

固氮蓝藻对水稻肥效的初步研究^{***}

黎尚豪 叶清泉 刘富瑞 王立美 崔希羣

(中国科学院水生生物研究所)

在农业增产中,氮肥的充足与否起着决定性的作用。在我国广大面积的耕地上,氮肥来源主要靠粪便肥、厩肥、绿肥和部分的化学肥料,因此一般都感到氮肥不够充足。在提高农作物的产量上,如何增加氮肥肥源,便成为当前生产上的关键问题了。

利用固氮细菌作为作物的生物氮肥肥源,是一个新的途径,由于固氮能力较强的固氮细菌,大半是好气性的,嫌气性的固氮能力较低,因此,在旱地作物上应用还是较为适宜,在水稻田中使用就因通气不良,生长繁殖就差得多了。我国有广大面积的水稻田,如何开辟新的氮肥肥源,也是当前的急务。

在蓝藻中有些种类和固氮菌一样,可以同化(一般叫做固定)空气中的游离氮素,合成为氮素化合物,在生长繁殖过程中,并将这种氮素化合物释放到体外来,在藻体死亡分解时,更是释放出大量的氮素化合物。许多固氮蓝藻是生长在水里或土面上的,因此就有可能利用这些固氮蓝藻作为水稻田氮肥的肥源。

在印度的一些稻田里长期不施肥,水稻生长良好^[1],经 De 氏(1936,1939)的调查研究结果^[2,3],发现有不少的蓝藻和细菌生长其间,并分离出 3 种固氮蓝藻,认为固氮蓝藻供给了大量氮素化合物是稻田中虽不施肥料,水稻得以连年生长的一个重要原因。近十余年来,日本的水稻工作者对利用固氮蓝藻作为水稻田的肥料,也进行过不少的试验,根据多年试验结果看来,在田中接种固氮蓝藻如小单枝藻(*Tolypothrix tenuis*)和美髮藻(*Calothrix*)等后,水稻的产量是有所增加,同时,如连年接种,它的肥效还可以继续提高,依照 13 个试验单位结果统计来看,平均第一年比对照田增产 2.7%,第二年 8.4%,第三年 19.1%,第四年达到 21.8%^[4]。依照 De 和 Mandal 在印度盆栽试验的结果,也可以看出固氮蓝藻的效果^[4]。

在我国水稻耕作方面是有极其丰富的经验的。有些地区的农民,根据长期积累的宝贵经验,亦有在水稻田中繁殖蓝藻作为增加肥料的办法,如四川部分地区,在冬水田中休耕时投放竹枝、树枝,让蓝藻(通称青苔)繁殖,由蓝藻繁殖的数量来预测明年的丰收。在湖南有些地区的冬水田中由蓝藻生长的颜色和数量来估计田的肥力和应施什么肥。但是这些宝贵的经验过去并没有很好的总结,得到应有的重视。

我们在湖北分离出了四种固氮蓝藻,测定了它的固氮能力^[1],因此,就有必要进一步试验固氮蓝藻对水稻生长发育的肥效,对谷物产量的影响的问题,来确定它是否可以作为新的氮肥肥源。为了这个目的,我们通过盆栽水稻和在田间小区接种固氮蓝藻的试验,来

* 1959 年 10 月 12 日收到。

** 夏宜瑄、张桂英两同志及南京大学方修忠、刘其芳和刘雪嫻等同学也参加这一研究工作。本工作中田间试验与湖北省农业科学研究所协作进行,水稻田间管理由该所负责。

验证它的肥效。现将获得的初步结果,报导如后。

本试验中的田间小区试验,系和湖北省农业科学研究所协作,在该所农场进行的。

一、材料和方法

在试验固氮蓝藻对水稻肥效时,主要是采用对比试验的方法,即在相同的自然条件下,用同样的水稻秧,相同的栽培条件,来测验接种固氮蓝藻与否对水稻的生长和收获量的作用。

用盆栽水稻进行试验时,我们采用直径 30 厘米、高 35 厘米,底部无孔的花盆来栽种水稻,栽培用的土壤为坡地熟土,经过晒干、捣碎和筛过,使土粒和肥力较为均匀。每盆中加入三分之二的土壤和三分之一的黄砂,主要目的是希望土质不致太肥沃而影响试验结果。将干土和黄砂倒入盆内后,加入自来水调匀,土面保留约两厘米的水量,然后就插种经过选择的粗、壮、高、矮均匀的稻秧,每盆 9 根,分为 3 穴,每穴 3 根,穴距约 10 厘米,在温室中进行培养。待 3—5 天后,稻秧回青,再选择稻秧比较均匀的盆进行接种固氮蓝藻的试验。

