

夏季綠肥參考資料

(二) 紅 萍

广东省科学技术情报研究所

一九六五年四月

目 录

紅萍的繁殖利用.....	汕头专区农业局 林德鳴 (1)
紅萍生物学特性的初步研究	呂书纓、陈克增 (10)
紅萍营养特性的初步研究	利卓桑、呂书纓 (17)
紅萍越夏初步研究簡报	呂书纓 (25)
稻田养萍适应性試驗总结	浙江省舟山专区农业科学研究所 (33)
連作晚稻田养萍試驗总结	浙江省温州专区农科所土肥研究室 (38)

紅萍的繁殖利用

汕头专署农业局 林德鳴

1957年以来，我区对紅萍的繁殖利用，进行过一些試驗研究与示范推广工作。1957至1958年，在专区农业試驗站对紅萍的繁殖利用及生长习性，做一些基本的探索性观察，取得一些結果，59至61年，在一些地区试图推广。結果因种种原因，沒有成功。1962年由于改变了工作方法，全力抓好揭阳尖石一个点，养萍12.2亩都获得成功。1993年除尖石把养萍面积扩大到22.86亩外，揭阳土肥站，又在漁湖西寨推广10亩，揭阳錫场华清、饒平农业試驗站也进行試驗示范，結果均获得成功。現这些地区都准备扩大面积进行推广。七年的工作有成功的經驗，也有失敗的教訓。現将个人七年来参与这一工作所掌握到的一些情况与体会，作简单的介紹，供各地开展紅萍繁殖利用之参考。

一、稻田养萍的增产效果

七年来經多次的試驗，稻田無論是插秧前养萍还是插秧后养萍，都取得显著的增产。有的养萍田每亩少施十斤左右的化肥，产量还是比沒有养萍的高。十多个对比材料平均，插秧前养萍每亩可增产稻谷71.88斤，插秧后养萍可增产57.72斤。历年試驗結果如下。（如表1）

二、紅萍是稻田的优良綠肥

几年来我們在試驗推广工作中，深切体会到：紅萍是稻田的优良綠肥，它繁殖快、产量高，固氮能力强、肥効好、养萍方便、省工俭本。

1. 紅萍繁殖快、产量高

紅萍的生长繁殖比任何綠肥都快，在正常条件下，每五天可增殖一倍。1958年观察条件适宜最高一天可增殖52%、五天增殖3.5倍。紅萍产量的增加，是成倍数递增的，紅萍具有高速度繁殖的能力，是其植株生长习性所决定的。

几年来，所作的紅萍养殖試驗，在早春本田后用少量萍种經30—40天的养殖，能收3000—5000斤鮮萍产量，情况如表2。

表 1

試驗地点	年度造別	对 照	插秧前养萍			插秧后养萍			对 照 增 施 肥 料 数 量 (亩)
		(不养 萍) 产 量	产量	比对照增加	产量	比对照增加			
		斤/亩	斤/亩	斤/亩 %	斤/亩	斤/亩 %			
*专区仙河 农业試驗站	57年早造	618	620	2	0.3				
专区仙河农 业試驗站	57年晚造后效	857.5	897.5	40	4.7				
*专区仙河 农业試驗站	58年早造	541.3	646.3	105	19.4	581.8	40.5	7.5	
揭 阳 尖 石	62年早造	413	432	19	4.6	451	38	9.2	
揭 阳 尖 石	62年晚造后效	449	490	41	9.1	480.2	31.2	6.9	
揭阳漁湖西寨	63年早造	597	650	53	8.9				硫酸銨10.8斤
揭阳漁湖西寨	63年早造	618	740	122	19.7				硫酸銨12.6斤
揭阳漁湖西寨	63年早造	666	777	111	16.7				硫酸銨10斤
揭阳尖石第二队	62年早造	470.8	516.7	45.9	9.8				干塘泥 130 担 硫酸銨 3 斤
揭 阳 尖 石	63年早造	529.8	587	57.2	10.8				
揭阳錫场华清	63年早造	556.2				686.7	129.9	23.4	
饒平农业試驗站	63年早造	673				722	49	7.3	硫酸銨10斤
統 計	处理平均		663.06			584.22			
	其对照平均		591.18			526.50			
	处 理 比 对 照 增 加		71.88			57.72			

註：有*号的萍区，因氮肥过量，倒伏烂稿严重，在平均产量时没有計入。

2. 紅萍固氮能力强、肥效高

紅萍叶片空腔中，有藍藻共生，能固定空气中氮素，根据1958年观察，紅萍的固氮能力很强，在缺氮培养下，每增殖鮮萍一克，可固定氮素2.323毫克。推算增殖鮮萍1000斤，可固氮2.323斤。稻田养萍每亩产萍3000—4000斤，可固氮6—8斤。

