

稻田固氮藍藻养殖技术与肥效^{* **}

賈 醉 公

(湖南省农业科学研究所)

稻田养殖固氮藍藻,可以供給水稻氮素肥料,增加土壤有机質,提高土壤肥力,使水稻不断增产。这一事实,从日本和印度等国的許多試驗中,已被証实和肯定^[1,2,3]。1958年左右,中国科学院水生生物研究所在湖北开始进行固氮藍藻的研究,选育出了几个固氮能力强的藻种^[3],摸索了室内培养藻种的技术^[4],还获得接种水稻显著增产的效果^[5]。近两年来,湖南省农业科学研究所亦迅速地开展了固氮藍藻的研究工作,系着重研究固氮藍藻在稻田中的养殖技术和利用效果。从目前已經累积的研究資料中可以看出,固氮藍藻对水稻不仅能产生显著的肥效,而且还能发生一系列的良好影响。因此,它确是稻田的一种好肥源,同时我們也摸出了在稻田中养殖固氮藍藻的一些技术。现将研究中已获得初步結果的几項主要内容,分別闡述于下,以供各地参考。

藻种培育方法

要在稻田中放养固氮藍藻,首先需具有一定数量的藻种。而藻种的得来,則仰賴在室内和田間进行培育。早春,早稻插秧前的低温阶段,在沒有預先貯备藻种的地方,需要在室内的保温条件下,或温室的水池(三合土池或洋灰池)中进行培育。待培养出少量藻种后,气温已漸高,早稻也已插秧,这时应将室内的藻种移到早稻田中去繼續培育。从固氮藍藻的一些生活特性和当前农村人民公社的设备条件来看,只有进行田間繁殖,才能真正解决大量生产藻种以供大面积放养需要的問題。室内培养仅能起些扩大种源的輔助作用,而且要在设备条件較好的地区才能进行。因此在目前应该認定田間是培育藻种的主要基地,茲将培育藻种¹⁾所需掌握的生态条件与藻种基地的选择条件分述于下:

(一) 掌握藻种的生态条件

1. 温度: 固氮藍藻是一种喜温性的藻类。当水温在 15°C 以下时,生长很緩慢,以致看不出明显的生长現象。当水温在 20°C 以上时,才有明显的生长現象。当水温在 25°C 以上时,生长显著加快。到水温为 30—32°C 时,生长最快。但是水温太高(超过 45°C),也会引起藻体失綠至死亡。要在早春获得一批藻种,只有在室内进行保温培养,以后移到田間去繼續养殖,最好是在早稻第一次中耕后几日内較为适宜。

2. 光照: 固氮藍藻对光照的要求,与一般綠藻稍有区别。它喜爱稍有遮荫而散发的白光,不宜經久直射的阳光。在室内培养时,最好选择窗口朝北、光照充足的房間。在温室水池培养时,遇午后阳光过于强烈,也要用竹簾遮盖。在田間养殖时,适宜有稀疏的禾苗荫蔽,就是这个道理。其对光照強度的要求,經我們測定大致如下(表 1)。

3. 湿度: 固氮藍藻虽生长于水面,可是仍要求水面之空間具有較大的湿度。經我們初步測定,

* 参加这项研究工作的,还有本所雷受廷同志、湖南生物所周順意同志。

** 这项研究的化驗分析工作是由本所易品仙、刘宣承、李中元三位同志担任的。

1) 供試的藻种是中国科学院水生生物研究所供应的 686 号固氮魚腥藻 (*Anabaena azouca* sp. nov.)^[3]。

水面上空的相对湿度如果保持在 80—90% 时最为适宜。这样藻体在水面可迅速地向四周铺开繁殖,颜色鲜绿,不易老化。否则藻体铺开繁殖变慢,颜色黑绿而易老化。因此室内小量培养时,最好能在容器上盖起玻璃,一方面可保持容器内的湿度,一方面还可遮蔽灰尘的污染,不过玻璃的两面均应经常擦抹,否则会影响光照。至于田间养殖时,因有禾苗荫蔽与叶面蒸发所形成的湿润空气,其相对湿度已很大,故湿度问题可不考虑。

