	1991	3.1	2.3	3.9	3.1	0	2	0	0.7
	1992	5.0	3.5	4.5	4.3	1	1.5	1.5	1.3

* 每处理连续采样200株,3次重复。

2.1.2 不同生境对田菁根及根瘤生长的影响 试验表明,田菁水植养鱼复合能明显提高其根重及根瘤鲜重。经 1991 年 6 月下旬观察,随着田菁的不断长高,滩面亦逐渐漫水,发现田菁茎秆的淹水部分约 5 天左右表皮开裂并有海绵状物形成并开始生长水生根。1991 年 8 月 20 日田间测定,最长的水生根可达 60cm 左右,海绵状物直径可达 3~4cm,水生根结出许多根瘤,其根重及根瘤鲜重远远高于旱境单作田菁(表 3)。1991 年 10 月 20 日通过田间验收,最终水植田菁复合每 ha 产田菁籽 1566.90kg,旱境单作为 1183.65kg,田菁水植产量为旱境单植的 1.5 倍。1992 年旱作田菁每 ha 产籽 1020kg,田菁水植养鱼每 ha 产

表3 田菁水、旱植每株根重及根瘤鲜重¹⁾

Table 3 Fresh weights of lateral roots and root nodules in upland and waterlogged systems (g)													
项 目 Items	种植方式 Culture systems	年份	样 本										平 均 Average
			Sample										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
侧根 鲜重 (g/株)	旱境单植	1991	4.8	5.2	5.0	5.1	5.0	4.9	5.0	5.0	5.0	5.2	5.0
		1992	5.1	5.3	4.9	4.7	4.9	4.2	3.0	5.8	5.6	6.1	5.0
	水植养鱼	1991	50.3	54.7	55.4	36.8	49.3	46.5	48.7	46.3	49.4	52.2	49.0
		1992	43.1	47.9	53.2	27.6	38.3	40.1	49.2	56.1	50.2	53.6	45.9
根瘤 鲜重 (g/株)	旱境单作	1991	1.2	1.3	1.2	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.1	1.2
		1992	1.1	1.0	1.3	1.1	2.0	2.1	3.1	4.2	4.3	4.1	2.4
	水植养鱼	1991	20.1	19.7	18.9	21.0	24.7	20.3	19.8	19.0	20.3	22.8	20.7
		1992	19.1	21.2	17.3	15.1	23.2	19.1	18.7	19.2	20.1	16.3	18.9

1) 田菁旱植为90000株/ha,水植为60000株/ha。每处理连续采样10株。

田菁籽 1470kg。连续两年的试验结果,田菁水植方式田菁籽产量明显高于田菁旱作。

2.2 不同生境种植田菁对土壤脱盐的影响

种植田菁等绿肥作物改良各种盐碱土的报道甚多^[3],滨海盐土大面积高产栽培的研究亦较深入^[4]。近几年来,蓄淡养鱼改良滨海盐土已成为一条快捷的改良途径^[5]。连续两年的试验已表明,田菁水植养鱼复合处理将旱境单植田菁与蓄淡养鱼经过叠加起来已产生明显的脱盐效果。通过 3 年的土壤采样分析,田菁水植养鱼处理从 0~100cm 剖面上的脱盐率远远高于其他两个处理(表 4),至 1994 年底,田菁水植养鱼全剖面脱盐率达 63.1%,蓄淡养鱼达 53.7%,而旱作田菁脱盐率仅为 9.8%,在中度以上盐渍化土上,扣除蓄淡养鱼对脱盐的贡献,种植田菁对土壤 0~100cm 土层脱盐的影响基本一致。而 0~20cm 土层水植、旱作与蓄淡养鱼的脱盐率分别为 60.1%、51.0% 和 50.1%,反映了田菁旱境单作在短时间内主要是改变盐分在剖面上的分布,使耕层盐分大为减少。

表4 不同种养殖方式土壤含盐量变化

Table 4 Salt contents of soils in different culture systems (g/kg soil)

试验年份 Test year	剖面深度 Depth of soil profile (cm)	田菁水植土壤含盐量 Mixed culture system of fish and sesbania (g/kg)	田菁旱作土壤含盐量 Upland system (g/kg)	蓄淡养鱼土壤含盐量 Single fish culture system (g/kg)
1990	0~20	4.82	4.33	4.82
	0~100	4.36	3.79	4.36
1991	0~20	2.27	4.01	—
	0~100	3.40	3.67	—
1992	0~20	2.51	—	—
	0~100	2.30	—	—
1994	0~20	1.92	2.12	2.37
	0~100	1.61	3.42	2.05