紅萍組織柔弱、碳氮比低，容易腐烂，肥效很快，每施用1000—1500斤。当造肥效可相当硫酸銨十斤。尖石村1963年大面积养萍压萍，比没有养萍的稻田，每亩平均少施粪水20担、硫酸銨10—15斤，結果萍田的禾苗生长还比没有养萍的好。几个点紅萍肥效試驗的結果如表3。

表 2

試 驗 地 点	年度	下 种 时 間	下种量斤/亩	养萍 天数	紅萍产量 斤/亩	备 註
专区仙河农业試驗站	57	2月23日	30	45	3450	
" "	58	2 " 15 "	100	40	5026	
揭 阳 农 科 所	59	12 " 20 "	1000	10	3000	
揭 阳 曲 溪 农 场	60	2 " 8 "	100	22	2200	
揭 阳 尖 石	62	2 " 26 "	92.5	28	2193	12.2亩平均
揭 阳 尖 石 3 队	62	3 " 6 "	95	28	2960	
揭 阳 尖 石 2 队	62	2 " 26 "	90	28	2800	
揭 阳 尖 石	63	2 " 22 "	39.4	38	3569.5	22.86亩平均
揭 阳 尖 石 1 队	63	2 " 22 "	39.5	37	3543	
揭 阳 尖 石 2 队	63	2 " 22 "	48.2	37	3626	
揭 阳 尖 石 4 队	63	2 " 22 "	36.8	37	3441	
揭 阳 尖 石 3 队	63	2 " 22 "	23.9	40	4884	
揭 阳 尖 石 試驗田	63	3 " 6 "	200	29	4292	
揭 阳 漁 湖 西 寨	63	2 " 28 "	60	46	6000	
" "	63	3 " 2 "	70	25	3700	

表 3

单位 斤/亩

項 目	揭 阳 尖 石		揭 阳 农 科 所		饒 平 农 业 試 驗 站	
	施 肥 量	产 量	施 肥 量	产 量	施 肥 量	产 量
施 紅 萍 区	紅萍1906斤	633.05	紅萍3000斤	574.5	紅萍2000斤	717
施 化 肥 区	氯化銨9.8斤	431.15	硫酸銨30斤	597.5	硫酸銨10斤	673
对 照 区 (不 施)			不 施	500		
紅萍区比化肥区 增 减		+201.9		-23		+44
紅萍区比对照区 增 减				+74.5		

施用紅萍的稻田，养分逐漸分解释放，供水稻逐步吸收，能保証整个生长期养分的正常供应，收割时青枝腊葉，谷粒充实飽滿。情况如表 4

表 4

地 点	項 目	穗 长 (公分)	每 穗 总粒数	其 中 結实粒	不实率 %	千粒重	备 註
揭 阳 尖 石	施 紅 萍	18.12	60.42	54.70	9.5	28.25	不 死 稿
	施 化 肥	17.29	59.44	49.30	17.1	27.1	死 稿 严 重
揭 阳 农 科 所	施 紅 萍		53.2	43.68	17.9	27.5	
	施 化 肥		50.4	41.53	17.6	27.63	
饒 平 农 試 站	施 紅 萍		78.5	55.1	29.81	27.5	不 死 稿
	施 化 肥		66.3	33.5	48.2	26.4	死 稿 严 重

3. 稻田养萍可以改良土壤

稻田养萍，不仅改善当造水稻养分供应状况，提高当造水稻产量，同时还增加大量的有机质，改良土壤性状，群众反映：养过萍的稻田，土壤灰黑，猫毛草等杂草减少。根据我们在尖石试验，取样分析结果如表 5。

表 5

地 点	項 目	插秧前养萍	对 照	插秧后养萍
1962年尖石 养萍試驗田	夏收后有机质%	2.74	2.24	2.47
	秋收后有机质%	2.415	2.274	2.295
	秋收后全氮量%	0.234	0.209	0.220
1962年尖石 养萍試驗田	夏收后有机质%	2.955	2.632	2.859
	夏收后全氮量%	0.2170	0.2011	0.2064
1963年西寨 养萍試驗田	夏收后有机质%	2.597	2.375	
	夏收后全氮量%	0.2475	0.2301	

由于养萍压萍，增加大量有机质，改良土壤，以及残存的氮素直接增加水稻氮素养分的供应，后作晚稻产量可显著提高。养萍田晚稻后效观察结果如表 6。

表 6

試 驗 地 点	对 照 (不养萍区)	插秧前养萍区		插秧后养萍区	
		产 量 斤/亩	比对照增加 斤/亩	产 量 斤/亩	比对照增加 斤/亩
57年专区仙河农业試驗站	857.5	897.5	40		
62年揭阳尖石	449	490	41	480.2	31.2

4. 稻田养萍不与作物爭地，又省工俭本

紅萍浮生水面，在适宜生长季节随时可放养收获，可安排在与水稻生长不相矛盾，不爭土地的时间放养。按我区气候及耕作情况以在早春办田后插秧前这段时间养萍效果最佳，插秧后养萍，掌握得当，也有良好效果，不必佔用一造耕地面积。

