

红萍中心建成暨国际红萍
利用学术讨论会内部资料

红萍研究论文及资料汇编

(1978—1984)



福建省农科院 土壤肥料研究所 编
红萍固氮研究中心

一九八五年三月于福州

前 言

这里收集的是我所1978年以来有关红萍科研的综述、论文和试验总结，其中大部分已在国内外刊物上发表，有的已收入专业会议论文集，有的研究尚在继续进行中，材料还很不成熟，仅供内部参考。

这个集子基本反映了几年来我所红萍研究的现状和动向。正值国际红萍利用学术讨论会召开之际，我们把它提供给与会代表。我们工作做得很不够，红萍研究还有许多领域有待开发和研究。由于时间仓促，水平有限，编印过程中错漏不少，望不吝指正。

编者 1985年3月于福州

目 录

刘中柱	红萍在中国水稻生产上的应用.....	(1)
刘中柱	从国际红萍研究动态看稻田养萍前景.....	(14)
刘中柱	红萍在稻田应用的前景.....	(18)
刘中柱等	红萍固氮及其利用.....	(24)
刘中柱等	红萍若干生理特性初步研究.....	(32)
刘中柱等	氮素营养对红萍生理特性的影响.....	(40)
刘中柱等	红萍富钾生理研究	
	I、红萍对水体中钾的吸收.....	(48)
刘中柱等	红萍富钾生理研究	
	II 萍体钾对水稻生产的有效性	
	—红萍供钾对水稻产量等的影响.....	(54)
刘中柱等	红萍富钾生理研究	
	II 萍体钾对水稻生产的有效性	
	—红萍供钾对稻株及土壤中钾动态的影响.....	(59)
刘中柱等	红萍富钾生理研究	
	III 红萍在水—土系统中的吸钾特点.....	(66)
张钟先等	红萍富钾来源的示踪研究(初报).....	(70)
刘中柱等	红萍排氮过程的初步探讨.....	(74)
陈炳煥等	湿度对红萍固氮活性的影响.....	(78)
郑伟文等	三种红萍固氮活性的周期变化.....	(82)
任祖淦	用乙炔还原法研究物候等因素对红萍固氮活性的影响.....	(87)
魏文雄等	卡州满江红抗逆性研究.....	(90)
陈家驹等	卡州萍田间消长规律研究初报.....	(97)
陈家驹等	卡州满江红夏季繁殖力与多抗性初步观察.....	(103)

魏文雄等	卡州萍稻底套养的消长及其经济效益.....	(107)
林崇光等	卡州萍周年繁殖力与抗逆性研究.....	(112)
叶国添等	卡州满江红抗性研究的田间验证.....	(116)
陈家驹等	萍丝虫的生物学特性与防治研究	
	(1) 萍摇蚊的形态特征.....	(117)
陈家驹等	萍丝虫的生物学特性与防治研究	
	(2) 伊尼诺多足摇蚊的生活习性及其对红萍的危害.....	(125)
陈家驹等	萍丝虫的生物学特性与防治研究	
	(3) 萍丝虫防治的研究.....	(138)
陈家驹等	萍丝虫的生物学特性与防治研究	
	(4) 应用紫外线灭蚊灯诱捕萍摇蚊的效果.....	(141)
陆培基等	B、t、i防治萍丝虫效果研究.....	(145)
金桂英等	红萍抗椎实螺能力研究初报.....	(150)
陆培基等	红萍霉腐病发生特点及其防治的初步研究.....	(154)
陆培基等	红萍抗热性的初步探讨.....	(158)
鄢秉基等	红萍的产孢率和固氮酶活性观察.....	(161)
金桂英等	满江红结孢习性的初步观察.....	(163)
郑德英等	红萍茎尖培养获得无藻萍.....	(167)
郑德英等	应用组织培养技术进行萍种保纯的探讨.....	(169)
金桂英等	满江红种质资源及其保存.....	(169)
叶国添等	稻田养萍高产低耗多用的探索.....	(172)
林崇光等	用红萍盖种培育早稻壮秧试验简报.....	(175)
林崇光	磁化水对红萍生长繁殖影响的试验.....	(176)
叶国添等	稻—萍—鱼的研究.....	(177)
	I 稻萍鱼体系的综合效益初探	
稻萍鱼课题组	稻—萍—鱼的研究	
	II 红萍在稻萍鱼体系中的作用.....	(180)
柯碧南等	稻萍鱼体系的探讨.....	(185)

红萍在中国水稻生产上的利用^①

刘 中 柱^②

提 要

本文综述了中国在水稻生产上的养殖、利用红萍的历史、近况和经验，并介绍了红萍作饲料的概况。

远在1400年以前，中国就已有稻田养殖和利用红萍的记载。目前全国稻田养萍面积达2000多万亩，养萍的稻田每亩增产稻谷80—100斤，平均增产18%左右。红萍的分布从长江以南推移到北纬40度以北的东北三省和西部的秦岭一带。红萍是中国稻田的一种重要绿肥。

本文阐述了红萍的营养特性和生态条件对其繁殖和固氮的影响。稻田养萍和用萍的增产原因、对土壤肥力培育和影响红萍肥效的关联因素等方面的科研成果和生产经验。介绍了红萍在中国的四种主要利用方式：稻底养萍、萍肥库、萍饲库、周年养萍的主要技术措施与效果。概述了中国养殖红萍中发生的主要虫害种类、分布、形态特征、生活习性及其防治措施，并提出了关于今后红萍研究的几个问题。

一、历史与近况

利用红萍*〔*Azolla imbricata* (Roxb) Nakai〕这种蕨藻共生体作为稻田肥料和禽畜饲料，在中国有着悠久的历史。早在公元540年前的北魏时代，农业科学家贾思勰所著的《齐民要术》一书中就有稻田养殖、利用红萍的记载。明朝末期（公元十七世纪初），东南沿海有些地方府志、县志也有在“稻田壅萍”作肥料的记述。至于红萍作为农家禽畜饲料，那可追溯到1400年前了。