SAR 是反映滨海盐土改良的重要指标^[6], $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 在一定盐分浓度范围内可影响作物生长^[7]。三处理经 3 年后剖面的 SAR、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的变化反映了田菁水植养鱼复合处理十分有利于滨海盐土改良(图 1),显示出蓄淡养鱼和旱境单作田菁两种措施脱盐的叠加效应,田菁水植养鱼由于有效利用沿海雨水资源,田间大量蓄淡,致使相当盐分溶解在水中而被排出,故田菁水植 0~100cm 土层全层脱盐明显,而田菁旱作由于大量降雨以表面径流排出,洗泡盐效果较差,在短时间内仅导致盐分下移;虽然田菁水植与旱作每年均以每公顷 7500kg 秸秆还田,但由于水植田菁根茬残留远高于旱作,且这些秸秆在水植条件下处于厌氧分解,因而田菁水植造成土壤耕层有机质大量增加,促进了土壤表层熟化,后者又大大促进了土壤脱盐进程,致使田菁水植养鱼脱盐速率高于蓄淡养鱼处理。

2.3 水旱生境种植田菁对滨海盐土养分的影响

田菁水植养鱼能有效地提高有机质含量,增加盐土养分累积,尤其对滨海盐土的氮与磷的强度因素与容量因素贡献甚大。

2.3.1 对盐土有机质与氮素含量的影响 表 5 为 1993 年年底采样的分析结果,经过两

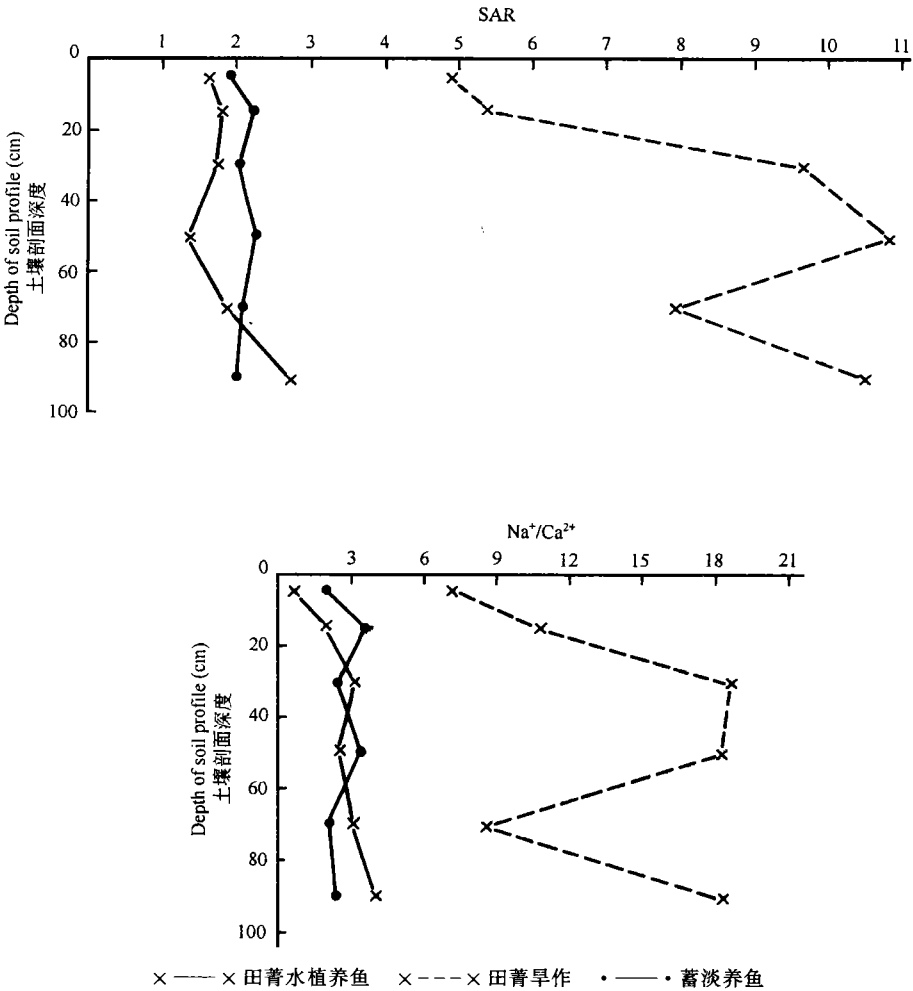


图 1 不同处理土壤剖面 SAR 及 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的变化 (1993)