紅萍粗生易长、繁殖快、栽培管理容易、花工很少。下种后做好排灌、施肥及其他管理工作，平均每亩只需0.5个工，最后捞萍、压萍，工作量較多，每亩也只需2.5—3个工，整个过程共花3—3.5个工。以每亩收获紅萍3000—4000斤計，平均每个工可得綠肥1000—1100斤。如捞萍、压萍的方法加以改进花工还可再少。

紅萍能固氮，繁殖期間不必施用氮肥。钾肥在我区土壤及灌溉水中，含量較丰富，也不必施用。养萍过程只需施用少量磷肥就能滿足其正常生长的需要，养萍成本很低。63年尖石养萍22.86亩，施用基肥及追肥7次，平均每亩共用去过磷酸鈣6.94斤，而紅萍产量3569.5斤，平均每用磷肥一斤，可收紅萍519斤，按含氮量0.24%計，可相当5—6斤硫酸銨的含氮量，因而利用稻田放养紅萍，是以磷換氮，以氮增粮的最经济的办法。

三、稻田养萍的方式方法

1. 早稻插秧前养萍：几年来的試驗結果，认为在我区生产条件下，以早春办田后至插秧前这段时间养萍，紅萍产量最高，增产效果显著。方法是在二月中旬办田后每亩即下萍种50—100斤，至3月底4月初把紅萍捞起堆漚压作基肥，然后进行插秧。这种方法的优点是：紅萍高产，操作方便，少出毛病，增产显著。

①插秧前养萍时间一般可达40天，养萍时间长可获得高产量的紅萍。

②养萍时是漚田期間，与水稻生长沒有矛盾。为了养萍，需提早办田漚田，对熟化土壤、增加土壤有效养分，促使插后禾苗的回青生长都有好处。

③插秧前养萍，从管理至捞萍压萍、操作较为方便。

④插秧前养萍，把紅萍压作基肥，紅萍养分的分解释放与水稻生长对养分的需要较为协调，因而少出毛病，增产显著。

2. 插秧后养萍：也是紅萍繁殖利用較好的一个方法。方法是在插早稻后，每亩即下萍种

200—300斤，經養殖15—20天，于中耕时結合中耕压萍。这种办法优点是：

①此时萍种較多，易于扩大养萍面积。

②插秧后这段时间气候条件最适宜紅萍生长，增殖最速。几年来各地試驗的結果，都取得显著的增产效果，情况如表7。

表7 插秧后养萍对早稻产量的影响 斤/亩

項 目	地 点	专 区 仙 河 农 业 試 驗 站	揭 阳 尖 石	揭 阳 华 清	饒 平 农 业 試 驗 站
插秧后养萍		581.8	451	686.1	722
对照（不养萍）		541.3	413	556.2	673
比对照增产		40.5	38	129.8	49

3.其他利用方式：建立紅萍繁殖田作为綠肥基地，也是值得考虑的一个办法。紅萍在三月下旬至五月中旬这六十天中，生长最速，利用这段时间在稻田行間养萍，把紅萍捞起沤肥作其他田地或晚造肥料。如管理得当，田面經常保持萍种1500—2000斤，每3—4天可捞萍1000斤，六十天時間內可捞萍15—20次每亩共产萍15000—20000斤，可作十亩晚稻的基肥，每亩約可增产稻谷40—50斤。这样，早造养萍田虽因养萍捞萍影响一些产量，但在晚造生产中得到补偿，总产量可大大提高。1962年在尖石1.1亩地上試驗，未有認真管理，也沒有經常捞萍，只在四月二十七日、五月十日捞萍2次，共捞萍3300斤，以后存下的紅萍在田面自行腐爛死亡，結果养萍捞萍的稻田每亩571.4斤，不但不影响产量，反而比沒有养萍的稻田亩产510.5斤增产60.9斤，这一利用方式值得进一步試驗研究。

四、提高紅萍产量的方法

1.延长紅萍生长繁殖天数：紅萍的产量随养萍日数的增加而增加，每延长养萍時間3—5天，产量就可提高一倍，为延长紅萍繁殖期，首先应尽早下种养萍，根据历年經驗，插秧前养萍，在霜期过后雨水前后即可下种，插秧后养萍应于插秧后即行下种也可在插秧前几天先下种繁殖，再行插秧。其次应注意尽量推迟收获，为解决与插秧期的矛盾，最好在插秧前5—7天，先捞取部分（1500—2000斤）沤作基肥，其余让其繼續繁殖，插秧时再全部捞起沤作追施，把先期已沤爛的紅萍施作基肥。这样既能适时插秧，又能提高紅萍产量，施下的紅萍又能充分沤爛，肥分利于水稻吸收。

2.增加下种量：紅萍的单位面积产量，随着下种量的增加而增加，但其增殖的百分率則随种量的增加而下降，試驗結果如表8。

表 8

下种量 斤/亩	100	200	500	1000
10天后产量 斤/亩	1112.5	1650	2537.5	2856.3
10天增殖 %	1012.5	725	407.5	185.6