表 1 固氮蓝藻对照度的适应范围

照度(Lux)范围	蓝藻生长情况
1,000—5,000	生长较慢
5,000—10,000	生长较快
15,000—20,000	最为适宜
25,000 以上	生长减慢

4. 营养元素: 因固氮蓝藻能固定大气中的游离氮素,所以它在无氮溶液中可以很好地生长,本身不需向外界摄取氮素化合物。又由于它体内含有叶绿素,在光照条件下,可以同化二氧化碳制造有机物,它也不需向外界摄取有机碳素。但是它对磷、钾、钙、镁等灰分元素极为敏感,要求培养液中含有这些元素的化合物。此外对铁、硫、锰、铜等微量元素亦要求有一定的分量。根据固氮蓝藻对营养元素要求的这些特点,我们采用草木灰提浸液来作大量培养的原料。因草木灰中氮素含量极微,而磷酸含量一般为 2—4%,氧化钾含量一般为 4—12%,氧化钙含量一般为 2—30%,其他镁、硫、铁、锰、铜等元素都不缺少。通过试验证明,草木灰提浸液确较一般人工合成培养液为优。如在条件完全相同时,采用几种培养液来培养固氮蓝藻,半月之后,测定藻体的干物重量,就看出了几种培养液的差别(表 2)。

表 2 几种培养液对固氮蓝藻生长的影响

培养液名称	3×(200 毫升)培养液,接种量 10%, 培养 15 天的干藻总量(克)	次 第
日本渡边篤氏无氮培养液*	0.0940	2
水生 105 号无氮培养液**	0.0514	4
0.2%草木灰培养液	0.1095	1
0.3%草木灰培养液	0.0869	3

* 渡边篤氏无氮培养液: K_2HPO_4 0.3 克, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 克, $CaCl_2$ 0.05 克, $FeCl_3$ 痕跡, H_2MoO_4 痕跡, 蒸餾水 1,000 毫升。

** 水生 105 号无氮培养液: $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2(CaSO_4 \cdot H_2O)$ 0.3 克, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 克, KCl 0.1 克, $NaHCO_3$ 0.1 克, $FeCl_3$ (1% 溶液) 1 滴, H_2MoO_4 (1% 溶液) 1 滴, 自来水 1,000 毫升。

草木灰提浸液制作极为简便,用 1 份通过细筛的草木灰,加 10 份清水充分搅拌,浸提 1 小时左右过滤,用 2 份过滤出的原液,加清水 98 份,即成 0.2% 的草木灰培养液。草木灰各地极易取得,成本低廉,效果良好,适合广泛采用。

5. 酸碱度(pH): 在 pH6.0—9.5 的范围内,固氮蓝藻都能生长。但是适宜的 pH 则为 7—8.5。此外,固氮蓝藻在生活过程中,由于白天进行光合作用,溶液中的二氧化碳不断被同化,使 pH 逐渐上升。至黑夜光合作用停止,溶液中的二氧化碳又不断被积累,使 pH 复行下降。养殖固氮蓝藻后,田水的 pH 值是在规律性地不断变化着的。我们测定早晨和傍晚的 pH 较低,午后 2 时左右的 pH 最高。晴天比阴天的差异要大;夏季比春秋两季差异也要大一些,这些都与蓝藻进行光合作用的旺盛程度成正相关。

6. 二氧化碳: 蓝藻和高等绿色植物一样,在进行光合作用时,需要大量的二氧化碳,而一般水中溶解的二氧化碳不多,在室内培养时,若温度适宜,光照充足,往水中通入含二氧化碳较多(约含 3—5%)的空气,可以显著加速蓝藻的生长。我们还发现,在温室中用水池培养时,要是在池底铺设土壤,土壤中施入有机肥料,土面种植水稻秧苗,则固氮蓝藻的生长远较光池无氮培养为优。这也与前者环境条件中能产生大量二氧化碳的原因密切相关。