从地域而言，红萍最早由福建、广东传播到浙江、江西、湖南、广西和四川等省，再由浙江、湖南向江苏、湖北和安徽等省传

播，形成了一个自南而北，由沿海向内地逐步扩展的过程，从而遍布长江流域以南的中国稻区，到处都有养殖、利用红萍的历史和传统习惯。

新中国成立以后，由于耕作制度的改革，优良品种的推广，粮食产量的提高和畜牧业的发展，国家更加重视这种不消耗能源、不污染环境、适应性广、繁殖快、固氮量高，能以田养田的生物氮源的利用和发展。尤其是近几年来，不但许多原有养殖红萍习惯的老区养殖面积成倍的扩大，新区也在迅速发展。如广东省近几年养殖面积从50万亩发展到500万亩；江苏省1972年为350多万亩，1976年达430多万亩，1978年计划发展到1000万亩；浙江省1976年为230多万亩，

①本文系在菲律宾国际水稻研究所召开的“氮与水稻”学术讨论会上宣读的论文。

②福建省农业科学院土壤肥料研究所。

* 满江红在中国俗称红萍或绿萍。

1978年计划养殖500万亩；福建省1972年为100多万亩，计划近年发展到500万亩。与此同时，由于红萍越冬越夏的技术研究有了进展，“南萍北移”获得成功，红萍的养殖区域已过长江、跨黄河、越长城、北临松花江畔，西抵秦岭山麓。地处北纬40度以北的辽宁、吉林、黑龙江三省，自1972年红萍北移越冬成功后，至1977年已发展到7万亩。目前，全国已有不少省市养用红萍，养殖面积发展到2000多万亩，红萍已是中国在稻田里发展和利用的一种重要绿肥。

二、红萍的营养特性

红萍—鱼腥藻 (*Anabaena azollae* Strömb.) 共生体的固氮作用早被无氮培养所证实。红萍固氮酶定位于鱼腥藻上，而鱼腥藻属于喜温植物，它的营养特性与外界环境中温度变化有密切关系。利卓桑等认为：在繁殖的临界温度(10℃)以上时，红萍的含藻量比较稳定，一般每片叶中有3~4万个兰藻细胞；如在10℃以下，则迅速下降到1万个左右。正因为温度对兰藻的数量及其生理活性的影响，导致冬季红萍含氮量下降到2%左右，所以，含氮量2%可作为红萍繁

殖的内在临界指标。一旦温度回升，萍体含藻量也就急剧增加。春季的红萍每片叶含藻量可达8万个细胞以上，含氮量在3.3~3.6%左右；到了夏季，红萍体含藻量又下降到5万个以下，其含氮量为2.2~2.9%。

红萍适宜在稍为有点遮蔽的水生环境中生长，最适宜的光照强度为2.5~4.7万勒克斯，相当于3/5~1/2全光照。而兰藻适宜的光照为1~3万勒克斯。用乙炔还原法测定红萍的固氮活性表明，红萍的固氮酶活性同光强有关。

土壤有效磷的含量直接影响红萍生长的好坏。陈禹平等对四川省几种土类的红萍自然生长情况调查的结果是，红萍在有效磷含量21~87ppm的钙性紫色土、中性紫色土上繁殖最快；其次为有效磷含量6~21ppm的酸性紫色土、姜石黄土；较差的为有效磷含量2.1~8.7ppm的黄壤；而紫黄泥田、烂泥田和深脚田都因含磷量更低，红萍几乎不能生存。但在缺磷田里施用磷肥，红萍仍能生长良好。

根据对红萍的营养研究结果表明：春、夏、秋三季宜以磷为主配合氮，冬季则以钾为主配合氮(表1)。

表 1 不同气候条件下三要素营养与红萍产量比率的关系
(福建省农业科学院 陈阳春等, 1964年)

季	节	日平均气温 (℃)	N	P	K	NP	PK	NK	NPK	CK
春	季	20.6	150	242	107	239	264	121	303	100
夏	季	30.2	93	113	86	140	140	100	160	100
秋	季	22.8	100	152	94	176	178	105	226	100
冬	季	13.6	192	60	334	50	172	320	326	100

注每亩用N2斤，P₂O₅1.8斤，K₂O4.5斤

此外，根据试验和生产实践经验：春、夏、秋三季的P、N配合比分别为3:1、1:1、

1:0，但视温度变化而异，一般说来，早春、晚秋为1:1；炎夏以3:1为好；春末和夏

初则可单独用磷。

红萍施肥，目的在于以磷换氮，用小肥取大肥，所以，经济的施肥技术是需要重视的，从施用磷肥的方法来看：在放萍前做基肥的每亩需用过磷酸钙25斤左右；如果是拌细土撒施或是溶水后泼施萍面，每亩要用7~10斤；若是溶水后喷施，一亩用2~3斤就够了。应用同位素 P^{32} 的研究结果亦证明：萍面喷施的吸收最快，撒施的次之，施于水田中的最慢。

化肥的不同形态对红萍产量和固氮量有明显的影响，大量研究结果都证明：氮素以硝态氮最理想，铵态氮次之，酰胺态氮最差。而肥效与温度也有关系，日平均气温17℃左右时，硝态氮还有肥效，但铵态氮还表现不出效果，而尿素可起抑制作用。温度再

高时，各种形态氮都起不同的抑制作用。磷以水溶性磷（过磷酸钙）效果最好，用枸溶性磷（钙镁磷肥）时红萍产量和固氮量就比较少，如用难溶性磷（磷矿粉）则收益甚微。（表2—1、2—2）。

表 2—1 不同形态磷对萍红产量的影响
(浙江省温州地区农科所, 1963年)

处 理	产量增殖(4/20—27)22℃		
	放萍量 (克)	收获量 (克)	增产 (%)
无 磷 (CK)	1000	1539	0
磷 矿 粉	1000	1620	5.3
钙 镁 磷 肥	1000	1884	22.3
过 磷 酸 钙	1000	2407	56.4