据观察，红萍长满田面一层，每亩有萍1200—1500斤；红萍密挤重叠，有皱纹，每亩有2500—3000斤；重叠3—4层，每亩有4000—5000斤。每亩红萍在3000斤以下，增殖仍很快，超过3000斤，则增殖速度减低。因此，红萍的下种量应随栽培目的的不同而定：繁殖红萍，目的在使少量萍种子短期间内大量繁殖，萍苗下种量不要太多，提高红萍增殖速度，以经常保持长满田面一层为度，红萍增密挤，就应分开，扩大放养面积。繁殖作绿肥用的红萍，目的在一定时间内于单位面积内获得最高的红萍产量，下种要多，田面经常保持2000—3000斤红萍。超过此量，应采取分次收获办法，捞起部分沤肥，这样单位面积产量最高。增加下种量是提高红萍产量的重要措施，因而萍种的繁殖，就成为提高产量的关键。汕头地区，红萍可以在自然条件下越冬。据观察，红萍在最低温度4—5°C，水温9°C左右时，仍可生长繁殖，冬季气温降低时水温可比气温高3—4°C，有萍层比没有萍层，萍层高比萍层低的水温可提高0.5—1°C，采用当造的栽培管理措施繁殖还是很快的。五七年冬，专区仙河农试站利用田间流速不大的水沟养萍，沟面系以草绳，并用稻草稀疏复盖，红萍仍迅速繁殖。霜期沟面有薄草复盖的红萍仍保持青绿继续增殖，每亩沟面迅速长满一层，约有2250斤萍种。1959年冬，在揭阳农科所十月中旬捞萍种五斤在水沟繁殖，至十二月初就长了一千多斤，晚稻收割后即行犁耙办田，每隔5—10天设一道稻草篱挡风，每三天喷磷肥一次，十二月二十日亩下萍种1000斤，经10天就长到3000斤，平均每六天可增殖一倍。这样计算，晚稻收割后，十一月底以一斤红萍连续培养，到次年二月中旬，可增殖2000斤，足够20亩地的萍种。

3. 施用磷肥：几年来大量的事实证明，施用磷肥是养萍成败产量高低的重要关键。根据营养液培养观察的结果，红萍在各种营养液的表现如表9。

表 9

项 目	完 全	缺 氮	缺 钾	缺 磷	蒸 餾 水
4月26日下种(朵)	500	500	500	500	500
4月29日 "	895	882	857	783	769
5月2日 "	1952	1782	1401	1073	867
5月5日 "	2587	2821	2244	1727	1292
5月5日结束时湿重(克)	2.5522	3.0822	2.1442	1.7316	1.3716
红萍模比	10.8	15.5	5.87	2.98	3.35

紅萍因能固氮，故在缺氮营养液中仍能正常生长，缺磷、缺鉀則生长很差，在养萍过程中，补充磷鉀肥是必要的。

在我区揭阳仙河的土壤条件下，紅萍盆栽与田間小区三要素試驗結果如表10、11、12。

表10

項 目	氮	磷	鉀	对 照
鮮 重(克)	2.7830	12.9752	7.8960	5.5648
根 比	4.78	3.23	1.49	1.05

註：下种 500 朵，培养15天

表11 紅萍三要小区試驗結果

項 目	4 月17——27日			4 月27——5 月2日		
	每 亩 产 量 (斤)	增 殖 %	紅 萍 根 比	每 亩 产 量 (斤)	增 殖 %	紅 萍 根 比
N	812.5	306.3	2.07	162.5	-18.8	3.68
P	1612.5	706.3	3.35	593.8	196.9	4.01
K	981.3	390.6	1.41	281.3	40.6	3.57
NP	1771.0	785.6	3.71	887.5	343.8	3.17
NK	900.0	350.0	2.09	262.5	31.25	3.84
PK	2287.5	1043.8	2.77	1000.0	400	3.45
NPK	1712.5	756.3	3.40	1137.5	468.8	3.46
O	987.5	393.8	1.46	287.5	43.7	2.34

註：每亩下种 200 斤，各处理分別施 N 2 斤/亩， P_2O_5 2 斤/亩， K_2O 2 斤/亩。

表12 紅萍各种肥料施用效果試驗

項 目	草 灰	食 盐	粪 水	堆 肥	过磷酸鈣	对 照
下种量 斤/亩	200	200	200	200	200	200
十天后产量 斤/亩	1062.5	887.5	1581.25	1431.1	1800	1050
增 殖 %	400.3	343.7	690	615	800	401.2

氮肥反应不好的原因，是紅萍自身能够固氮，鉀肥反应不好的原因則不是紅萍不需要鉀肥，而是本地区土壤及灌溉水中鉀的含量較丰富，因而施用食盐也不能發揮其对土壤中鉀素的活化作用的效果。磷肥对紅萍有特殊的作用，因为除本地区土壤缺磷外，磷肥在土壤中的

