

蓝藻湖靛对水稻肥效的研究*

周万平 余源盛 徐志俊 隋桂荣

(中国科学院南京地理研究所)

吴先成

(安徽省巢湖开发公司)

提要 通过等氮量的沤制蓝藻湖靛、人畜粪和碳酸氢铵作为早、晚稻追肥肥效的比较试验,以及通过沤制蓝藻湖靛对早、晚稻不同施用量的追肥和基肥的试验说明,沤制蓝藻湖靛的肥效与碳酸氢铵相似;在一定数量的范围内,其施用量与水稻产量呈正相关。

固氮蓝藻作为水稻肥源,国内外不乏报道。早在50年代,黎尚豪等^[1]就进行了这方面的研究,但用蓝藻湖靛作肥料施用,尚缺乏科学试验的结论。为了开辟肥源和合理利用湖靛资源,我们在1981—1984年进行了沤制蓝藻湖靛肥料[主要组成为铜色微胞藻(*Microcystis aeruginosa*)和螺旋项圈藻(*Anabaena spiroides*),以下简称湖靛]对水稻肥效的田间试验,试验归纳为肥效、施用方法(早稻和晚稻、追肥和基肥)以及施用量等方面的试验。通过试验,肯定了湖靛的增产效果,初步明确了湖靛对早稻或晚稻以及作基肥或追肥较适宜的施用量。

一、试验条件与方法

1. 试验田及水稻品种

试验田为一矩形田块(长为37.5m,宽为22.5m),三面水田,一面旱地,面积为1.27亩;试验实用面积为1.13亩。土壤质地为粉砂质亚粘土,当地称为“黄白土”,属中等肥力的农田。

该田属三熟制农田,即早稻—晚稻—油菜连年连续换茬。早稻供试品种为“七月早”及“二九青”,是耐寒、早熟、需肥中等、不易倒伏的地方品种,其中“二九青”较耐肥、抗病,一般亩产350kg左右。晚稻供试品种为“当选晚二号”,属省肥、抗病、适应性较强的稳产品种,一般作双季晚稻,亩产250—300kg;1984年的田间试验,晚稻改用比“当选晚二号”稍耐肥的品种“秋收一号”。

2. 试验方法

(1) 1981年晚稻肥效试验及1982年早稻肥效试验以等氮量(每亩施氮3.58kg)的湖靛、人畜粪和碳酸氢铵作追肥,试验方案为:处理1,对照(不施追肥);处理2,湖靛作追

* 本文承南京大学朱浩然教授、曾昭琪副教授,中山大学朱婉嘉副教授审阅,王海斌、车家甫等参加部分工作,一并致谢。

收稿日期: 1986年1月8日。

肥;处理3,人畜粪作追肥;处理4,碳酸氢铵作追肥。

(2) 1982年以湖靛¹⁾作晚稻不同施用量的追肥试验,试验方案为:处理1,对照(不施湖靛);处理2,施湖靛 639kg/亩,折氮 1.40kg/亩;处理3,施湖靛 1277kg/亩,折氮 2.81kg/亩;处理4,施湖靛 1862kg/亩,折氮 4.10kg/亩。

(3) 1984年以湖靛²⁾作早稻不同施用量的基肥试验,试验方案为:处理1,对照(不施湖靛);处理2,施湖靛 1064kg/亩,折氮 2.02kg/亩;处理3,施湖靛 2128kg/亩,折氮 4.04kg/亩;处理4,施湖靛 3192kg/亩,折氮 6.07kg/亩。

(4) 1984年以湖靛³⁾作晚稻不同施用量的基肥试验,试验方案如下:处理1,对照(不施湖靛);处理2,施湖靛 2128kg/亩,折氮 6.60kg/亩;处理3,施湖靛 2660kg/亩,折氮 8.25kg/亩;处理4,施湖靛 3724kg/亩,折氮 11.55kg/亩。

1981—1982年和1984年的试验,均在同一农田中进行。每次试验结束时,按小区采土样进行分析,证明小区之间的含氮量没有明显差异,说明上次肥料试验的养分已耗尽,因而决定可作为进行下一次试验田用。每次试验都设三次重复,随机区组设计,每4个小区为一个区组,也就是一个完整的试验重复。每次试验的田间布置如图所示,即区组位置不变,但4个小区每次试验进行一次随机排列。小区面积为0.094亩,其长:宽=1.75:1。

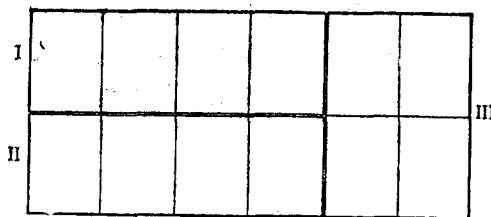


图1 试验区示意图 (I, II, III 为区组号)