试验中,每种处理有 3 盆,每盆接入固氮蓝藻 2 克,以 3 盆作为空白对照。每星期均同样施入等量过磷酸钙和氯化钾及钼的溶液,测量株高及 pH 一次,并检查蓝藻生长的情况;水温、气温则每天测定三次,收获时以分蘖数、有效穗数、总谷粒数及其千粒重作为对比的标准。

田间小区试验系在固氮蓝藻测定后才开始进行的,因此,开始时间较迟,系用蓝藻作为追肥。我们在湖北省农业科学研究所农场进行试验,水稻栽培管理由该所负责,固氮蓝藻的培养、接种和观察由水生所负责。试验用稻种为 853 一季晚粳,试验田施棉籽饼每亩 200 斤为底肥,在 7 月插秧,在 9 月初接入固氮蓝藻,收获时为 11 月初。小区共五个,每区面积为 60 平方米,其中两小区为对照,一小区接入水生 686 固氮蓝藻 500 毫升,一小区接入水生 678 固氮蓝藻 450 毫升,一小区施放硫酸铵 1 斤(按每亩 10 斤计算)。收获时系在每小区中采样 10 芽进行统计比较。

二、试验结果

(一) 盆栽水稻接种固氮蓝藻的结果

在水稻栽培过程中,水稻生长发育正常健康,接种固氮蓝藻盆中的水稻的株高基本上和对照盆里没有很多的差别,但分蘖数较多、茎较粗壮,穗数也较多(表 1)。从表 1 可以看出接种水生 678 固氮蓝藻的,差别较为明显,由于分蘖数有所增加,总茎数增加 14%,

表 1 盆栽水稻在收获时的生长状况比较

处 理	株高(厘米)	茎 数		穗 数	
		根 数	增长率(%)	根数	增长率(%)
接入水生 670	104	17.3	108	15.3	105.5
接入水生 678	104.03	18.3	114	16.3	112.5
对 照	103.7	16.0	100	14.3	100.0

虽有效茎数是一样的,由于茎数較多,其穗数也就相应地增加了。

从产量上来看(表 2),接种固氮蓝藻的,谷粒数有較显著的增加,尤其是接种水生 678 固氮蓝藻的,谷粒总数比对照增加达 25.8%,施水生 670 固氮蓝藻的也增加了 17.1%,从总收获重量上看,增长数量也是很显著的。

表 2 接种固氮藍藻后產量增加情况比較

处 理	总 粒 数		总 粒 重 (克)	
	粒 数	增长率(%)	重量(克)	增长率(%)
接种水生 670	825.3±27.48	117.1	27.31	118.73
接种水生 678	886.7±72.20	125.8	28.46	123.74
对 照	704.5±46.50	100.0	22.97	100.00

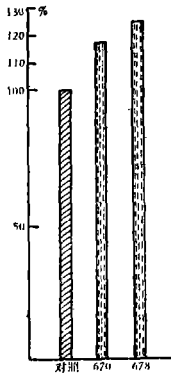


图 1 盆栽水稻接种固氮藍藻后, 总粒重量增加的比較(%)

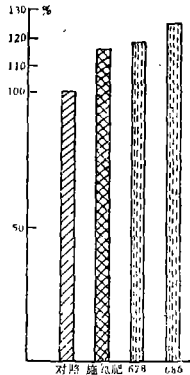


图 2 接种固氮藍藻后,田間水稻的产量 (实粒重)的增长情况比較(%)