活性很弱，溶于田水中的量就更少，而紅萍浮生水面，只能从水中吸取养分，这样紅萍吸收磷就比吸收其他养分困难，对磷的要求也就更迫切。此外，紅萍能固氮是因有藍藻共生，施用磷肥可促进藍藻的生长，增加固氮量，这就直接改善了紅萍的氮素营养条件，加速紅萍的生长，使紅萍施用磷肥的效果更加显著。根据試驗观察，同是500朵萍种，培养十五天，沒有施肥的固氮5.884毫克，萍体风干物含氮2.48%，施用磷肥的，因加速紅萍增殖速度，固氮21.93毫克，相当于前者三倍多，风干物含氮3.36%，也提高35.4%。

4. 紅萍施用磷肥，最好采用噴霧方法，既有肥料，效果又好，磷肥不同施用方法試驗結果如表13

表13

項 目	下种 1000 斤/亩 每 5 天撈一半，測产				下种 200 斤/亩	
	4 月 17—22 日		4 月 22—27 日			
	斤/亩	增殖%	斤/亩	增殖%	斤/亩	增殖%
2 斤作基肥	2275	127.5	1412.5	24.17	1800	800
1 斤基、追肥各半	2075	107	1325	27.76	1275	503.4
1 斤一半基肥，一半混水追肥	1950	95	1493.8	53.2	1531.3	665.6
0.5 斤分两次追肥	2000	100	1100	5	1381.3	590.6
0.5 斤分两次混水追肥	2075	107.5	1125	8.4	1231.3	501.5
0.5 斤分二次噴霧	2087.5	108.8	1731.3	65.9	1518.8	659.4
0.5 斤分四次噴霧	2112.5	111.3	1893.8	79.3	1868.8	834.4
对 照	1912.5	91.3	1687.5	13.7	1025	401.2

註：磷肥施用量按 P_2O_5 計

磷肥采用噴霧方法施用，效果最好的原因是：

- ①可減免土壤对磷酸的固定作用；
- ②紅萍体小根短，吸收肥料范围很小，磷肥的噴霧施用方法，最为均匀，每个个体都能得到所需的磷而迅速生长繁殖。

5. 应注意的其他問題，为加速紅萍生长繁殖，提高产量还必须注意

①萍田要划分为若干小格，并筑高約 2 寸的小土埂，防紅萍被风吹刮过于集中，影响增殖速度。养萍初期把萍种集中在 1—2 小格，便于管理，以后随紅萍的生长增殖再扩大到其他小格放养。

②养萍田灌水不宜过深，以 1—1.5 寸为度，灌水过深萍种易被风刮成堆，也降低田水中养分的浓度，降低紅萍增殖速度。

③萍田每十天左右要耙一次，可除杂草，也可增加紅萍养分的供应，加速紅萍生长。

④紅萍在田間生长不匀时，应用人工散开或深灌水后耙地，使紅萍分布均匀，加速生长。

紅萍生物学特性的初步研究

呂书鏗 陈克壘 陸宗杉 沈志豪

(温州专区农业科学研究所)

紅萍的叶片中共生藍藻，具有較强的固氮能力，而且适应稻行間生长，不佔耕地面积，养殖方法又較簡便。浙江温州和福建长乐、閩侯等地区农民，早有养殖紅萍作为水稻肥料的习惯。据調查，浙南地区群众在稻田上养殖紅萍已有一百多年的历史，且对水稻增产效果极其显著，一般可增产10%左右，并具有改良稻田土壤和抑制杂草生长的作用。在解放前，温州、平阳、永嘉等县(市)养殖面积仅40余万亩，解放后养萍面积与年俱增，目前已达60余万亩。

近年来，我們在总结浙南地区群众养殖紅萍技术經驗的同时，进行了有关紅萍生物学特性方面的研究。

一、紅萍的固氮习性

紅萍小叶片(同化叶)的組織近基部有一个椭圆形空腔(称共生腔)，其中共生着絲状藍藻——滿江紅魚腥藻(*Anabena azolla strasb*)，它具有較强的固氮能力。

据1961年4月和6月間二次的水培試驗，缺氮培养并不影响紅萍的生长，过多的氮素对紅萍生长反而有抑制現象，而磷鉀肥特别是磷肥对紅萍的生长繁殖则有积极促进的作用(表1)。但是紅萍在冬季低温条件下的水培試驗表明：它的生长繁殖需要适量的氮肥，特别是随着温度的下降对氮肥的要求尤为迫切(表2)。

表1 不同培养液对紅萍生长的影响(1961年4月)

处 理	放 种 量 (克)	15天后重量 (克)	紅 萍 生 长 情 况
N.P.K.+微量元素	2	28.5	黄綠色，体小，叶稀，体薄。
P.K.+微量元素	2	30.2	綠色，体大肥厚，健壮。
N.K.+微量元素	2	20.2	黄綠色，体形弓起，或多角形。
N.P.+微量元素	2	25.6	黄綠色，体小。
蒸餾水+微量元素	2	7.8	紅黄色，体形多角，根长。