表 2—2 不同形态磷对红萍固氮效能的影响
(浙江省温州地区农科所, 1963年)

处 理	试 验 前 (4 / 28)			试 验 后 (5 / 8)			纯增氮 (克)
	干 重(克)	含氮(%)	总氮(克)	干重克(克)	含氮(%)	总氮(克)	
无磷(CK)	70	2.574	1.802	58.16	2.326	1.353	-0.449
磷 矿 粉	70	2.581	1.807	65.13	2.347	1.529	-0.278
钙镁磷肥	70	2.752	1.926	78.43	3.621	2.840	0.914
过磷酸钙	70	3.727	2.609	164.94	3.781	6.236	3.627

磷不但有使萍体色绿、叶肥、根短和体大的良好影响，而且，施磷的叶中，氨基酸含量提高，根部氨基酸含量下降，促进了叶片的代谢旺盛。

钾以硫酸钾为好，钾镁肥次之（海水提盐的副产物），单独施用氯化钾则不如对照好。除冬季低温条件外，适温单独施钾没有什么价值，只有与磷氮配合才显出效果。

钼对红萍有显著效果（表3），浓度以0.7ppm为适宜。福建农学院试验认为：

钼、锰、硼对促进红萍生长和固氮都有显著效果。还应指出，喷施“920”（赤霉素）后，红萍呼吸作用有下降的趋势，因此，可以提高萍体抗高温的能力。

三、红萍的利用效果

大量的事实证明，水稻栽种前或栽种后放养红萍，不论作基肥还是作追肥，一般都较无养萍区能获得不同程度的增产。1975年中国南

表 3

钼对红萍生长固氮量的影响

(四川省农业科学院, 1962年)

处 理 目	种萍鲜重 (克)	种萍干重 (克)	培养12天 的鲜萍重 (克)	培养12天 后干萍重 (克)	增 加 干 重		萍体与培养 液总增氮量	
					(克)	倍 数	毫克/缸	%
有N培养液	12	0.516	26.55	3.22	2.70	5.24	160.6	88
无N培养液	12	0.516	111.30	4.01	3.50	6.77	182.7	100
无N加钼培养液	12	0.516	117.80	4.44	3.90	7.60	216.2	118

方红萍现场会议统计了江苏、广东、福建等七个省的1500个试验材料, 其结果: 稻田放养红萍比无放养红萍的, 每亩增产稻谷80~100斤。浙江省1964年在全省不同的地区、不同土壤类型、不同耕作制度和不同栽培管理条件下进行的422个稻田养萍肥效试验统

计表明, 养萍区获得增产的占总试验数的99%, 增产率在20%以上的占总试验数的43%, 平均增产率为18.6%(表4)。稻田养萍不仅能增加稻谷产量, 而且在一定程度上还能改善稻谷品质, 提高稻米的蛋白质含量。

表 4

稻田养萍的增产效果

(浙江省农业局粮食生产处, 1964年)

	试 验 材 料 数	增产幅度(%)	平 均 (%)	增 产 量 (斤/亩)	平均增产量 (斤/亩)
合 计 平 均	422	0.4~158	18.6	3~327	95.7
1~10%	92	0.4~9.8	6.9	3~11.3	44.2
10~20%	142	11~19.8	14.9	26~113	83.0
20~30%	89	21~29.8	24.3	49~179	119.9
30%以上	95	31~158	42.5	69~327	158.4
减 产	4	-0.6~-7.8	-3.6	-4~-38.6	-17.8

稻田养萍不仅使当季水稻增产, 而且对后作还有效益。浙江省农科院1963年~1965年三年定位观察表明, 三熟制地区每年在早稻田里养殖一季红萍, 对三年八茬作物的效益累计, 养萍区共增产粮食445斤。

红萍对旱作也有良好效果: 如四川省峡江县土门公社于秋季在冬水田地区养殖红萍做冬季小麦、油菜基肥, 旱粮同样获得显著效益。1975年该社用这样方法养殖利用了

2100亩, 据五一大队40亩小麦和18亩油菜测产结果, 小麦的总产增加了59%, 油菜籽产量增加了1.3倍。

红萍肥效的高低决定于一系列因素, 特别是红萍素质的优劣。生长健壮的红萍体, 不仅含氮量高, 氮的利用率亦高; 相反则不然。众所周知, 红萍中的氮是作物增产的主要原因。所以C/N是衡量红萍品质优劣的一项重要指标。健壮红萍含氮量一般占干物

质的3~4%，有机碳占32~35%，碳氮比值在10左右，这样的萍体在稻田中腐烂很快，氮的供应也很快。C/N为17左右的红萍，其氮素被当季作物利用的效率就很低。水稻品种对红萍肥效的关系一般是，生长期长的品种比生长期短的品种更能充分发挥红萍的肥效，当季就能获得更大的增产效益。土壤类型和倒萍的方法对红萍的肥效也有关

系：浙江省农业科学院土壤肥料研究所试验表明，土壤肥力较高的沼泽型青紫泥土，红萍的增产幅度为9.9~27.6%，而肥力低的草甸型白土增产幅度可达13.3~42.7%；倒萍方法上一般表现是人工倒萍优于化学药剂倒萍，更优于自然倒萍。早倒萍比迟倒萍好。分次倒萍比一次倒萍效果好（表5）。

稻田养萍的增产原因，首先在于红萍给

表 5 不同放萍与倒萍时间对水稻增产效果的影响
(陈禹平, 1963年)

项 目 \ 处 理	插秧前放萍 插秧时倒萍	插秧时养萍插 秧后15天倒萍	插秧时养萍插 秧后25天倒萍	插秧时养萍插 秧后55天倒萍	插秧时养萍 不 倒 萍	未养萍
萍产(克/盆)	97.8	85.5	94.3	104.3	未 测	—
谷产(克/盆)	45.8	45.8	43.6	37.7	36.2	35.3
比 较	130.1	128.0	123.8	106.7	102.2	100.0