7. 更換培养液与接种方法：室內培养时，經常更換培养液是加速藍藻生长的重要关键。我們的試驗和体会，視藍藻生长速度，培养液以每隔5—7天更換一次为宜。每次可換入1/3—1/2的新培养液。这样藻种生长快、产量高。否則生长速度逐漸減慢，产量也会逐漸下降。茲例举一次試驗結果于下，可以明显地看出更換培养液对提高藍藻产量的效果(表3)。

表3 更換培养液对固氮藍藻生长的影响

处	理	3 × (200 毫升) 培养液, 接种量 5%, 培养 30 天后的干藻总量 (克)	增 产 (%)
甲.	不更換培养液	0.4785	—
乙.	每隔 5 天將培养液更換 1/2	0.5742	20
丙.	每隔 5 天將培养液更換全部	0.5507	15

此外，不論室內培养或田間繁殖，接入藻种的好坏，也是决定固氮藍藻生长快慢和产量高低的重要关键。接种用的好藻体是：悬浮水面，气泡甚旺，顏色鮮綠，正处在向四周扩展繁殖的“开花状”时期。而停止生长的差藻种，即沉于水下，顏色老暗，或变黃褐，呈散碎状。如果接种的是好藻体，在适宜的条件下，接入后1—2小时就上浮，3—4小时后产生大量气泡，开始繁殖。茲列举一次試驗結果于下，可以看出藻种的好坏对产量的影响极大(表4)。

表4 藻种好坏对固氮藍藻生长的影响

处	理	3 × (200 毫升) 培养液, 接种量 5%, 培养 30 天后的干藻总量 (克)	增 产 (%)
甲.	接种陈旧的差藻体	0.2252	—
乙.	接种“开花状”的好藻体	0.5281	134.5

8. 敌害：根据我們观察，不論在室內或田間，严重为害藍藻的主要敌害有昆虫类的搖蚊幼虫——紅虫和水生微小动物类的輪虫、草履虫、吊钟虫、变形虫、腎形虫等。它們吞食藍藻細胞，引起藻块失綠、下沉和死亡。其中紅虫的为害虽很严重，但用可湿性 666 (用量一般为 5/100 万) 杀除，效果很好。至于微小动物由于其污染途径主要来自水中，故在室內培养时取厚棉 (两层紗布中夹 1 寸厚的棉花) 或細菌漏斗过滤用水，可以收到較好的效果。也可用适量的蚁醛、漂白粉或食盐等加入到培养液中，有減輕虫害的作用。次要的敌害为杂藻和某些好气菌类。杂藻污染的主要途径亦为用水，故如上述方法处理用水对防除杂藻效果很好。某些好气菌类常于藍藻生长后期或施用有机肥料时在液面形成菌膜，这也妨碍藍藻生长，使它迅速老化。应从严密注意保持室內和培养器皿的清洁来着手防除。总之，虫害仍然是养殖固氮藍藻时的大敌，各地养藻者常常因虫害严重而遭至完全失败，因此急待作进一步的防治研究。

(二) 藻种基地的选择条件

已于前述，田間是培育藻种的主要基地。既然如此，就需对专门供作藻种基地的稻田，进行严格的选择。这样才能保証藻种繁殖迅速，生长純良。藻种田选择的条件約有如下几方面：

1. 为水旱輪作田。最好在放养藍藻前，已經过 1—2 年的連續旱作。因为这种田中，固有的水生杂藻和害虫都很少。可使藻种繁殖順利，容易保持較大的純度。这种田在作藻种基地 1—2 年后，由于条件改变，已不符合再作藻种基地的要求时，应考虑另行选田輪換。

2. 水源充足，排灌方便，水质比較洁淨且无特殊之矿毒。因为藍藻生长于水中，如果稻田的水源不足，时干时灌，藍藻势必繁殖不好。如果水质不洁，将大量杂藻与害虫带入田中，也会妨碍藍藻生长。尤其水中含有某些矿毒，藍藻生长会受到抑制。