(二) 田間小区接种固氮藍藻追肥的結果

在接种固氮蓝藻作为 853 一季晚粳的追肥試驗中,收获时采样 10 苳进行統計,結果如表 3。

表 3 田間小区試驗結果比較

处 理	实 粒 数		空 壳 数		总谷粒数		千 粒 重		实 粒 重	
	数量 (粒)	增长率 (%)	数量 (粒)	增长率 (%)	数量 (粒)	增长率 (%)	重量 (克)	增长率 (%)	重量 (克)	增长率 (%)
接种水生 686	4524	120.80	479	80.8	5003	114.7	26.190	102.53	118.48	124.08
接种水生 678	4166	111.24	360	60.7	4526	101.9	26.997	105.90	112.47	117.79
追施硫酸銨	4145	110.68	480	81.0	4625	103.6	26.580	104.30	110.17	115.38
对 照(一)	3787	100.00	663	100.0	4450	100.0	24.397	100.00	92.15	100.00
对 照(二)	3703		522		4225		26.686		98.82	

从上面結果可以看出,接种固氮蓝藻的在产量上比对照的要好。对照的平均值作为 100,接种水生 686 固氮蓝藻的小区,它的水稻实粒数量比对照田增加 20.8%,而空壳数却为对照田的 80.8%,从千粒重來說,并不够显著,但也可以看出一些情况,接种水生 678 的最重,其次为追硫酸銨的,再其次为接种水生 686 的,而对照的平均值最低。因此

从总的产量上来看,接种水生 686 的增加 24.08%,接种水生 678 的为 17.79%,追施硫酸铵的为 15.38%。

三、討 論

固氮蓝藻是否确能固氮的問題,在二十多年前已經解决,但是它对水稻肥效試驗的工作,还是做得不够多的。印度虽然是最先报导固氮蓝藻在水稻田中的作用,能使土壤中不断地增加氮肥为水稻生长准备条件,但他們以固氮蓝藻在大田中进行試驗的工作却未尝开展,仅取一些田土进行培养来观察其上的固氮蓝藻生长情况^[2,3]和进行盆栽的一些試驗^[4]。日本在这方面的工作进行得較多,自从渡边篤从婆罗洲带回的标本中,分离出了固氮能力較高的小单枝藻、美髮藻属等以后,从 1942 年起,日本全国就有十多个单位进行过固氮蓝藻的田間試驗,得到一些結果。在接种固氮蓝藻作为氮肥来源时,根据 12 个試驗場、所的試驗的平均結果,接种固氮蓝藻第一年的水稻比不接种的对照田的产量平均增加 2.7%,若同一块田連續接种固氮蓝藻其肥效还可以提高,当然也有一些是下降的^[6]。

从我們試驗的結果来看,接种固氮蓝藻后对水稻是有一定的作用的,而且盆栽水稻試驗和田間試驗結果基本上是一致的,盆栽水稻試驗比田間試驗的效果还要好些,在盆栽試驗中,接种水生 678 固氮蓝藻的比对照的增加 23.74%,在田間的为 17.79%,效果是比較突出的。

为什么盆栽的試驗結果要比田間試驗的結果好些呢?我們认为可能是由于下列几个原因:(1)盆栽水稻时所用的泥土是园土三分之二,黄砂三分之一的混和土,是不很肥沃的,因此土中原来所含的氮化物和其生物原元素也就不是很充足的,在試驗过程中,按期加入磷、鉀、鎂等肥料,各項处理和对照都相同,因此接种固氮蓝藻后,氮素化合物的增加,效果便显著地表現出来。在一般历年施肥的耕地,土壤中原含有的氮肥的量較多,增加氮肥是可以增加产量,但其效果就不如在低氮肥下的情况显著,因此,在对照田里的水稻生长也較佳,接种固氮蓝藻后的效果就比在盆栽中的要差些。(2)虽然采用的稻种都是 853 一季晚稻,在盆栽的試驗中,秧苗回青后即行接种固氮蓝藻,它在盆内进行固氮的时间較长,释放出来的氮素化合物供水稻利用的也較多,加上部分蓝藻本身分解的氮化物也可以被利用,肥效会較显著。在田間試驗时,因为开始時間較迟,水稻已孕穗或吐穗,固氮蓝藻固定的氮素,只能作为追肥用,因此效果上也就比盆栽的有差异。(3)田間試驗和盆栽試驗的环境条件不同,也有一定的影响。