Fig. 1 Sketch map of randomized blocks (I, II, III = block number)

在试验过程中除了观测水稻的返青期、分蘖期、拔节期、孕穗期等主要生育期外,还在收获前选定一个区组,在其中每一小区的第3行中连续采10穴,测定其株高、穗长、有效分蘖、每穗粒数及千粒重等。生育期的测量亦选定一个区组,定10穴作连续的生育动态观察,以反映肥效试验对水稻各生育期的效应。

此外,还对试验田的土壤及试验用的肥料作了基本性状和养分测定。通过水稻生育期中土壤速效性氮素的测定,判断其供需及消长的情况。

二、试验结果

1. 历年试验的肥料效应综合反映在水稻的产量上,其平均产量见表1。

2. 历年试验产量的方差分析结论及其增产率见表2。

从表2看出,施湖靛氮 2.8—8.25kg/亩,水稻增产率从 6.6—29.6%,因稻种及施肥方

1), 2), 3) 湖靛含氮各为 0.22, 0.19 和 0.31%。

表 1 历年试验的水稻平均产量 (kg/亩)

Tab. 1 Rate of increase of rice yield over several years in relation to Nitrogen fertilizer applied

年 份	试验内容	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
1981	晚稻, 追肥 “当选晚二号”产量	对 照 261.7	湖 靛 288.3 ¹⁾	人畜粪 274.0	碳酸氢铵 284.6 ²⁾
	早稻, 追肥 “七月早”产量	对 照 304.8	湖 靛 364.2 ³⁾	人畜粪 342.0 ⁴⁾	碳酸氢铵 372.2 ⁵⁾
1982	晚稻, 追肥 “当选晚二号”产量	对 照 307.3	湖靛氮 1.4 316.7	湖靛氮 2.8 327.7 ⁶⁾	湖靛氮 4.1 339.2 ⁷⁾
	早稻, 基肥 “二九青”产量	对 照 442.9	湖靛氮 2.02 468.8	湖靛氮 4.04 524.3 ⁸⁾	湖靛氮 6.07 480.9
1984	早稻, 基肥 “二九青”产量	对 照 442.9	湖靛氮 2.02 468.8	湖靛氮 4.04 524.3 ⁸⁾	湖靛氮 6.07 480.9
	晚稻, 基肥 “秋收一号”产量	对 照 304	湖靛氮 6.6 371.5 ⁹⁾	湖靛氮 8.25 394.2 ¹⁰⁾	湖靛氮 11.55 384.3 ¹¹⁾

1)~11) 表示其增产量达到 5% 显著平准。

表 2 历年试验结果产量的方差分析结论及增产率

($F_{0.05} = 4.76, n_1 = 3, n_2 = 6$)

Tab. 2 The increasing rate of experimental yield and their analysis of variance in several years

试验年份	试验内容	增产处理	增产率(%)	处理之间的 F 值
1981	晚稻, 追肥	湖 靛	10.2	6.01 ¹⁾
		碳酸氢铵	8.7	
1982	早稻, 追肥	湖 靛	19.5	8.73 ²⁾
		碳酸氢铵	22.1	
	晚稻, 追肥	湖靛氮 2.8kg/亩	6.6	6.51 ³⁾
		湖靛氮 4.1kg/亩	10.5	
1984	早稻, 基肥	湖靛氮 4.04kg/亩	18.5	17.59 ⁴⁾
		湖靛氮 6.6kg/亩	22.2	
	晚稻, 基肥	湖靛氮 8.25kg/亩	29.6	16.21 ⁵⁾
		湖靛氮 11.55kg/亩	26.4	

1)~5) 表示处理效应达到 5% 显著平准。

法而异。通过方差分析,说明处理之间(即不同肥料作追肥之间的比较,追肥或基肥湖靛不同用量之间的比较,以及它们与相应的对照之间的比较)的效应达到 5% 显著平准。

3. 历年田间试验各增产处理的株形及其产量结构见表 3。

表 3 表明,施用湖靛增产的原因,在株形方面表现为株高增长 3.2—15.7%,有效分蘖增长 50—125%,无效分蘖减少 0—73.3%;在穗部性状方面表现为每穗粒数增加 4.7—25.2%,每穗实粒数增长 4.2—22.1%,穗长度增长 0.7—12.3%,千粒重变化不大。上述性