3. 土壤肥沃,不是冷浸田或淤泥田。因为田面水层中可資蓝藻吸收利用的养分主要依靠土壤供应。故土壤肥沃,水层中的可給态养分亦較多,这对藻种旺盛地生长发育非常有利。冷浸田主要是泥温較低,而蓝藻是喜温性的。淤泥田則泥脚很深,不便操作管理,影响蓝藻生长。

4. 不是过水坵,水的流动速率較小。进水口和出水口最好不是南北对峙,而为东西相望。因为过水坵的水流頻繁,流速大,再加以南方的夏季南北风最多,如果藻种田的水口南北对峙,既不利于蓝藻生长,亦容易导致藻种飘浮于一边或从出水口流走的现象。

5. 田地背北向阳,平整空曠,不位置在屋前屋后或被树木山坑等遮荫的地方,周圍无杂草灌木等丛生。这样可使田間光亮、温暖,害虫、杂藻較难滋长,有利于蓝藻生长繁殖。

6. 藻种田中宜采用叶片狭长、茎秆竖直、不易倒伏的水稻品种。株行距宜較稀,行向东西。使田間光照較強,通风透气較易,以利于蓝藻生长。

7. 藻种田适宜种植双季稻或一季中稻,这样田間蓄水的时间較长,蓝藻的生产量較大。将藻种由早稻田逐步向中稻田、一季晚稻田、連作晚稻田移植时,也較順利方便。

田間养殖技术

在大田养殖固氮蓝藻,其中也存在一系列的技术問題。我們初步探索的結果,有如下几点体会。

(一) 接种的适宜时期

看来不論何季水稻(包括早、中、晚),放养固氮蓝藻的适宜时期,都以第一次中耕后的两三日內較为恰当,其原因約有如下各点:

1. 第一次中耕时,一般是在插秧后的10—15日內,这时禾苗已返青开始分蘖繁殖,其茎叶已較初插时茂密。行株間的蔭蔽面較大,相应地光照强度已稍减弱,逐渐适合固氮蓝藻对照度的要求。

2. 由于中耕时搅拌了稻田表土,使土壤养分混入水中很多,待中耕后两三日,田水已經澄清,水中的速效养分較前丰富,这就有利于蓝藻生长。

3. 很多地区习惯于水稻第一次中耕时施用石灰,石灰与土壤混合后,相应地增加了水中的鈣质,且調整了田水的pH,这些都能促进蓝藻的生长。我們測定一坵紅壤性水稻土,中耕前田水pH为6.5,施用石灰后pH升至9以上,中耕后第二天pH回降至8左右,第三天回降到7—7.5。如果在中耕后两三日內接种蓝藻,則田水的pH值很适合蓝藻生长的要求。

4. 在某些大型水生杂藻(如水綿、水网等)和原生动动物較多的稻田里,通过中耕和施用石灰可以将它們大部分踩压或消灭,使中耕后的田水比較洁淨,大大減輕了污染为害的程度,蓝藻能够在短时期內旺盛地繁殖起来。

5. 第一次中耕时水稻才开始分蘖发莖,往后的生长期还很长。如果这时配合中耕而接种蓝藻,則蓝藻可得到充足的繁殖时间,产量較高,作用較大,可資踩压利用的次数亦較多。

当然,如果是在早稻期間放养的蓝藻,到晚稻插秧后又能在本田复生起来,而且繁殖很旺盛,則在晚稻第一次中耕后就不必再加藻种。如果藻种系从外地运入,为了保持藻种的新鮮和生活能力,則需随到随放,毋須留待中耕以后。

(二) 适宜的接种量

細胞連接成鏈状(称細胞列),向体外分泌粘液,使藻体組成块片状的厚膜,喜欢粘附在水面的支柱上或沿边生长,这是稻田固氮蓝藻重要的生长特性。根据这些特性可以看出,它在水中的移动性不大,即藻种落到那里基本上只能在那里生长繁殖。所以藻种如果分布密而广,短时期內就能全面发展起来。否則常被局限于一定的范围内慢慢生长。可見接种量愈大愈好。但接种量过大,