Fig. 1 SAR and $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ratio in soil profiles in different culture systems (1993)

年田菁水植, 0~10cm 土壤有机碳从 2.85g/kg 增加到 6.86g/kg, 平均每年增长 2 个千分点; 而蓄淡养鱼有机碳从 2.85g/kg 增加到 3.98g/kg, 平均每年增长接近 0.6 个千分点, 田菁旱作有机碳增加缓慢。由于蓄淡养鱼每年投放 4500kg/hm² 饲料, 故从田菁水植处理扣除蓄淡养鱼对有机碳累积的贡献后, 其有机碳含量仍远高于田菁旱作, 原因为: 一是尽管秸秆还田量相同, 但由于田菁水植根茬为田菁旱作的 2 倍以上, 造成有机物投入量的很大差异, 而根茬对土壤有机碳影响远比秸秆大; 另一方面, 田菁水植养鱼处理使还田根茬与秸秆长年处于厌气条件下分解, 对有机碳的累积有利, 作者室内恒温培养的结果也充分证实了这一点^[8]。不同处理土壤氮素变化趋势同有机碳 (表 5), 尤其是 0~40cm 土层的田菁水植碱解氮含量几乎为田菁旱作与蓄淡养鱼处理两者之和, 而碱解氮增加的幅度扣除蓄淡养鱼的影响后, 田菁水植养鱼处理仍远远高于田菁旱作处理, 这主要是田菁水植导致根瘤菌大量生长, 提高了固氮能力, 而根瘤菌所固定的氮作物利用率高。表明田菁水植对表层土壤有效氮的增加十分显著, 这一点对于如何调控土壤剖面氮素转移有重要的指导意义。

关于水境田菁生长中的固氮问题,将另文探讨。

表5 不同处理盐土0~40cm有机碳及氮素含量变化(1993)

Table 5 Contents of soil organic-C and nitrogen in depth of 0~40cm in different culture systems (1993)

种植方式	剖面深度	有机碳	增加值	全氮	增加值	碱解氮	增加值
Culture systems	Depth of soil profile (cm)	Organic-C (g/kg)	Increment (g/kg)	Total N (g/kg)	Increment (g/kg)	Alkali-hydrolyzable N(mg/kg)	Increment (mg/kg)
田菁水植养鱼	0~10	6.86	0.4	0.73	0.48	73.9	52.6
	10~20	2.18	0.33	0.26	0.11	28.2	11.5
	20~40	1.46	—	0.19	—	11.2	—
田菁旱作	0~10	3.85	0.74	0.35	0.08	21.3	1.5
	10~20	1.49	0.10	0.21	0.05	16.8	0.1
	20~40	1.51	—	0.21	—	11.0	—
蓄淡养鱼	0~10	3.98	1.13	0.41	0.16	42.8	21.5
	10~20	1.78	0.44	0.20	0.04	27.3	10.5
	20~40	1.64	—	0.21	—	10.5	—

土壤剖面不同处理有机碳、全氮及碱解氮分布特点反映了不同处理田菁根系分布的特征。田菁旱作根系发达,下扎较深,这在许多研究中报道较多^[9]。而水植田菁水生根系发达,相对旱作而言,根系在土壤中下扎较浅,形成有机碳及氮素在 0~40cm 剖面上明显的差异(图 2,图 3)。

2.3.2 田菁水、旱生境种植对盐土磷素的影响 磷素尤其是可供植物利用的土壤磷素缺乏是江苏滨海盐土肥力又一限制因子^[10]。旱作田菁增加土壤有效磷的研究较多^[11]。本试验连续 2 年的结果表明,田菁水植养鱼对盐土供磷强度因素和容量因素的提高贡献最