水稻提供了氮素营养。如前所述，红萍体含氮是红萍对当季作物具有增产作用的主要原因。红萍含氮量因品种、特别是环境条件和管理措施不同而有很大的区别，中国科学院南京土壤研究所（1962年）分析几个地方的红萍三要素含量如表6。

表 6 红萍三要素含量

样品来源	风 干 重 的 %		
	氮	磷	钾
福 建	3.08	0.16	1.21
浙 江	3.88	0.63	1.98
苏 江	4.21	0.35	2.09

温州地区农科所试验证明：红萍在5天内每亩固定游离氮素531克。如养殖两个月每亩可固氮6372克，相当于12.7斤氮。稻田养萍到“倒萍”，每亩以产鲜萍3000斤折算，可

为水稻提供6.3斤氮。厦门大学生物系测定，养殖一亩红萍的肥效相当于硫酸铵40斤，过磷酸钙13斤，草木灰100斤。适时倒萍能提供水稻分蘖期所需的营养，并因红萍的养分转化较迟缓而使稻穗在形成期内吸收较多的养分，从而促进有效穗、粒数和粒重的增加。对于晚熟的品种和需肥较多的杂交水稻，这些经济性状的增加更为明显。据湖南省农业科学院观测：“南优3号”，“汕优3号”品种，6月2日插秧，6月11日倒萍做基肥，6月22日倒萍做追肥的结果，基肥区平均每丛有效穗增加1.8个，每亩增加3.5万个；追肥区每亩有效穗增加1.05万个，实粒数增加8.5粒/穗，空壳率降低1.3%，千粒重增加0.5~1.6克。

其次是提高了地力，做到用地和养地相结合。红萍根系的木质素含量较高，单位重量所形成的土壤有机质却比紫云英或稻草多。中国科学院南京土壤所在江苏南部稻田测

每100斤红萍干物质大约可转化成39斤土壤有机质，而紫云英与稻草却分别为26斤和31斤，所以，养萍能改良土壤的物理性状。据连续3年养萍后测定，土壤有机质含量比不养萍的虽只增加0.09%，但土壤的抗压强度，浸水容重、容重等均较无养萍区为低。养萍后土壤变得疏松，死土变活土，黄土变黑土，土壤耕性也得到改善，使作物生长有一个比较好的根圈环境。此外，养萍田对杂草的抑制也有好处。

四、红萍的利用方式与技术

红萍在中国的养殖和利用方式，概括起来主要有以下四种：

（一）稻底养萍

这是中国稻田养殖和利用红萍的一种主要方式。其做法是在水稻插秧前或插秧后放入萍种，经过一段繁殖时间后（一般15~20天）倒萍入土，做基肥、追肥或基追肥连用，提供当季水稻的营养。稻底养萍一般亩产鲜萍2000~3000斤，约含氮5~6斤。

稻底养萍与利用红萍的技术要点是：

1. 放萍期与放萍量：中国地域辽阔，稻区气候和耕作制度差别较大，南部地区茬口交接期不紧，插秧之前可有一段放养时间，浙、赣、鄂以北生育期短，双三制地区在茬口紧接，多在插秧后放萍。稻田养萍是向时间和空间要的氮肥，故放萍期以早为有利。早放萍种能延长繁殖期，提高固氮量，所以早放萍和放萍量多的增产幅度大。如以每亩放200斤、300斤、400斤三个种量级，分别在插秧前的当天放养和插秧后的第五天放养做试验，结果水稻的增产率是早放萍的比晚放萍的多增产稻谷2~8%，多放萍的比少放萍的多增产4.9~13.5%。事实证明：放萍量少的更应早放，放萍晚的则必须多放，不

论早放还是晚放，放萍量多的，萍、稻增产幅度都高。故中国当前推广的放萍量是早季稻底萍亩放萍种1000斤左右，晚季稻底萍亩放800~1000斤左右。

2. 施肥与灌水：了解养萍田的土壤氮素消长规律作为施肥措施的指导根据是有益处的。如表7所示，早稻养萍初期（10天左右）土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量下降，出现“稻萍争肥”阶段，加上这时又因萍群覆盖水面，致使稻田水土温度比无萍区低，土壤通气性较差，因而出现不利水稻生长现象。10~15天时，随着红萍固氮和向水中排氮，萍根脱落和部分个体衰亡，土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量回升；15天后，养萍区的土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量超过无萍区；倒萍后则显著增高，为水稻生长提供良好的氮素营养。因此，为了促进萍、稻双早发，获得萍、稻双高产，早稻稻底养萍田除施足基肥外，氮、磷化肥以早施和集中施为好，可将部分化肥在插秧前作耙面施用，以利水稻早生快发；追肥则应及早用球肥深施。为了促进红萍繁殖，每隔5~6天可用2%过磷酸钙溶液喷施一次。

搞好农田基本建设和田间排灌系统，是保证养好红萍的先决条件。养萍期间通过灌排水措施来调节热、气、肥性状，以协调稻、萍生长的需要，达到水分管理的目的。早稻稻底萍在前期实行2~3cm深的浅水层灌溉，既可调节土壤气、热条件促进稻苗早发，又可使萍根触泥，利于壮萍，防止风吹叠萍压秧。耕田前要预先排水，让萍底贴泥，结合中耕，把红萍耙压入泥，隔日覆水，部分余萍浮起再度繁殖，待到分蘖高峰期结合烤田，彻底倒萍。晚季稻底萍实行浅水灌溉，对防止高温对红萍热害有良好的效果。山区丘陵地梯田开好防洪道和排水沟，迂回灌水，以提高水温，避免漫流串灌，冲萍压苗。

3. 倒萍方法：稻底养萍是通过倒萍给水稻

表 7

不同倒萍方法0—5Cm土壤铵氮含量变化

(浙江省农业科学院土肥所, 1963年)