表 3 历年试验增产处理的植株性状分析

Tab. 3 Analysis of experiment on yield increases treatment over several years

试验年份及内容	处 理	营养体性状			穗 部 性 状				
		株高 (cm)	有效分蘖	无效分蘖	每穗粒数	每穗实粒数	每穗空瘪粒数	千粒重 (g)	穗长 (cm)
1981 晚稻 追肥	对 照	55.9	0.13	0.06	33.0	30.5	2.5	25.5	13.6
	湖 靛	59.2	0.27	0.06	37.0	32.2	4.8	26.0	14.9
	碳酸氢铵	58.6	0.20	0.02	35.0	32.2	2.9	25.4	14.6
1982 早稻 追肥	对 照	57.7	0.07	0.28	33.0	30.5	2.5	24.9	13.3
	湖 靛	59.6	0.15	0.14	37.0	32.2	4.8	25.2	14.1
	碳酸氢铵	57.1	0.12	0.12	35.2	32.3	2.9	24.7	13.7
	人 畜 粪	54.9	0.19	0.11	30.3	25.6	4.7	24.6	12.7
1982 晚稻 追肥	对 照	48.8	0.16	0.15	38.0	35.6	2.4	26.5	14.7
	湖靛氮 2.8kg/亩	50.6	0.24	0.04	39.8	37.1	2.7	26.6	14.8
	湖靛氮 4.1kg/亩	52.4	0.36	0.07	43.2	40.2	3.0	26.5	15.7
1984 早稻 基肥	对 照	62.4	0.08	0.23	45.5	40.2	5.3	22.6	14.0
	湖靛氮 4.04kg/亩	65.7	0.13	0.08	50.8	43.7	7.1	23.0	15.2
1984 晚稻 基肥	对 照	61.9	—	0.07	40.0	36.7	3.3	22.9	12.2
	湖靛氮 6.6kg/亩	68.9	—	0.04	46.8	42.9	3.9	22.8	12.8
	湖靛氮 8.25kg/亩	71.6	—	0.05	50.1	44.8	5.3	22.9	13.7

表 4 湖靛成分分析¹⁾ (常量元素, %; 微量元素, ppm)

Tab. 4 Determination of chemical composition of water blooms (major element %; minor element, ppm)

有机质 (%)	灰 分 (%)	全 氮 (N, %)	全 磷 (P ₂ O ₅ , %)	全 钾 (K ₂ O, %)	钠 (Na ₂ O, %)	铝 (Al ₂ O ₃ , %)
69.32	6.0	8.04	1.44	0.81	0.27	1.30
铁 (Fe ₂ O ₃ , %)	镁 (MgO, %)	钙 (CaO, %)	钡 (Ba)	钴 (Co)	铬 (Cr)	铜 (Cu)
0.63	0.45	1.43	23.31	4.09	2.29	13.84
锰 (Mn)	镍 (Ni)	铅 (Pb)	锌 (Zn)	钼 (Mo)	镉 (Cd)	钒 (V)
239.86	11.18	0.03	156.59	0.21	0.02	13.79
铍 (Be)	铈 (Ce)	镓 (Ga)	镧 (La)	铌 (Nb)	硒 (Se)	镱 (Yb)
0.34	13.05	3.57	7.18	1.28	1.90	0.22

1) 分析方法: 有机质, 邱林法; 全氮, 重铬酸钾消化法; Mo, 催化极谱法; Cd, 阳极溶出法——戴全裕测定; 其他的微量元素和常量元素均为等离子光谱法测定。

状都反映出湖靛中的氮素能促进水稻的营养生长与生殖生长,有效地防止了小花退化,因而形成穗长、穗大、粒多的高产穗部结构。

4. 湖靛的成分见表 4。

从表 4 看,湖靛是一种养分比较全面的有机肥料,含有丰富的有机质,主要养分氮与磷的比例为 5.6:1 左右。重金属元素含量不高,即使长年施用湖靛肥料亦不会引起土壤重金属污染,相反丰富的有机质将利于改良土壤的理化性状,培养高产农田。

5. 试验田的土壤肥力状况见表 5。

表 5 试验田的土壤肥力分析

Tab. 5 Analysis of soil fertility in experimental field

pH 值	有机质 (%)	全 氮 (N, %)	全 磷 (P ₂ O ₅ , %)	铵态氮 (NH ₄ ⁺ -N, ppm)	速效磷 (P, mg/100g±)	速效钾 (K, mg/100g±)
6.18	1.94	0.10	0.07	0.39	0.34	11.00