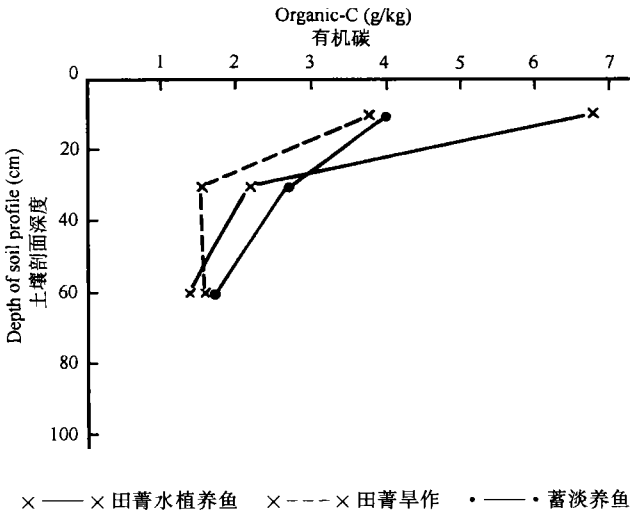


图 2 不同处理 0~40cm 有机碳含量变化(1993)

Fig.2 Contents of soil organic-C in depth of 0~40cm in different culture systems (1993)

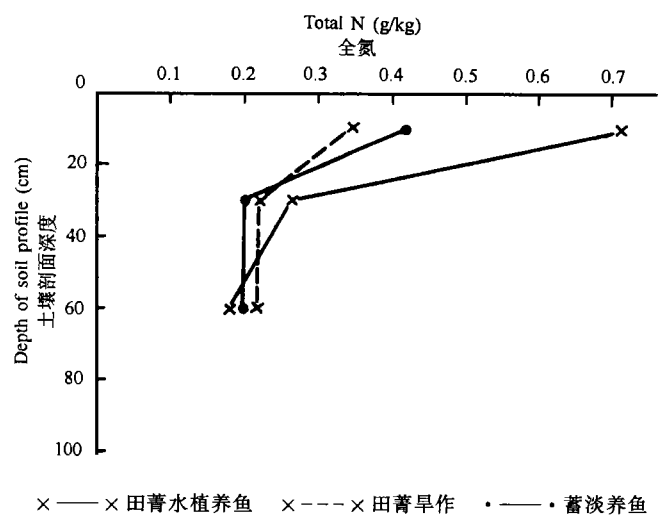


图 3 不同处理 0~40cm 氮素含量变化(1993)

Fig.3 Contents of soil N in depth of 0~40cm in different culture systems (1993)

为显著(表 6),田菁旱作次之,而蓄淡养鱼有效磷含量为最低。这是由于豆科绿肥吸磷能力强,在田菁生长过程中,将一部分难溶性磷吸收而有效化。据报道,豆科绿肥秸秆含磷量比粮食作物约高 0.5~1 倍,且田菁秸秆及根茬全部还田,无疑给土壤增加了有效态磷源,这已为众多的研究所证实^[12]。

表6 不同处理0~40cm土壤磷素变化(mg/kg)

Table 6 Contents of soil phosphorus in depth of 0~40cm in different culture systems (mg/kg)

种植方式 Culture systems	土壤剖面 Depth of soil profile (cm)	1990年		1992年		1993年		1994年	
		速效P Avail- able—P	缓效P Slowly avail- able—P	速效P Avail- able—P	缓效P Slowly avail- able—P	速效P Avail- able—P	缓效P Slowly avail- able—P	速效P Avail- able—P	缓效P Slowly avail- able—P
田菁水植养鱼	0~10	4.93	4.99	7.11	15.20	10.01	13.71	8.73	10.01
	10~20	3.52	3.78	4.70	10.26	4.32	6.03	4.32	8.59
	20~40	3.32	2.36	4.63	5.23	3.47	3.89	3.89	7.97
田菁旱作	0~10	4.97	5.01	—	—	—	—	5.60	9.30
	10~20	3.76	3.98	—	—	—	—	4.04	4.89
	20~40	2.90	2.90	—	—	—	—	3.32	4.89
蓄淡养鱼	0~10	4.93	4.99	—	—	—	—	5.04	5.74
	10~20	3.52	3.78	—	—	—	—	2.19	7.16
	20~40	3.32	2.36	—	—	—	—	0.51	4.60

pH对土壤磷素影响较大,在石灰性土壤中,pH值过高,会影响土壤磷的有效性^[12]。田菁水植养鱼由于大量的秸秆还田且在淹水条件下,致使表层土壤的 pH 明显下降(表 7),而田菁旱作虽然同样秸秆还田,两处理秸秆带入的磷差异不大,但其 pH 值差异明显,致使