注：培养液是用 Knops' 配方稀释6倍

表 2

紅萍在低溫条件下对不同培养液的反应

处	理	放 种 量 (克)	20天后重量 (克)	机体含氮量 (%)
N. P. K. + 微量元素		20	75.54	3.58
N. K. + 微量元素		20	73.94	3.28
N. P. + 微量元素		20	73.22	3.19
K. P. + 微量元素		20	68.52	2.60
蒸馏水 + 微量元素		20	62.03	2.51

注：本試驗从 1963 年 2 月 15 日到 3 月 7 日在盆钵中进行。重复三次。平均水温 13.20°C
波幅 0°C—23°C

从上述二个試驗来看，紅萍在温暖条件下，具有較强的固氮能力，而在低溫条件下，固氮能力則漸次减弱，甚至消失。所以会发生此种現象，是与共生藍藻对溫度反应不同有关。一般在温暖时，由于共生藍藻具有較强的固氮能力，从而促进了紅萍良好的生长。但在低溫时，由于对藍藻固氮活性有很大的抑制，使紅萍机体表現缺氮現象，需要从外界水溶液中吸收氮肥，才可获得生长和繁殖。

关于紅萍的固氮能力問題。我們在 1962 年 3 月和 4 月做过无氮培养能力的测定，紅萍在水温 17.49°C 和 23.17°C 条件下，314 平方厘米的水面內 3 天能固定氮达 31.46—32.03 毫克（表 3）。又据在稻田养殖时期测定，每亩养殖 30 天可积累氮素 7.913 斤（表 4）。

表 3

紅萍在无氮培养液中的固氮情况

測定時間 (月/日)	紅 萍						培 养 液 总 氮 量 变 化				
	試 驗 前			試 驗 后			試驗前	試驗后	試驗前	試驗后	± 氮量
	干重 (毫克)	含氮量 (%)	氮量 (毫克)	干重 (毫克)	含氮量 (%)	氮量 (毫克)	氮量 (毫克)	氮量 (毫克)	氮量 (毫克)	氮量 (毫克)	氮量 (毫克)
3/27—3/31	1,680	2,962	49.76	2,200	3,695	81.29	0	4.50	49.76	85.79	32.03
	2,000	2,962	59.24	2,500	3,467	86.68	0	4.30	59.24	90.98	31.74
4/21—4/25	1,150	3,688	41.41	2,050	3,328	68.22	0	4.65	41.41	72.87	31.46
	1,150	3,770	43.36	2,020	3,483	70.36	0	4.72	43.36	75.08	31.72

表 4

稻田养殖紅萍积累氮素情况

(1962. 5. 2—6. 1)

放 种 时			“倒 萍” 时			每亩积累氮素量 (斤)
每亩干重 (斤)	含 氮 量 (%)	总 氮 量 (斤)	每亩干重 (斤)	含 氮 量 (%)	总 氮 量 (斤)	
28	3.54	0.9912	210	4.24	8.904	7.9128

紅萍的固氮能力与光照强度有密切关系。据夏季用不同层数的紗布遮蔭培养結果表明：在适当的遮蔭环境下，紅萍的含氮量和固氮能力較高，所以稻行間早期輕度的蔭閉紅萍生长和固氮能力的提高均有很大的好处，这主要表现在稻田放种15天左右紅萍迅速的增长，含氮量达到4%以上(表5)。

表 5

不同照度对紅萍固氮能力的关系

(1962年8月)

光照强度 (勒克斯)	試 验 前			試 验 后			±氮量 (毫克)
	干 重 (毫克)	含 N 量 (%)	总 N 量 (毫克)	干 重 (毫克)	含 N 量 (%)	总 N 量 (毫克)	
85000	2100	3.154	66.23	3200	3.210	102.72	36.49
65000	2100	3.154	66.23	3420	3.440	131.32	65.07
47000	2100	3.154	66.23	4100	4.100	172.20	105.97
25000	2100	3.154	66.23	3840	4.810	160.66	94.43
7500	2100	3.154	66.23	2930	3.960	113.10	46.87

磷素对紅萍固氮效能亦有极大影响。据1962年4月19日到4月27日田間試驗观察，在缺磷或少磷的情况下，紅萍的固氮效能显著的下降，而亩施6斤过磷酸鈣的萍体的固氮效能超过对照的6倍以上(表6)。又据夏季試驗，平均日水温33.24°C，平均日照为52200勒克斯时，每斤鮮萍噴施5克过磷酸鈣水液的生长速度与噴施7.5克或10克水液的效果相似(过磷酸鈣水溶液浓度均为1%)，均比不施肥的对照处理要快2倍左右。看来紅萍在夏季高温