大面积放养时,就会感到藻种来源困难。我们体会,藻种田、杂藻害虫较多的田、其他各种环境条件较差的田,接种量都应该大一些;而一般水质比较洁净的田,接种量可以小一些。具体说来,接种量范围可在每亩3—10斤,一般为5斤。此外,藻种块片如果弄得更散碎一些,接种量也可以相应减少。

(三) 接种方法

将藻种捞起置于箴制容器中滤除余水,而后将藻块充分捻碎,再置于水桶中兑水搅拌。需根据田块大小来决定藻种用量和兑水数量。稀释后的藻种即可向田中泼洒。泼洒时务使藻块分布满田,泼洒后堵塞出水口,以防藻种随水流失。

接种时应选择天气晴朗,无风或微风,田水宁静的日子。如果接种后尚能继续维持几个晴天,则藻种就会一鼓劲长起来。否则接种后遇到天气恶劣,大风大雨,田水剧烈流动,则蓝藻不易及时生长,就可能造成失败,而需重新接种。

(四) 接种前后田间的操作管理

1. 杂藻问题:如果田里的水生杂藻很多,可以预先用硫酸铜杀除。用量每亩约1斤。系将硫酸铜研成粉末溶于水成稀薄之溶液,均匀细致地泼洒于田水中。一般杂藻在一、二日内即可失绿死亡。第三天应将田水彻底导换一次后才可接种。接种之后,如果田中又有杂藻生长起来,需视当时情况斟酌处理。如蓝藻生长旺盛,已占居优势,而杂藻仅属少数,则可不必要理会。如果杂藻来势很凶,大量繁殖,就需再用硫酸铜杀除,这时用量应该减半,否则杂藻虽被杀死,而蓝藻也会受到很大的挫伤。

2. 施肥问题:如果稻田土壤肥沃,或水稻施肥很多,作大田放养时,就无需为蓝藻单独施肥。如果土壤瘠薄,水稻施肥又少,则需在蓝藻放养前,适量施用速效性磷、钾肥料。以过磷酸钙与硫酸钾等化肥较好,草木灰与火土灰等灰肥亦行,腐熟的猪粪尿也很好。其用量可与施作水稻的追肥相等或稍少一些。在作为藻种基地的稻田里,因为要不断采收藻种,故不论土壤肥瘦和水稻施肥多少,定期为蓝藻追施速效性磷、钾肥是很必要的。追肥能显著提高蓝藻产量,情况如表5所示。

表5 追施磷钾肥料对蓝藻产量的影响

田坵名称	处 理	蓝藻养殖时间	蓝藻产量(斤/亩)	增 产(斤/亩)	增 产 (%)
四 中 一	放藻时施过磷酸钙 15 斤/亩,硫酸钾 5 斤/亩	(6月24日至7月7日) 共 15 天	368.4	122.4	50
四 中 二	放藻时未施磷、钾肥料	同 上	246.0	—	—

注:两田相连,地力相同,施肥相等,中稻生长一致。

各地多有为水稻追施人粪尿或硫酸铵等速效性氮肥的习惯。我们观察,速效性氮肥虽对蓝藻的生长有很大的促进作用,但是稻田水层中长期保持较高的速效氮素,则使蓝藻的固氮作用减弱或停止。故放养蓝藻的大田,追施速效氮肥时应斟酌情况办理。在无显著缺肥情况时,宜少追或不追。

3. 耕作与排灌问题:固氮蓝藻旺盛地生长起来后,水稻中耕可以照常进行。因为中耕不可能将藻体全部踩入泥内,残留的藻体不久即可发展繁殖。中耕时打石灰也无妨碍,而且石灰还可以刺激蓝藻的生长。