田菁水植养鱼有效磷含量亦明显高于田菁旱作。这与尹金来等室内恒温培养研究的结果相似^[13]。

表7 0~10cm土层土壤pH与有效磷含量变化

Table 7 Soil pH and content of soil available P in depth of 0~10cm in different culture systems			
种植方式	pH	速效磷	有效磷(速效+缓效)
Culture systems		Available—P	(Available—P+Slowly—P)
		(mg/kg)	(mg/kg)
田菁水植养鱼	7.73	87.3	187.4
田菁旱作	8.70	56.0	149.0

综上所述,水境下种植田菁并养殖一些淡水鱼类,经济效益大大提高,同时加快盐土脱盐速率,提高土壤养分累积速度,以便在较短时间内把滨海盐土改良为高产稳产的良好。

参 考 文 献

1. 刘兆普,沈其荣等. 围田蓄淡养鱼改良滨海盐土效果初报. 土壤通报,1991,22(4):157~159

2. 刘兆普主编. 资源环境与农业持续发展. 北京:中国农业科技出版社,1994,327~335

3. 王克明. 田菁对滨海盐土理化性状及水盐动态的影响. 土壤通报,1993,24(1):33~34

4. 沈其荣,刘兆普,茹泽圣等. 田菁大面积亩产150kg栽培技术. 江苏农业科学,1992,(3):31~32

5. 刘兆普,沈其荣,孔怀顺等. 蓄淡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,1992,15(3):57~62

6. 中国土壤学会青年工作委员会编. 土壤资源的特性与利用. 北京:北京农业大学出版社,1992,14~20

7. Shen Qirong, Liu Zhaopu, Mao Zesheng. Effect of initial soluble salt composition of saline soil on salinity tolerance of barley plant. Pedosphere, 1991, 1(4):355~362

8. 刘兆普,高祖民,史瑞和等. C源及C/N在好、厌气培养下对土壤供氮特性的影响. 南京农业大学学报,1996,19(4):113~116

9. 王遵亲著. 中国盐渍土. 北京:科学出版社,1993,450~451,527~528

10. 陈邦本主编. 江苏海岸带土壤. 南京:河海大学出版社,1987,51~52

11. 何电源主编. 中国南方土壤肥力与栽培作物施肥. 北京:科学出版社,1994,416~417

12. 蒋柏藩. 磷肥在土壤中的形态转化及其有效性. 土壤学进展,1981,18(1):1~11

13. 尹金来,周春霖. 水分和秸秆对石灰性土壤磷素形态转化影响的研究. 南京农业大学学报,1994,17(1):65~70

AMELIORATION OF MARINE SALINE SOIL BY MIXED CULTIVATION OF SESBANIA GROWING IN WATERLOGGED SOILS WITH FISH CULTURE AND SINGLE SESBANIA CULTURE

Liu Zhao-pu Shen Qi-rong Deng Li-qun Chen Xiao-min

(*Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095*)

Luo Yi-shai

(*Wanggang Experimental Station, Nanjing Agricultural University*)

Sun Huai-shun Ren Zhong-yan

(*Seabeach Bureau, Dafeng County, Jiangsu Province*)

Summary

Amelioration experiments of marine medium-saline soil by mixed cultivation of sesbania growing in waterlogged soils with fish culture (MCSWFC) was carried out in soils improved with single fish culture (SFC) previously, with cultivating sesbania in upland as a control. Results obtained were as follows: 1. Sesbania plants grew much better in waterlogged soils with fish culture than in upland. The fresh weight of lateral roots, root nodules and seeds yield of sesbania growing in waterlogged soils was 10 times, 15 times and 1.5 times of that in upland respectively. 2. Efficiency of salt leaching in soil depth of 0~20 cm in the three treatments was as following order: MCSWFC > cultivating sesbania in upland (CSU) > SFC, while it in soil depth of 0~100 cm was MCSWFC > SFC > CSU and there were same tendencies for SAR and $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ ratio. 3. Total soil nitrogen and alkali-hydrolyzable nitrogen in soil depth of 0~10 cm in MCSWFC was almost the sum of those in the treatments of CSU and SFC and it was also true for soil organic carbon. And the increase rates of soil available phosphorus and slowly available phosphorus were MCSWFC > CSU > SFC.

Key words Cultivation of sesbania in waterlogged, Soil with fish culture, Amelioration of marine saline soil