总的说来,试验田的土壤肥力属中等,而土壤速效性磷处于很低的等级,已成为进一步增产的限制因子。就全磷而言,也属较贫乏的范畴,因此与氮、钾相比,施用磷肥就更显得迫切些。这类土壤若能长期施用湖靛等有机肥料,对增加土壤有机质,调整营养比例将具有重要的意义。

6. 水稻生育期中土壤铵态氮的消长情况见表 6。

表 6 水稻生育期中土壤铵态氮的消长情况¹⁾ (N, ppm)

Tab. 6 Increase and decrease of NH₄⁺-N in soil during rice growth period (1984) (N, ppm)

水稻生育期	处 理	对 照 (不施湖靛)	施 湖 靛 氮		
			2.02kg/亩	4.04kg/亩	6.07kg/亩
返青期 (5月20日,施肥后4天)		5.85	7.29	7.45	7.32
分蘖后期 (6月6日,施肥后22天)		1.44	1.44	1.40	1.54
成熟期 (7月24日,收割之前)		0.41	0.39	0.37	0.38

1) 1984 年早稻湖靛施用量试验。

湖靛肥料是一种速效性的肥料,根据水稻返青期土壤速效性氮(铵态氮)测定,平均比对照的增长 25.7%。18 天以后,在分蘖后期大部分速效氮已被水稻耗尽(湖靛氮 2.02kg/亩及 4.04kg/亩处理的),施肥量最高的处理(湖靛氮 6.07kg/亩),也只比对照的高 7% 左右,直到收割前各处理趋于一致,即所施肥料已为水稻耗尽。但从分蘖后期以后并非全部耗尽,因湖靛中尚有部分有机态氮在逐渐释放,陆续供水稻所吸收,否则不可能有明显的增产效果。因此,湖靛肥料可认为是一种迟速兼备的有机肥料,其迟速比决定于沤制腐熟

程度,若沤制时间过长,就会削弱长期而稳定的肥效。

三、讨 论

1. 湖靛肥料是一种迟、速兼有的有机肥料,能及时满足水稻各生育期对养分需要。湖靛经沤制后,不仅可提高速效性养分的比例,而且还可起到浓缩的作用。据报道^[1],沤制7天后的湖靛,其可溶性氮增加将近一倍,可溶性钾增加约10倍。但在长江中下游等地区要将现积新鲜湖靛作早稻追肥施用是困难的,因为一则当时湖靛尚未大量发生,二则要提高肥效必须经沤制后方可施用,这样,就不能及时供应早稻营养所需。由于分蘖期的需肥高峰得不到满足而影响早稻的有效分蘖,会错过早稻要求早发、稳蘖的时机,故早稻追肥所需的湖靛肥料,应系去年所积。但湖靛沤制时间过长,会损失养分,如,湖靛沤制7天后,可溶性氮为4.22%,可溶性磷为1.34%;而沤制半年后,可溶性氮和可溶性磷分别减少至2.59%和0.92%^[1]。另外,沤制湖靛肥料与人畜粪肥料相似,其养分的高低与含水量又密切相关,故我们所用湖靛肥料的含氮量是各不相同的。总之,为了提高湖靛肥料的养分,减少田间的施用量,必须掌握沤制的时间,并在沤制中适当地提高其浓度。

2. 根据1982年湖靛肥料对早稻追肥的用量试验及1984年对早、晚稻基肥用量试验结果,从经济用肥出发,早稻基肥以每亩4.04kg氮最为合适(每kg氮可增产稻谷约20.1kg),晚稻基肥以每亩8.25kg氮最为合适(每kg氮可增产稻谷约10.9kg),晚稻追肥以每亩4.1kg氮的增产较高(每kg氮增产稻谷约7.8kg)。至于晚稻和早稻追肥的最适用量均未做试验,有待进一步研究。但施肥量太低(每亩1.4kg氮作晚稻追肥或2.02kg氮作早稻基肥),肥效不显著;施肥量过高(每亩6.07kg氮作早稻基肥),又无其他措施跟上,产量反而下降(见表1,表7)。

表7 每公斤湖靛氮的增产量(kg)

Tab. 7 Increase of rice yield per kg N produced by water blooms

1982 年晚稻 追肥试验	每亩湖靛氮施用量	1.4	2.8	4.1
	每亩稻谷增产量	9.4	20.4	32.0
	每公斤氮增产稻谷数量	6.7	7.3	7.8
1984 年早稻 基肥试验	每亩湖靛氮施用量	2.02	4.04	6.07
	每亩稻谷增产量	26.0	81.4	38.0
	每公斤氮增产稻谷数量	13.0	20.1	6.3
1984 年晚稻 基肥试验	每亩湖靛氮施用量	6.6	8.25	11.55
	每亩稻谷增产量	67.4	90.1	80.2
	每公斤氮增产稻谷数量	10.2	10.9	6.9