早稻第一次中耕后放养蓝藻,在晴天维持较久时,7—10天藻体即可长满全田,几乎不见水面。以后虽因中耕将藻体大部分踩入泥内,但过十天半月后它又能旺盛地生长起来。至早稻孕穗

以后,才因禾苗过茂使光照减弱而生长较差。到水稻勾头散籽时,由于田水减少至落干,蓝藻块片乃贴附于泥面而不再有明显的生长现象。水稻进入黄熟期,土壤已愈来愈干,蓝藻也干成薄层而离开土面(离壳)或悬挂在禾莖上。但是早稻收割后随即灌水犁耙时,许多干燥的藻片又重新混入水中,随水飘浮。待晚稻插秧后,它们就在水中恢复生长。由此可见,从早稻到晚稻的过渡阶段中,虽然土壤经过干旱,却不影响蓝藻的生活能力,所以晚稻期间可以不必重新接种。

利用与肥效

固氮蓝藻一經在稻田中旺盛地繁殖起来,就能对水稻产生多种肥效作用。这些作用有直接的,亦有间接的,现在分述于下:

1. 由于固氮蓝藻旺盛地进行着光合作用,大量放出氧气,不仅使藻体表面布满了气泡,而且还有许多氧气溶于水中并渗入土壤里,这就加强了水稻根部的呼吸与土壤微生物的活性,因此能促进水稻根的发育,改善水稻根系的土壤营养。如我们进行的水稻砂培试验证明,加藻区与对照区的水稻植株,其差异非常显著(表6)。

表6 固氮蓝藻对水稻植株性状的影响

处 理	水 稻 农 艺 性 状							
	株 高 (厘米)	增 加 %	茎叶鲜重 (20株/克)	增 加 %	根最长 (厘米)	增 加 %	根鲜重 (20株/克)	增 加 %
水稻砂培对照区	23.83	—	1.75	—	8.79	—	1.65	—
水稻砂培加藻区	25.54	7.1	1.85	5.7	9.78	11.2	2.20	33

又如测定早稻试验田土壤中几种好气性微生物数量,亦呈极明显的差别(表7)。

表7 固氮蓝藻对稻田土壤微生物活性的影响

处 理	土壤中几种好气性微生物数量(单位:10万个/克干土)					
	好气性腐生细菌	增 加 %	好气性纤维分解菌	增 加 %	嗜嗜氮藻类*	增 加 倍 数
对 照 区	231.509	—	0.016	—	0.018	—
加 藻 区	331.377	42	0.044	180	0.263	13.56

* 嗜嗜氮藻类中包括加入的固氮蓝藻。

2. 由于固氮蓝藻旺盛地进行着固氮作用,使稻田土壤和水层中的可溶性氮素逐渐提高,并直接被水稻吸收利用。这样就增加了水稻的氮素营养。加之蓝藻还不断地生长繁殖,形成大量的含氮有机体。因此当蓝藻生长与死亡的更替过程成年累月地反复进行着时,就为土壤不断地积累了有机质,丰富了土壤中的氮素,提高了土壤肥力。早稻试验田土壤与水层中的速效养分干藻中的养分含量,以及大田里蓝藻的产量测定结果,都能明显地体现出这些情况(表8—10)。

表8 蓝藻对土壤与水层中速效养分的积累作用

处 理	干土中的速效养分(ppm)				水层中的速效养分(ppm)			
	NH ₄ -N	增 减	H ₃ PO ₄	增 减	NH ₄ -N	增 减	H ₃ PO ₄	增 减
对 照 区	35.40	—	17.57	—	16.9	—	1.28	—
加 藻 区	37.82	+2.42	17.17	-0.40	18.4	+1.5	1.40	+0.12

表9 固氮藍藻干物質中的养分含量

測定次第	被測的藍藻情况	全氮%	全磷%
第一次	室內培養的純種	6.85	2.46
第二次	中稻收割后,在田間數日內生長起來的藍藻,藻體混雜了少量泥砂	2.83	1.60