从試驗結果,我們可以看出,固氮蓝藻的固氮能力不同,对水稻的肥效也有不同,水生 686 固氮蓝藻的固氮能力較高,在 100 毫升培养液中,經過 4 天,固氮量为 1.0146 毫克,水生 678 为 0.9382 毫克,水生 670 为 0.8614 毫克^[1],在接种后水稻生长和收获量上的結果也是一致的,接种 686 的比 678 的好,而 678 又比 670 好。这也說明,如果提高蓝藻的固氮能力,或用固氮量更高的固氮蓝藻,对提高肥效是完全有可能的。

生物的生命活动——生长繁殖是和外界环境統一的,环境条件有所不同,它所表現的現象也有所差异,盆栽的环境比田間試驗的环境要好些,是在温室中人工控制下进行的,这和产量上的差异有密切联系。若能进一步地找出在田間管理上加以改良,对蓝藻的生长繁殖上能够提供优越的条件,使固氮蓝藻能更好地繁殖,那么它能固定和供給的氮肥会

更多,能起的作用会更大。

总的说来,虽然这些试验是比较初步的,尤其在田间试验中,接种蓝藻的处理试验没有重复,产量上只是根据采样分析,没有全部的产量分析,使结果分析不够全面,但我们也不难看出,接种固氮蓝藻后,是起了增加氮肥的作用,提高了谷物的产量。利用固氮蓝藻作为水稻田的氮肥肥源的可能性是完全可以肯定的。为了进一步地解决固氮蓝藻在田间使用的技术问题和探求它们在田间生活繁殖过程中发展情况和水稻对固氮蓝藻所释放和分解的氮素化合物的利用情况,还需要继续地进行室内和田间的试验。

参 考 文 献

- [1] 黎尚豪等, 1959. 我国的几种蓝藻的固氮作用. 水生生物学集刊, **1959**: 429—439
- [2] De, P. K. 1936. The problem of the nitrogen supply of rice. I. Fixation of nitrogen in the rice soils under water-logged conditions. *Indian Jour. Agric. Sci.*, **6**: 1237—1245.
- [3] De, P. K. 1939. The role of blue-green algae in nitrogen fixation in 'ricefields. *Proc. Roy. Soc. London. B.*, **127**: 121—139.
- [4] De, P. K. & L. N. Mandal, 1956. Fixation of nitrogen by algal in rice soil. *Soil Sci.*, **81**: 452—458.
- [5] Howard, A. 1924. Crop Production in India. (原书未见, 引自 De 1936 文中)
- [6] Watanabe, A. 1956. On the effect of the atmospheric nitrogen-fixing bluegreen algae on the yield of rice. (in Japanese). *Bot. Mag. (Tokyo)* **69**: 530—536.
- [7] Watanabe, A. S. Nishigaki & G. Konishi, 1951. Effect of nitrogen-fixing bluegreen algae on the growth of rice plants. *Nature*, **108**: 748—749.

THE EFFECTS OF NITROGEN-FIXING BLUE-GREEN ALGAE ON THE YIELDS OF RICE PLANT

LEY SHANG-HAO, YEH TSING-CHUAN, LIU FU-JUI, WANG LIH-MEI AND TS'UI SHI-KIUNG

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

SUMMARY

The object of these experiments was to test the effect on rice yields of the inoculation of rice fields with blue-green algae, which are powerful nitrogen-fixers. In our investigations, three cultured types were selected for trials: HB 686 (*Anabaena azotica*), HB 678 (*Anabaena azotica* f. *a.*) and HB 670 (*Anabaena variabilis* var. *tenuis*). In one series they were inoculated into the soil for pot-cultures, and in another into the soil of an experimental rice field, both having controls.

The results of our experiments are: the pot-culture inoculated HB 678 showed an increase in yield of 23.74%, and with HB 670 the increase was 18.73%. In the field trials inoculation with HB 686 showed an increased yield of 24.08% and HB 678 and increase of 17.79%, compared with the control.