综上所述,在一定范围内,增加施肥量可以增加产量,但若施肥量太大,不仅利用率降低,而且还会造成倒伏等不良后果。原因是,湖靛是偏氮素的肥料,氮素供给过剩,碳水化合物在水稻体内的贮存量减少,淀粉、纤维素的形成量也就不多,造成细胞组织软弱、抗病虫害的能力降低、水稻茎秆基部的强度减弱、易于倒伏,从而影响产量,如1984年晚稻每亩施湖靛氮11.55kg,就出现此现象。另外,从表1和表7可以看出,湖靛不论作追肥或基肥,施于早稻的效益几乎都超过施于晚稻的效益(平均每公斤氮所增产的稻谷数量)。所

以,要达到增产的最大效益,必须考虑施肥量及施肥方法等因素。

3. 蓝藻湖靛和固氮蓝藻作为肥源的性质是相似的,就是将它们大量生物量死亡后分解释放出来的氮素化合物供水稻和其它作物利用;都具有明显的增产效果^[1,2]。但它们的来源和利用方法却不相同;固氮蓝藻往往要经过培养和接种等步骤来形成大量生物量,有时还会受到外界因素的不利影响;蓝藻湖靛肥料则是捞取自然生长的湖靛经沤制而成。我国湖泊中蓝藻湖靛资源是较丰富的,它主要分布于长江中下游、云贵高原等一些湖泊中,其中尤以巢湖为最多,但过去只见其害^[2],很少利用,有的甚至未加利用,任其自生自灭。因此,若能大量捞取湖靛作为肥料,既可增加肥源,提高农作物的产量,又具有改良土壤之作用,这是化肥所不及的。另外,捞取后还可清洁水源,也是防治水体富营养化的一种有效方法。

参 考 文 献

- [1] 陆艾五等, 1959. 巢湖湖靛的调查研究初报. 安徽农学院学报 4: 91—99.
- [2] 高宗志, 1957. 湖靛对养殖鱼类的危害及其治疗方法的讨论. 学艺月刊 5: 16—17.
- [3] 黄有馨、刘志礼, 1984. 固氮蓝藻. 农业出版社, 226—230页.
- [4] 黎尚豪等, 1959. 固氮蓝藻对水稻肥效的初步研究. 水生生物学集刊 4: 440—444.
- [5] 黎尚豪等, 1962. 固氮蓝藻作为水稻氮肥源的研究. 水生生物学集刊 1: 55—62.

A STUDY ON THE FERTILE EFFICIENCY ON RICE USING WATER BLOOMS OF BLUE-GREEN ALGAE AS MANURE

Zhou Wanping, Yu Yuansheng, Xu Zhijun, Sui Guirong

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

and

Wu Xiancheng

(Chaohu Lake Development Company, Anhui Province)

ABSTRACT

Although nitrogen-fixing blue-green algae have already world-widely been studied and utilized as rice manure, the studies and experiments concerning water blooms as farming manure are still rare. In order to increase the sources of manure, field experiments on the fertile effect of retted water blooms of *Microcystis aeruginosa* and *Anabaena spiroides* on rice were carried out in 1981—1984. The experimental items were divided into two parts, one was the comparative experiment on fertilizer efficiency on early and late rice using water blooms, human and animal excreta and ammonium bicarbonate as top dressing in nitrogen equivalent, the other was the experiment on the effect on early and late rice using water blooms both as basal manuring and as top dressing in different quantities.

The results show that the fertile effect of water blooms is similar with ammonium bicarbonate in the respect of nitrogen equivalent, increasing the yield by 10—20%. For the experiment applying different quantities of water blooms, the fertilizer efficiency is different. It is too low, for example, applying retted water blooms in an amount corresponding to 1.4 kg nitrogen per mu as top dressing for late rice or to 2.02 kg nitrogen per mu as basal manuring for early rice to have obvious effect; but it is too high, for example, applying retted water blooms in an amount corresponding to 6.07 kg nitrogen per mu as basal manuring to increase the yield. The optimum quantities are as follows: (1) spreading retted water blooms equivalent to 4.1 kg nitrogen per mu as top dressing for late rice to have an increase of 7.8 kg of rice for every 1 kg nitrogen. (2) as basal manuring for early rice the optimum equivalent amount of nitrogen is 4.04 kg per mu, which can have an increase of 20.1 kg of rice for every 1 kg nitrogen. (3) that for late rice is 8.25 kg per mu, which can have an increase of 10.9 kg of rice for every 1 kg nitrogen.