表 6

不同用磷量对紅萍固氮能力的影响

处 理 (斤/亩)	重复 次数	养殖 面积 (尺 ²)	試驗前(4/19)			試驗后(4/2)			±氮量 (克)
			干重 (克)	含 N 量 (%)	总 N 量 (克)	干 重 (克)	含 N 量 (%)	总 N 量 (克)	
对 照	3	90	455	2.962	13.477	705.8	2.574	18.168	4.690
3斤过磷酸鈣	3	90	490	2.962	14.514	983.5	2.602	25.590	11.077
6斤过磷酸鈣	3	90	490	2.962	14.514	1291.5	3.265	24.067	27.553

的条件下也具有一定的固氮能力，但比春季要弱一些。因此可以肯定稻田养殖红萍是“以磷增氮”、“以氮增粮”的有效途径。

二、红萍的生活习性

红萍的生长对环境条件有一定的要求，如温度、光照、湿度、土壤和营养条件等等，均足以影响它的生长和固氮能力，兹分述如下：

温度：红萍对温度的敏感性很强，温度的变化，直接影响它的生长速度、固氮能力、体形、色泽及碳氮物质含量的变化。

据试验：红萍在 5°C 以下基本停止生长， $20-25^{\circ}\text{C}$ 为最适，即在无氮液中5天亦能增殖1.16—2.52倍，而 30°C 以上繁殖显著减弱， 43°C 基本上停止生长，并开始死亡。从抗热性测定，红萍机体在 45°C 处理120分钟，当空气相对湿度为60—70%时不致死亡，当空气相对湿度在90%以上则全部死亡，可见红萍抗高温的性能在低湿的条件下较强，这说明红萍在平原不插稻的水田中越夏是可能的。又据冬季冰冻试验：红萍在 -3°C 经72小时后机体才开始死亡，在 0°C 环境可以将机体保存一个月左右不致死亡。田间观察结果也有类似的情况，在自然变温 $1-21.5^{\circ}\text{C}$ ，日平均水温在 15.9°C ，5天增殖0.905倍；变温在 $17-32^{\circ}\text{C}$ ，日平均水温 22.57°C ，5天增殖2.66倍；变温在 $26-42.5^{\circ}\text{C}$ ，日平均水温 33°C ，5天增殖只有0.54倍。但不同萍种在各级温度下的繁殖速度均有不同（表7）。据对浙南农家利用的5个萍种现象，以专农一号比较抗寒又抗热，在冬夏季都表现较快的繁殖速度，黄村种也有较好的抗热性能，黄岩种抗寒强而抗热不强，福宁种抗寒抗热均较差。

表7 各萍种繁殖速度的各期比较

测定日期	平均水温	专农一号	福宁种	黄村种	黄岩种	蒲门种
62年2月10日至15日	10°C	0.250	0.196	0.170	0.250	
62年5月8日至13日	22.88°C	1.554	1.327	1.887	1.553	1.372
62年5月30至6月6日	27.06°C	0.511	0.3911	0.845	0.426	0.525
62年7月31日至8月5日	30.32°C	1.267	0.733	1.100	0.871	0.933

注：光照条件是相同的，指5天的繁殖倍数。

红萍的体色也随着温度变化而不同，一般在 15°C 以下和 30°C 以上时体色都带红紫色， $20-25^{\circ}\text{C}$ 时体色逐渐转绿，体形也较大。机体的物质含量在一年中也有不同的变化，显著的表现含氮量和含糖量方面：含氮量一般在冬季最低，春季最高，秋季其次。据1962年对福宁种测定：一月份机体干物质含氮量低至2.85%，3月份含氮量为3.075%，5月份含氮量4.57%（在稻行间），7月份含氮量3.85%，9月份含氮量3.92%。但据越夏试验了解，夏季机体含氮量的变化与磷素肥分的供给有极大的关系，夏季不施肥，机体的含氮量迅速下

降。当机体含氮量为2.603%左右时，体色渐渐变为红黄色，表现严重缺肥。机体的含糖量演变与温度极为密切，任何萍种都有随着温度下降而增加糖的含量趋向，只不过受机体抗寒性能的差异影响而有不同的表现而已。从冬季试验了解，机体含糖量高，抗寒性强，专农一号糖的含量显著的高于福宁种和城西种，故繁殖速度也较快。

光照：光是红萍不可缺少的生活条件之一，不但机体的光合作用强度随着光照不同而发生变化，就是共生蓝藻的固氮能力也随着光照时数、强度、光质等变化而有所差异。据试验：红萍能生长于光照强度3500—120000勒克斯（夏季中午测定），但以20000—45000勒克斯为最适宜，此时繁殖快，固氮力强，机体含氮量高。从早稻田间养殖过程观察，在早稻栽植后一个月左右的时间內，遮荫程度不大，是比较适于红萍生长的，繁殖逐渐加速，使萍体在短期内密布稻行并达重叠数层。到芒种前后由于稻苗迅速生长，荫蔽度增加，稻行間的光照为自然光照的三分之一和十分之一，加以稻行温度、湿度的影响和萍体的重叠，使生长环境恶化，机体就迅速的被霉菌滋生为害，发生“倒萍”现象。这说明生态因子的改变，和萍机体生长繁殖过程生理特性的演变，是导致霉菌滋生，促使萍体腐烂的主要原因。