表10 田間養殖藍藻收穫量

水稻季別	采收次第	田間養殖藍藻時間(月/日)	鮮藻產量(斤/畝)
早 稻	第一次(第二次中耕前)	5/23—6/5 共 14 天	504.0
	第二次(第三次中耕前)	6/6—6/14 共 9 天	432.0
	第三次(第三次中耕后)	6/15—6/26 共 11 天	160.8
	合計三次	共 34 天	1096.8
晚 稻	第一次(第一次中耕前)	7/19—8/1 共 13 天	150.0
	第二次(第二次中耕前)	8/2—8/14 共 13 天	515.3
	第三次(第三次中耕后)	8/15—8/29 共 15 天	325.0
	合計三次	共 41 天	990.3

如果將表8—10的材料進一步分析,可以看出:田間養殖固氮藍藻,在早晚稻生長期間,如培育管理得好,每季收穫鮮藻3—4次是完全可能的。每次鮮藻收穫量平均作350斤/畝計算,則每季共可收穫鮮藻1,000—1,500斤/畝,全年總收穫量將在2,000斤/畝以上。我們測出10克鮮藻的干物平均有0.865克,即其干重占鮮重的8.65%。如果按每畝稻田年產鮮藻2,000斤計算,則其干物總量達175斤。這些干物中的全氮量共有5—12斤,約相當於25—60斤硫酸銨所含的氮素。由此可見,藍藻每年為土壤積累的氮素是極其豐富的。

要使固氮藍藻形成這樣大量的含氮有機體,既要經常給它以充分有利的生長條件,又要在它長滿水面后隨即進行采收,以便及時空出地盤來供它繼續繁殖。我們體會,藻種田中當藍藻生長滿田后,其采收方式應以打撈為主。將大部分藻體打撈移植到大田中去,留下少部分藻體作繼續繁殖的種源。而專門繁殖利用的大田,當藍藻生長滿田后,其采收方式則應以踩壓為主。將大部分藻體踩入泥土內使其腐解作為水稻肥料,留下少部分藻體供重復生長之用。

進一步研究藍藻踩壓的技術措施,其情況是非常複雜的。因為藍藻的踩壓完全不同於綠肥的壓青。綠肥壓青是在水稻插秧前作基肥,而藍藻踩壓是在水稻插秧后作追肥。如何做到水稻正需追肥時藍藻已生長起來恰好可以踩壓?這不是一件簡單的事,需要充分掌握藍藻生長的盛衰規律與水稻對營養的需求規律,而加以十分巧妙地相結合。可是由於氣溫、土質、施肥、水稻季別、品種和栽培方法等不同,這些規律性亦各有別,其中關係十分複雜。因此藍藻踩壓的技術問題,尚待各地開展廣泛而深入的研究。目前我們認為在一般情況下,藍藻踩壓的技術,必須與水稻中耕相結合。假如在第一次中耕時放下藍藻,藍藻能夠在十天半月內旺盛地生長起來,即可結合第二次中耕時踩下去。待藍藻繼續生長繁殖起來,還可以結合第三次中耕時踩壓。這樣就能為水稻的前期生長,提供豐富的速效性養料。

總之,通過前面所述一系列的試驗與觀測,可以完全肯定固氮藍藻對水稻的肥效是非常良好的;對提高土壤肥力的作用也是很顯著的,因此是稻田很好的肥源。我們從1961年在湖南進行的一系列田間試驗中已得到了證明。

從下列表11—13中可以看出下述一些情況:

(1) 田間養殖固氮藍藻,對水稻生長有明显的促進作用,使株高、分蘗、穗長、每穗谷粒數、干

表 11 固氮藍藻对双季稻生長發育与產量的影响*

水稻季別	处 理	株 高 (厘米)	总分蘗数	平均穗长 (厘米)	平均每穗 实粒数	千粒重 (克)	实谷产量 (斤/亩)	增 产 (%)	备 注
連作早稻	对照区	126.16	17.30	19.18	39.86	27.73	542.30	—	藍藻生長甚旺,但未結合中耕踩压
	加藻区	129.92	18.30	20.17	41.58	29.65	581.41	7.2	
連作晚稻	对照区	96.27	14.16	16.20	42.98	35.07	262.03	—	藍藻生長甚旺,結合中耕踩压两次
	加藻区	102.48	16.58	17.80	47.54	35.23	374.50	42.92	