处 理	各 期 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的 含 量 (PPm)								备 注
	2/25	5/30	6/5	6/9	6/14	6/19	6/24	7/2	
无萍区 (ck)	22.3	22.0	17.9	16.2	9.3	29.0	10.2	5.1	5/20
自然倒萍 (6/24)	23.1	11.5	15.9	17.1	12.7	33.8	14.9	11.8	放 萍
人工一次倒萍 (6/14)	23.0	8.1	14.0	25.8	20.8	42.9	11.2	14.3	
人工二次倒萍 (6/4, 6/14)	23.2	15.6	19.2	23.7	16.6	40.6	11.8	18.2	

定, 提供肥料。倒萍方法有人工倒萍、化学药剂倒萍和自然倒萍几种。人工倒萍是通过手工或机械把红萍压埋入土; 化学药剂倒萍是采取杀萍剂处理红萍; 而自然倒萍是让红萍在稻田里自然消亡腐烂。自然倒萍较难达到水稻需肥和红萍供肥相适应, 所以较理想的倒萍方法还是人工倒萍, 其次是化学药剂倒萍。

掌握好倒萍的适宜时间与次数, 可使倒萍后红萍的供肥和水稻的需肥相适应。表 8

是用早熟品种“矮脚南特”做的试验, 结果表明: 在放萍、插秧后的20天和25天, 红萍已繁殖至高峰期的时候进行一次倒萍的每亩分别增产稻谷85斤和86斤; 而二次倒萍的产量更高, 分别增产140斤和170斤。究其原因: 一是二次倒萍增加了红萍的产量, 供肥多; 二是二次倒萍的红萍供肥与水稻的需肥时间相适应。而三次倒萍与二次倒萍相比增产并不显著, 却表现无效分蘖多, 实粒数减少。

用 2% 尿素、2.5% 稀氨水、5% 碳酸

表 8

不同倒萍期与倒萍次数对萍稻产量的影响

(浙江省农业科学院土肥所, 1964年)

处 理 项 目	红 萍 产 量 (斤/亩)									稻谷 亩产 (斤)	备 注
	5天	10 天		15天	20 天		25天	30天	总产 量		
		倒萍 前	倒萍 后		倒萍 前	倒萍 后					
无 养 萍 (CK ₄)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	497.9	放萍后当天 插秧, 亩放 萍种400斤
自 然 倒 萍 (CK ₂)	1157	1751	-	2498	3280	-	3080	2560	3280	586.9	
插后20天一次倒萍	1035	1661	-	2472	2886	-	-	-	2886	584.2	
插后25天一次倒萍	1145	1670	-	2422	3353	-	3350	-	3353	583.8	
插后10、20天二次倒萍	1140	1700	468	1090	1654	-	-	-	2886	638.3	
插后10、25天二次倒萍	1162	1182	548	1148	2116	-	2730	-	3864	670.3	
插后10、20、30 天三次倒萍	1057	1655	392	1082	1834	864	1456	1850	4093	673.3	

氢铵溶液喷雾和每亩用60~100克扑草净、敌草隆, 或250克五氯酚钠, 或1000克敌稗

和细沙或细土拌均, 撒施萍面, 可致死红萍而达到“倒萍”目的。但用化学药剂倒萍会

破坏绿色体，也易招致氮素损失，增加成本和污染环境，一般效果不及人工倒萍，因而在生产上应用较少。

4. 萍母越冬越夏：就温度而言，红萍在 -3°C 下经过72小时就会大量死亡。中国除广东、广西、福建、云南等省霜雪少的平原地区能在露地越冬而且还可冬季繁殖外，其它地区露地越冬有困难。红萍在水温 43°C 以上的高温下就停止生长，并逐渐死亡。因此，要克服温度对红萍的不利影响，繁殖足够的萍母，才能提供春秋大面积养殖的萍种。

红萍越冬办法有人工保温越冬和利用天然温泉水越冬等。在中国的寒冷地区，利用温室和塑料薄膜覆盖，可免遭冻害，而且有的尚能部分繁殖。如在室内外的土坑堆贮避寒越冬，经两个月可保存原种50%左右。在纬度较低地区利用天然温泉的池塘，或用温泉水灌溉的稻田以及在泉水田越冬（泉水温度一般保持 $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ ），也能较顺利地闯过冬寒阶段。

三熟制复种指数高的地区，因无空闲田供繁殖夏季萍母，所以要使萍母越夏，首先就要解决萍母基地问题。解决的办法可以因地制宜地选择泉水田，“宽窄行双龙出海”插秧的“周年养萍田”，晚秧田、池塘、沟道和早熟早稻田等，作为萍母繁殖基地。在解决萍母基地的同时，还要抓好虫害防治工作，这是萍母能够越夏的关键性措施。采用泥皮水育萍等农业措施与放萍前用药剂对土壤和萍母进行消毒，结合采用广谱性、高效低残毒的农药综合防治（见虫害部分），能较有效地控制夏季几种害虫并发为害，使萍母顺利越夏。在越夏高温期中，进行日排夜灌，白天用浅水、泥皮水育萍，午后傍晚灌深水，在水利条件许可下，用活水流灌，以降低水温，对越夏也很

有利。合理施肥，调节营养，可增强萍体抗逆性。夏季以磷为主，配合氮。用过磷酸钙 $1\sim 2\%$ ，加 $0.5\sim 1\%$ 硝酸铵、硫酸铵溶液喷施萍面。据广东的经验，若配加赤霉素等激素施用，效果更好。

（二）萍肥库

萍肥库是江苏、湖南创造的一种以田养萍，萍泥混合，以萍肥泥，以泥肥田，养用结合的用萍新办法。其做法是利用作物交茬的空闲期，抓紧时机，翻耕土地，施足基肥，放养红萍，加速繁殖，繁殖满后倒萍，余萍再繁，满了再倒，如此周而复始，可以达到萍多泥肥，在较短时间内增积多量优质肥料的目的。一块田内由于萍泥边积边贮，象是个肥料“仓库”，因而得名。这样一亩萍肥库按耕层16厘米计算，约可积得肥泥 66米^3 ，用时挖10厘米厚，本田留下6厘米左右厚肥泥层供后作利用。所以，萍肥库实质上是一种养萍沤肥的形式。