湿度：在自然条件下水而空间相对湿度为85—90%，对红萍的生长是较适宜的，如果湿度高达100%，就会使红萍体经常保持水点，影响了蒸腾作用，减弱了机体对肥分的吸收，增殖受到一定的抑制，并且易发生霉烂；湿度低到60%时，就表现体表干燥，体质老脆，增殖速度随之缓慢。

从1962年红萍机体越夏过程观察：养殖在单季晚稻田的红萍，在7月13日由于稻行間光、温、湿条件的影响，使机体完全发病死亡，而养殖在空白田的萍并没有发生死亡。这种由于霉菌滋生而发生倒萍影响，除了光、温、及机体密度有关条件之外，湿度是生态因子中的主导因素（表8）。

表8 不同养殖场所湿度的一日波动情况（%）

处 时 間	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	平 均
空 白 田	100	90	68	65	62	58	60	50	50	54	59	54	82	65.538
单 晚 田	100	94	85	77	74	83	83	83	87	83	83	87	95	85.692

注：测定日期为1962年7月13日。

据历年气象资料的分析，浙南地区大气相对湿度随着季节的变化而有差异。2月到6月大气相对湿度平均在83—90%，7月份到9月份保持在85%左右，10月份到次年1月份保持在73—90%之間。虽然在7月份到9月份的平均湿度也较适宜于红萍生长，但由于夏季高温，在稻行間生长的萍体受到稻株的荫蔽而造成了闷热的环境，就会发生霉烂死亡。而在不种稻的田間，由于高温的出现同时伴随着低湿，因此能使红萍获得越夏的可能，但是在7月到9月間是红萍繁殖較慢的季节。

土壤：紅萍对土壤的要求不甚严格，据对温州地区調查，养殖紅萍多在平原水网地区，土层属于紫青甲粘土科、河头墙心青紫甲土組，和山边平原青紫甲黄砂土組。而紅萍种源产地的土壤多属梯田的冷水田組。据化验，养殖区土壤中速效鉀含量和种源区差异不明显，在养殖区銨态氮含量有高于种源区的趋势，而种源区速效磷的含量則显著地高出养殖区（表9）。故萍农素有向山区冷水田采种和送往該处越冬的习惯，是否与这些土壤中有有效磷和銨态氮差异有关，仍需深入研究。

从室内不同酸碱培养試驗了解，紅萍能生长 pH 的范围很广(3.5—9)，但以 pH 4.5—6.2 范围为适宜。在較酸的情况下，体色更显得翠綠，体形較小，分枝往往不在一个平面上，叶着生密度大，根系不发达；而在較碱的环境中生长，体色就由淡綠轉黃，体脆易断，根褐色。根据温州养殖地区和种源地区的水质測定結果，pH 值在 5—6 范围内，紅萍生长都表現极为良好。

表 9 紅萍生长地区土壤的化学性質

土 壤 采 集 地 点	pH 值	有机質%	全量氮%	速效性养分 (1/100克)		
				NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O
平陽南萍生产队*	5.5	3.502	0.1987	2.25	0.35	3.86
原平阳县农科所*	5.5	3.628	0.2454	3.35	0.60	3.12
平陽錢庫公社*	5.5	—	—	3.90	0.75	4.29
福建霞浦城关北生产队	5.5	9.881	0.4468	1.70	1.75	4.00
福建霞浦城关北生产队(牛角田)	5.5	5.925	0.3268	1.75	1.75	3.75
李岙附近田霞	6.0	4.065	0.2223	1.75	1.10	4.12
霞浦城西	5.0	—	—	3.70	1.48	2.87
霞浦东門外	5.0	—	—	2.70	1.30	2.73

注：* 为养殖地区，其他为种源产地。

营养：当自然条件适宜的时候，营养条件则为决定紅萍增殖的重要因素。紅萍对营养要求的种类和数量随着温度的变化而有不同。在低温环境中，氮素对促进紅萍生长和增强抗寒性都起着良好作用，但在温暖环境下，磷素对紅萍生长則起着决定性的作用，而氮素則逐漸起着抑制作用。据試驗了解，紅萍对氮磷特殊作用的界限在温度 15—16°C 之間，温度低于 15—16°C 氮比磷的作用显著，高于 15—16°C 則氮的作用不如磷等明显。

紅萍在缺磷时，由于花青素的积累而变紅，生长点发育也不一致，因而造成主干尖端生长优势，体形出現多角形和錐形。在低温缺氮时，机体易受冻害，萍体薄小，体色黃紅，浮力不大，繁殖能力減弱，甚至停止。但是，不同氮素肥分对紅萍的生长影响均有不同，从 1963年3月4日到3月19日盆鉢試驗証明，硝态氮对紅萍的生长表現有良好的作用，而銨态和尿态氮对紅萍生长作用則表現不良的效应（表10）。