* 本表所列試驗,系由湖南省农科所进行,水稻品种为早秈南特号与晚粳松場 261 号。

表 12 固氮藍藻对一季晚稻生長發育与產量的影响*

处 理	株 高 (厘米)	总分蘗数	平均穗长 (厘米)	平均每穗 实粒数	千粒重 (克)	实谷产量 (斤/亩)	增 減 (%)	备 注
对 照 区	120.81	19.94	17.63	47.68	34.23	657.14	—	藍藻生長甚旺,但生长期較短, 且未結合中耕踩压
加 藻 区	121.93	19.92	16.76	47.26	33.81	649.55	-1.16	
加藻追磷、鉀肥区	127.41	19.86	20.16	55.24	33.81	686.16	+4.41	

* 本表所列試驗,系由湖南省农科所进行。水稻品种为晚粳松場 261 号。

表 13 固氮藍藻对一季中稻与連作晚稻產量的影响*

水稻季別	处 理	稻谷产量(斤/亩)	增 产%	备 注
一季中稻	对 照 区	348.78	—	紅壤性水稻土,土质瘠薄,历年为低产稻田, 試驗中藍藻生長甚旺,未結合中耕踩压
	加 藻 区	418.84	20	
連作晚稻	对 照 区	345.03	—	紅壤性水稻土,肥力中等水平,試驗中藍藻 生長甚旺,未結合中耕踩压
	加 藻 区	385.96	11.9	

* 本表所列試驗,系由湖南衡阳专区农科所进行。中稻品种万利秈,連作晚稻品种浙場 9 号。

粒重等都受到良好的影响。因此表现出增产作用也是很明显的。从各个田间試驗来看,其增产的幅度很大。显然这是与固氮藍藻在田间生長时间的长短、好坏及对其利用方式不同等原因密切相关的。

(2) 随着水稻季别的更迭,固氮藍藻在田间繼續养殖,可以看出其肥效愈来愈好。当藻体生長甚旺时,結合水稻中耕进行踩压,其肥效較不踩压要高得多。

(3) 田间养殖固氮藍藻时追施磷、鉀肥料,看来是很有好处的。因为供应較充足的速效性磷、鉀养分,可以提高鮮藻的产量和直接为水稻增加磷、鉀肥料。如果仅仅养藻而不注意追施磷、鉀肥,也不結合中耕适时地将藍藻踩压,在磷、鉀养分較少的稻田中,很可能由于藍藻大量繁殖而將田间原有的磷、鉀养分吸收,使不能及时轉化释放出来,这样反而对水稻生長不利,即可能产生固氮藍藻与水稻爭夺磷、鉀养分的情况。如一季晚稻試驗中,养藻未施磷、鉀肥区所表现的结果,就与此情况很相符合。

参 考 文 献

- [1] A. Watanabe: 1956. On the effect of the atmospheric nitrogen fixing bluegreen algae on the yield of rice. (in Japanese) *Bot. Mag.*, (Tokyo) 69:530—536.
- [2] De, P. K. & L. N. Mandal: 1956. Fixation of nitrogen by algae in rice soil. *Soil Sci.*, 81:452—458.
- [3] 黎尚豪等: 1959. 我国的几种藍藻的固氮作用. *水生生物学集刊*, 1959:429—439.
- [4] 叶清泉等: 1959. 固氮藍藻的大量培养方法. *水生生物学集刊*, 1959:445—451.
- [5] 黎尚豪等: 1959. 固氮藍藻对水稻肥效的初步研究. *水生生物学集刊*, 1959:440—444.
- [6] 青木茂一: 1956. 土壤与植生, 第 14 章, 第 4 节, C 藍藻, 425—427.