江浙一带利用春花作物收获后预留的专用连作晚秧田，或单季稻、早秋作物收获后的空闲田，在插秧和种麦之前 $1\sim 2$ 个月的空间作萍肥库，一般倒萍 $4\sim 6$ 次，每亩萍肥库所积肥泥可供十亩晚稻或小麦作基肥。

萍肥库的肥泥不但养分全，而且红萍做成萍肥泥后的有机质与土壤相混合，既促进养分分解又减少肥分的流失和挥发，因而提高了肥效。

（三）萍饲库

中国农民早有利用红萍喂猪的习惯，四川等江南地区尤为普遍。近年发展的以田养萍，以萍喂猪的“萍饲库”，既提供了养猪的青饲料，又解决了稻田肥料，所以养萍促进了粮畜双发展。

红萍喂猪取食好，生喂、熟喂和发酵后喂养均可。据四川省农业科学院分析，一般

鲜萍含粗蛋白质1.3%、粗脂肪0.3%、粗纤维0.7%、无氮浸出物2.2%、灰粉1.16%。生长好的红萍粗蛋白质可达1.7%，与甘薯藤接近，比其他水生绿肥高。管理好的每亩可日产鲜萍280斤，约折合粗蛋白质3.7斤，相当于300斤甘薯藤。管理好的一亩萍饲库有可能解决10~20头猪的青饲料。

据四川省农业科学院畜牧所用红萍与甘薯藤喂猪对比试验结果，饲喂期50天，以甘薯藤的增重为100%计，则喂养红萍的增重为98.5%。红萍与甘薯藤喂的猪屠宰率分别为74.9%和75.1%，板油重分别为2.13斤和2.19斤。

(四) 周年养萍

福建在稻底养萍的基础上进一步发展的“周年养萍”，就是在一个生产单位范围内，拿出一定比例面积的稻田，用“宽窄行双龙出海”的插秧方式，即每隔16~20寸宽，密插两行水稻，水稻的行距4寸，株距2寸，在宽行的萍道里放养红萍，使萍稻能较长时间套养，既收稻谷又收红萍，达到粮肥双高产。这种养殖红萍的方式，称之为“周年养萍”。

周年养萍在水稻插秧方式和栽培方法、红萍养殖时间、养殖方法和利用方式上都和

普通的稻底养萍不同。

据1976年多点试验，获得了两季稻谷平均亩产1357斤，红萍平均亩产16464斤的结果。1977年福建省莆田县十个单位示范了123亩，根据其中搞得比较好的30.1亩用测产的数据统计，周年养萍田平均两季稻谷亩产为1772斤，最高的亩产2154斤；红萍平均亩产为14646斤，最高的亩产23892斤。表9、表10说明用这种办法不仅可获得比较满意的水稻产量，还可得到15000~20000斤红萍（加上冬季），相当于30~40斤的氮素。如与无养萍的普通稻田相比，不仅周年养萍田的水稻平均产量高出11斤，还节省氮素10.6斤。

周年养萍取得粮肥双高产的主要技术要点是：

水稻品种选用株型紧凑，叶片窄而且直立、秆硬、穗大、粒多、分蘖力中等的优良品种；“宽窄行双龙出海”用16~20寸萍道，（4寸×2寸）水稻行株距的规格，每亩地插秧为2.5~3万丛，使每亩插足有20~25万棵基本苗；放足萍种，浅水养萍，水稻封行后采取轻度搁田的办法壮萍、保萍，也有利于水稻生长。虫害采取农业、生物和药剂相结合的综合防治方法。

表 9 莆田县肥料网周年养萍田的稻谷产量幅度与比率（1977年）

统计面积 (亩)	亩 产 1200~1400斤		亩 产 1400~1600斤		亩 产 1600~1800斤		亩 产 1800~2000斤		亩 产 2000斤以上	
	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)
30.10	1.00	3.32	7.55	25.08	11.25	37.4	0	0	10.30	34.2

五、红萍的主要虫害

红萍的存亡与害虫的危害有着密切的关

系。在中国，危害红萍的主要害虫有萍灰螟（*Pylalis* sp.）；萍螟（褐萍螟 *Nymphula tarbata* Butler），黑萍螟（*Nymphula*

表10

莆田县肥材网周年养萍田的红萍产量幅度与比率(1977年)

统计面积 (亩)	产 4000~5000斤		产 5000~10000斤		产 10000~15000斤		产 15000~20000斤		产 20000斤以上	
	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)	面 积 (亩)	占 (%)
30.1	0.70	2.30	11.85	39.4	4.80	15.9	5.65	18.8	7.10	23.6

enixalis Swinboe);萍摇蚊〔伊尼诺多足萍摇蚊(二带萍摇蚊)Polypedilum ininense Hauber, 黄萍摇蚊Cricotopus s p., 褐萍摇蚊Tendipes attenuatus W ather和绿萍摇蚊Tendipes riparius Meigen];萍象蚬(Bagous sp.)和椎实螺(主要是斯氏萝卜螺Radix swinhoe r H.Adams)等。而以前三者的分布最广,发生量最大,危害也最严重。如防治不及时,即能在短期内招致毁萍的后果。

各种害虫受地理位置、海拔高低、气候条件的影响,其种类分布与生活习性有所不同,如就萍灰螟来说,在广东省南部的温暖地区一年可发生13~14代,往北的浙南地区为9~11代,而上海只发生9代;萍灰螟在浙南以幼虫和蛹越冬,而在四川盆地南充地区冬季却以幼虫和卵越冬,蛹在该地区越冬的成活率很低。掌握各种害虫的生活习性及其发生规律,才能制订出有效的防治措施。

