

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,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^[5],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*) 和美发藻 (*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%^[6]。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。

** 夏宜璋、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。

驗証它的肥效。現將獲得的初步結果，報導如后。

本試驗中的田間小區試驗，系和湖北省農業科學研究所協作，在該所農場進行的。

一、材料和方法

在試驗固氮藍藻對水稻肥效時，主要是採用對比試驗的方法，即在相同的自然條件下，用同樣的水稻秧，相同的栽培條件，來測驗接種固氮藍藻與否對水稻的生長和收穫量的作用。

用盆栽水稻進行試驗時，我們採用直徑30厘米、高35厘米，底部無孔的花盆來栽種水稻，栽培用的土壤為坡地熟土，經過晒干、搗碎和篩過，使土粒和肥力較為均勻。每盆中加入三分之二的土壤和三分之一的黃砂，主要目的是希望土質不致太肥沃而影響試驗結果。將干土和黃砂倒入盆內後，加入自來水調勻，土面保留約兩厘米的水量，然後就插種經過選擇的粗、壯、高、矮均勻的稻秧，每盆9根，分為3穴，每穴3根，穴距約10厘米，在溫室中進行培養。待3—5天後，稻秧回青，再選擇稻秧比較均勻的盆進行接種固氮藍藻的試驗。

試驗中，每種處理有3盆，每盆接入固氮藍藻2克，以3盆作為空白對照。每星期均同樣施入等量過磷酸鈣和氯化鉀及鉬的溶液，測量株高及pH一次，並檢查藍藻生長的情況；水溫、氣溫則每天測定三次，收穫時以分蘖數、有效穗數、總谷粒數及其千粒重作為對比的標準。

田間小區試驗系在固氮藍藻測定後才開始進行的，因此，開始時間較遲，系用藍藻作為追肥。我們在湖北省農業科學研究所農場進行試驗，水稻栽培管理由該所負責，固氮藍藻的培養、接種和觀察由水生所負責。試驗用稻種為853一季晚稊，試驗田施棉籽餅每畝200斤為底肥，在7月初接入固氮藍藻，收穫時為11月初。小區共五個，每區面積為60平方米，其中兩小區為對照，一小區接入水生686固氮藍藻500毫升，一小區接入水生678固氮藍藻450毫升，一小區施放硫酸銨1斤（按每畝10斤計算）。收穫時系在每小區中採樣10莖進行統計比較。

二、試驗結果

（一）盆栽水稻接種固氮藍藻的結果

在水稻栽培過程中，水稻生長發育正常健康，接種固氮藍藻盆中的水稻的株高基本上和對照盆里沒有很多的差別，但分蘖數較多、莖較粗壯，穗數也較多（表1）。從表1可以看出接種水生678固氮藍藻的，差別較為明顯，由於分蘖數有所增加，總莖數增加14%，

表1 盆栽水稻在收穫時的生長狀況比較

處理	株高(厘米)	莖數		穗數	
		根數	增長率(%)	根數	增長率(%)
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
對照	103.7	16.0	100	14.3	100.0

虽有效茎数是一样的,由于茎数较多,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,谷粒数有较显著的增加,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 接种固氮蓝藻后产量增加情况比較

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

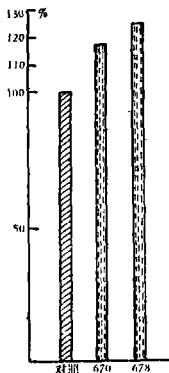


图1 盆栽水稻接种固氮蓝藻后,总粒重量增加的比較(%)

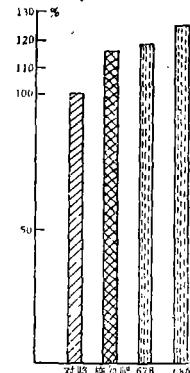


图2 接种固氮蓝藻后,田间水稻的产量(实粒重)的增长情况比較(%)

(二) 田间小区接种固氮蓝藻追肥的结果

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芽进行統計,結果如表3。

表3 田间小区試驗結果比較

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	110.63	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%, 追施硫酸銨的为 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觀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?我們認為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, 黃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它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,因为开始时间較迟,水稻已孕穗或吐穗,固氮蓝藻固定的氮素,只能作为追肥用,因此效果上也就会比盆栽的有差异。(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。

总的說來,虽然這些試驗是比較初步的,尤其在田間試驗中,接种藍藻的處理試驗沒有重複,產量上只是根據採樣分析,沒有全部的產量分析,使結果分析不夠全面,但我們也不難看出,接种固氮藍藻後,是起了增加氮肥的作用,提高了谷物的產量。利用固氮藍藻作為水稻田的氮肥肥源的可能性是完全可以肯定的。為了進一步地解決固氮藍藻在田間使用的技術問題和探求它們在田間生活繁殖過程中發展情況和水稻對固氮藍藻所釋放和分解的氮素化合物的利用情況,還需要繼續地進行室內和田間的試驗。

參 考 文 獻

- [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. (原書未見, 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.