(一) 主要害虫的形态特征与生活习性

萍灰螟:属鳞翅目,螟蛾科。成虫暗褐色,蛾长5.5~8mm,翅前缘近翅基三分之一处有一条灰白色波状横纹,故两翅闭合时中部呈暗褐色的“x”字条纹,为成虫最明显的特征。成虫趋光性强。卵乳白色椭圆形,喜欢选择在红色萍体上产卵。幼虫初孵出时灰白色,后转青灰色或灰绿色。萍灰螟是危害红萍的主要害虫,中国南方各省均有分布,越是温暖的地区受害越是严重,寄主

专一,专为害红萍。在长江以南地区,年发生8~13代,盛害期在6~9月份。除越冬外,一般每代历期18~22天,代数和历期都因受温度影响而变化。由于越冬虫龄大小不一和越冬场所温度高低不同,使越冬代蛾发生不整齐,夏季由于高温下发育快和防治不彻底等原因造成代重迭的现象比较严重。萍灰螟是以幼虫危害萍体,初孵幼虫,光吃叶芽的幼嫩部分,然后钻入小叶叶肉内嚼食,一天后即能吐丝缀合萍体,将萍体的同化叶向内侧折联,边做虫槽边吃同化叶,被害萍体因而留下一条条虫槽;残体在高温高湿的夏季因容易发生霉腐病而加速毁萍。所以在虫口密度大的暴食期,如不及时防治,2~3天即招致毁萍。因此,萍灰螟是对红萍威胁性最大的一种害虫。

萍螟:有褐萍螟与黑萍螟两种,均属鳞翅目,螟蛾科。两者的生活习性和为害特点基本相似。褐萍螟成虫体黄褐色,蛾静止时呈三角形,前翅有四条灰白色和二条暗褐色、一条黄色波浪形相间的宽带;黑萍螟体黑褐色,波浪带为黑褐与白色带相间,有两个肾形白斑,为两者鲜明的区别点。成虫趋光性也强。两种幼虫初孵时为乳白色,后变淡黄色,头、胸、背板黑褐色,也是危害红萍的主要害虫。分布广,寄主以红萍为主,但食性杂,能取食多种水生植物。长江以南地区年发生7~12代,其历代次数和每代历期也受温度影响,在广东省花县年发生

11~12代，福建省福清县7代，浙南地区7~8代。日平均温度在29℃时，一代历期23.5天，下降到19.4℃时，历期长达56.1天。盛发为害期在6~8月。也存在世代重迭现象。卵产在浮载叶底部与水面接连处。亦以幼虫危害红萍，初孵幼虫为害叶芽，以后吐丝将萍体卷成虫苞，躲在苞内带苞行动，将头胸伸出外部取食萍体。虫苞特点是同化叶

在外，浮载叶和根包裹在内，虫苞在萍面上小者形似米粒，大者如花生米。约1cm大的幼虫一昼夜能嚼食9~14朵红萍，为害猖獗时3~5天就会把整片红萍吃光，老熟幼虫甚至可爬上稻株吐丝，并在稻叶上作茧化蛹。

浙江省农业科学院土肥所、植保所，1967年在黄岩县观察两螟的世代及虫态历期如表11：

表11 萍灰螟和萍螟年世代世各代虫态历期

项 目 类	饲养代别	虫 态 历 期 (天)				历 期 始 末 (月/日)	历期天数
		卵	幼 虫	蛹	蛾		
萍 灰 螟	1	6	9	6	2	5/25—6/16	23
萍 螟		13	10	6	6	4/18—5/25	38
萍 灰 螟	2	4	8	3	2	6/17—7/3	17
萍 螟		6	9	6	3	5/26—6/20	26
萍 灰 螟	3	5	7	4	2	7/4—7/21	18
萍 螟		5	9	5	2	6/21—7/11	21
萍 灰 螟	4	3	7	4	1	7/22—8/5	15
萍 螟		4	8	4	2	7/12—7/29	18
萍 灰 螟	5	5	5	4	1	8/6—8/20	15
萍 螟		5	8	4	1	7/30—8/16	18
萍 灰 螟	6	4	7	4	1	8/21—9/5	16
萍 螟		6	9	5	1	8/17—9/6	21
萍 灰 螟	7	5	8	4	1	9/6—9/23	18
萍 螟		4	10	5	1	9/7—9/26	20
萍 灰 螟	8	5	9	5	1	9/24—10/14	21
萍 螟		5	10	5	2	6/27—10/17	21
萍 灰 螟	9	6	9	5	1	10/15—11/5	21
萍 螟		6	10	5	1	10/18—11/7	21
萍 灰 螟	10	8	12	10	8	11/6—12/7	32
萍 螟		8	13	8	8	11/8—12/7	30

萍摇蚊：为害红萍的摇蚊种类很多，统称萍摇蚊。萍摇蚊的幼虫中国俗称萍丝虫，均属双翅目，摇蚊科，常见的有四种：黄萍摇蚊的幼虫俗称白丝虫；褐、绿萍摇蚊的幼虫统称红丝虫；二带萍摇蚊幼虫称二带萍丝虫。前三种分布于安徽、江苏、浙江、福建、广东等省。在浙江以黄摇蚊为主。在广东、福建则以二带萍摇蚊为主，为害严重。福建近年还发现危害红萍的两种新摇蚊。

二带萍摇蚊的危害性直到七十年代才引起人们的重视，在广东、福建等地是夏、秋季红萍的大敌。据广东省农业科学院土肥所饲养和田间观察发现：4、5月和10月有两次暴发高峰期，其虫口密度每亩可多达2110万条。此时可在1~2天内招致毁萍。在广东南部，一年可发生15代，世代重迭。以第2、3、4和12、13代发生量最大。春末、冬初，每代历期25~40天，夏秋季节只14~20天。12月上旬以幼虫越冬。各种虫态历期：成虫1~5天；卵期2~3天；幼虫10~20天；蛹期0.5~2天。羽化后成虫多在黄昏或白天雨后成群婚飞，灯下诱得的雌雄蚊性比为3:1左右。雌蚊把产卵器插入水面下产卵，在萍体下粘于吸收叶或萍根上，每次产一卵囊，内存卵粒57个左右。幼虫从低龄到高龄有一个变色过程：初孵1~2天，体长0.5mm左右，为黄白色；3~5天为二龄，中间食道褐绿色，两端淡绿色；5~8天三龄幼虫色淡红，中间食道红褐色；8~12天四龄幼虫变红色，体长3~4mm。

二带萍摇蚊以幼虫危害萍体。初孵幼虫咬食萍体生长点嫩叶，钻入顶芽，造成隧道，逐步取食嫩根，吸收叶、同化叶，至3~4龄幼虫时，才以唾液腺分泌物与萍体碎片等造茧筑巢于萍体根茎部位，伸出躯体来回取食为害，只有少量在萍体外（如土面）筑巢。又据观察，二带萍摇蚊以植食性为主，并对

红萍有专食性，其余三种为腐食性，因而二带萍摇蚊能对红萍直接造成危害。幼虫在水中咬食萍叶或萍根，受害萍体变紫褐色，无根，生长停滞，成离散状，严重时造成毁萍。最近认为，黄萍摇蚊也以植食性为主。至于以腐食性为主的褐、绿萍摇蚊对红萍的危害性如何，有待探明。

萍象鼻：属鞘翅目，象鼻虫科。以浙江南部分布较多，福建、广东零星发现。幼虫、成虫都能危害红萍。在温州地区年发生两代。初害期一般于4月中、下旬至5月上旬，盛害期多在5月底至6月中旬。成虫寿命长达一年以上。成虫有嗜食萍体叶芽的习性，幼虫孵化后咬食叶芽，后转蛀茎叶，使萍体碎散呈紫褐色。

椎实螺：在中国南方分布的有三种，而以斯氏萝卜螺为常见。椎实螺食性杂，除危害红萍外，还能取食其他水生植物。幼螺成螺都能吞食萍根和萍叶，尤喜食嫩芽，被害萍体无根，茎叶离散。椎实螺是雌雄同体而异体受精的动物，除冬季外均能产卵，以水温15~25℃最合适。

（二）防治措施

1. 萍螟和萍灰螟由于世代重迭，故通常混合发生，防治措施上可将两螟同时结合进行。在中国防治虫害，主要用农业措施、生物防治和药剂防治结合进行。

首先是冬季清理沟渠、池塘、田埂等地的杂草、杂萍，消灭越冬虫源，结合用药剂杀灭害螺、害藻；夏秋季可采取浅水、薄肥、勤管快繁、勤分萍等措施，并适时、于净倒萍做肥料，以降低存留养殖田的虫口密度；在6~8月份萍母夏繁阶段，准确测报，抓紧在蛾盛发期的几天内，点灯诱蛾，效果较高。保护青蛙、蜘蛛这类能捕食两螟的天敌和应用青虫菌、杀螟杆菌制剂，对杀灭两螟的效果可达70~90%；放养红蚂蚁（Tetra

morium guineense Talriejus) 有 67% 的防治效果。应用对两螟兼治的药剂如巴丹、马拉松、杀螟松等都有较好的效果 (表 12)。

防治萍摇蚊采取速繁避虫、浅水、泥皮水育萍, 结合间隔轻搁田, 日排夜灌等科学管水办法, 可限制幼虫的活动和危害; 萍摇蚊有很强的趋光性, 利用黑光灯诱杀的效果很好; 药剂防治以双硫磷、倍硫磷、呋喃丹等, 配合采用拍萍破坏虫巢, 可以提高杀虫效果。每亩用固体放线菌菌剂 2 斤, 配成溶液, 先浸萍 5 分钟, 再将浸液泼洒在萍田里, 萍丝虫的死亡率达 83~85% 以上。

对椎实螺, 用 8~10 斤茶子饼捣碎, 用温水浸泡 12 小时后泼浇, 结合采用瓜皮诱杀法捕杀之。对萍象蚬可用敌敌畏或敌百虫防治。

六、关于今后红萍研究的几个问题

随着农业生产的发展, 复种指数的提高, 高产稳产农田建设的要求, 对肥料的需要越来越多, 红萍是高固氮的绿肥作物, 所以, 今后对红萍的研究会更引起人们的重视。从农业生产的需要出发, 以下几个问题是当前急需研究解决的。

(一) 孢子繁殖

在中国, 影响红萍迅速发展的原因之一, 是北方越冬和南方越冬的问题。目前, 中国用孢子果育苗已获得成功, 正在进一步研究红萍

表 12 防治红萍害虫的几种主要农药

药剂名称	其他名称	分子式	稀释倍数	使用 方法	防治对象及效果
90% 敌百虫	dipterev	$C_4H_8O_4Cl_3P$	1000	喷	萍象蚬 防治效果较好
80% 敌敌畏	dichlorvos	$C_4H_7O_4PCL_2$	3000	喷	萍象蚬 防治效果较好 萍象蚬 萍螟无效
50% 巴丹	Padan	$C_7H_{15}O_2N_2S_2HCl$	1000—1500	喷	萍象蚬, 萍螟 防治效果较好
50% 杀螟松	Sumithion	$C_5H_{12}O_5NPS$	800—200	喷	萍象蚬, 萍螟 防治效果较好
50% 马拉松	malathion	$C_{10}H_{19}O_6PS_2$	2000	喷	萍象蚬, 萍螟 防治效果最好
25% 亚胺硫磷	imidan	$CuH_{12}O_4NPS_2$	2000	喷	萍象蚬, 萍螟 防治效果较好
50% 倍硫磷	fenthion	$C_{10}H_{15}O_6PS_2$	800	喷	萍象蚬 防治有一定效果
呋喃丹	Carbofuran		30—100	喷雾或亩用 8~10 斤撒施	萍摇蚊 防治有一定效果
茶子饼	Cake of tea oil tee		30	泼 施	萍摇蚊, 萍象蚬, 萍螟 防治效果较好 防治椎实螺