

細菌肥料在水稻土上的应用*

黃隆广 阮妙增

(中国科学院土壤研究所)

在許多地方施用細菌肥料均获得作物产量的提高,但是,在某些地方,这些有益的作用并没有显示出来,因此,对于細菌肥料的有效性问题的研究,无疑的在生产实践中具有重大的意义。

伟大的苏联学者米丘林早已告诉我们,生物与其生活环境条件有着密切的联系,細菌作为肥料的形式施入土中,同样也是受着外界条件的影响,其有效或是无效,和土壤条件的关系很大,因此,本工作选取不同土壤进行試驗,探求在不同的土壤条件下菌肥的肥效。

一、試驗經過

試驗地点在江苏省江浦县上游人民公社,包括三种土壤(血馬肝,直砂土,鸡屎土),每小区面积为 1/20 亩,供試驗作物为水稻(品种中稻桂花球,5 月底插秧,9 月初收割),試驗处理如下:

血馬肝: (1) 施有机磷細菌(以下称磷細菌); (2) 施固氮菌; (3) 施磷細菌和固氮菌¹⁾; (4) 对照²⁾。

直砂土: (1) 施磷細菌; (2) 施固氮菌; (3) 施当地固氮菌³⁾; (4) 对照。

鸡屎土: 处理与血馬肝同。

表1 三种土壤情况

| 土 别 | 血 馬 肝 | 直 砂 土 | 鸡 屎 土 |
|------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 土壤性状 | 土壤性状好,肥沃,历年产量均較直砂土,鸡屎土每亩高出 100 多斤 | 底土有裂隙,漏水,肥力一般 | 土壤成团块状如鸡蛋大,肥力差 |
| 前 作 | 秋种綠肥紅花草 | 同 左 | 同 左 |
| 施肥状况 | 插秧前半月压紅花草 30 担/亩,不追肥 | 插秧前半月压紅花草 15 担/亩,不追肥 | 插秧前半月压紅花草 15 担/亩,不追肥 |

表2 三种土壤理化性質

| 土壤类型 | pH | 全氮 (%) | 磷(P ₂ O ₅) | | 速效鉀 (K ₂ O, %) | 土 粒 部 分 (%) | | | | | | 质地名称 (按苏联制分类) |
|------|------|--------|-----------------------------------|---------|---------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|-------------|---------------|
| | | | 有效磷 (%) | 速效磷 (%) | | 細 砂 | 粗粉砂 | 中粉粒 | 細粉粒 | 粘 粒 (<0.001) | 細 粒 (<0.01) | |
| | | | | | | (0.25—0.05) | (0.05—0.01) | (0.01—0.005) | (0.005—0.001) | | | |
| 血馬肝 | 5.94 | 0.16 | 0.1925 | 0.0070 | 0.0150 | 5.0 | 47.0 | 12.5 | 25.5 | 10.0 | 48.0 | 重 壤 土 |
| 直砂土 | 6.94 | 0.14 | 0.1550 | 0.0040 | 0.0140 | 1.0 | 44.5 | 13.5 | 31.0 | 10.0 | 54.5 | 重 壤 土 |
| 鸡屎土 | 6.38 | 0.16 | 0.1425 | 0.0030 | 0.0085 | 4.5 | 35.0 | 18.5 | 30.0 | 12.0 | 60.5 | 輕 粘 土 |

注: 分析室分析。

* 吳留松同志参加了部分工作。

1) 磷細菌、固氮菌各施 15 公斤/亩。

2) 不加菌体,但仍然施以与其他处理相等的吸附剂和营养物质。

3) 从当地土壤中分离到的固氮菌制成菌剂施用。每克菌土含 8,360,000 个細胞。

每处理重复三次,施用量为 30 公斤/亩菌土,每克菌土含固氮菌 5,970 万个细胞,施用方法为蘸秧根。

同时还进行盆栽对比试验,土壤种类、处理项目、重复次数完全同田间试验。

二、结果和讨论

试验结果指出,在血马肝的土壤条件下,施入固氮菌较对照增产 12.9%,在直砂土上施入当地固氮菌,增产 18.0%,在鸡屎土上不显著;施入磷细菌以及施入磷细菌和固氮菌的处理,其增产效果都不十分显著(表 3)。

表 3 田间各种处理实收产量表

| 土壤种类 | 处 理 | 三小区平均产量 (克) | 折合每亩产量 (斤) | 较对照增产数 (斤) | 增 产 (%) |
|-------|----------|----------------|---------------|---------------|------------|
| 血 马 肝 | 对 照 | 12,061.5 | 482.5 | — | — |
| | 施磷细菌 | 12,356.9 | 494.3 | 11.8 | 2.5 |
| | 施固氮菌 | 13,601.4 | 544.1 | 61.6 | 12.9 |
| | 施磷细菌和固氮菌 | 13,337.5 | 533.5 | 51.0 | 10.6 |
| 直 砂 土 | 对 照 | 10,272.0 | 410.9 | — | — |
| | 施磷细菌 | 10,533.7 | 421.35 | 10.45 | 2.5 |
| | 施固氮菌 | 10,389.3 | 415.6 | 4.7 | 1.1 |
| | 施当地固氮菌 | 12,176.9 | 485.08 | 74.18 | 18.0 |
| 鸡 屎 土 | 对 照 | 10,434.22 | 417.37 | — | — |
| | 施磷细菌 | 11,002.69 | 440.11 | 32.74 | 7.8 |
| | 施固氮菌 | 10,512.0 | 420.48 | 3.11 | 0.7 |
| | 施磷细菌和固氮菌 | 10,667.5 | 426.7 | 9.33 | 2.1 |

注:稻谷含水量 8%。

盆栽结果与田间试验,增产和不增产的趋势大体一致,血马肝施入固氮菌增产 28.6%,直砂土施入固氮菌增产 12.2%,施入当地固氮菌增产 3.3%,鸡屎土各处理不增产;施磷细菌以及施磷细菌和固氮菌的处理,都没有增产(表 4)。

表 4 盆栽试验各种处理实收产量表

| 土壤种类 | 处 理 项 目 | 三盆平均产量 (克) | 较对照增产数 (克) | 增 产 (%) |
|-------|---------|---------------|---------------|------------|
| 血 马 肝 | 对 照 | 18.2 | — | — |
| | 施固氮菌 | 23.4 | 5.2 | 28.6 |
| 直 砂 土 | 对 照 | 27.1 | — | — |
| | 施固氮菌 | 30.4 | 3.3 | 12.2 |
| | 施当地固氮菌 | 28.0 | 0.9 | 3.3 |

根据以上试验结果,不论田间的试验和盆栽的试验,一致说明固氮菌在肥沃土壤上施用能起良好作用,可以提高作物产量。在肥力差的土壤如鸡屎土上,没有得到应有的效果。

磷细菌的无效,可能与土壤有机磷的含量多少有关,仍待今后的工作给予阐明。

现在再说明固氮菌在这三种土壤中的存活状况(表 5)。

从表 5 可知,固氮菌在血马肝和直砂土内的存活率是比较高的,在水稻收获时期仍含有大量细胞;在鸡屎土内的情况却相反,在水稻收获时期施入固氮菌的处理比对照已低了很多,这一资

表5 固氮菌在这三种土壤中存活状况(1,000个/1克干土)

| 处 理 | 血 馬 肝 | | 直 砂 土 | | 鸡 屎 土 | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 施入土中期 | 水稻收获时 | 施入初期 | 水稻收获时 | 施入初期 | 水稻收获时 |
| 施 固 氮 菌 | 10.1 | 8.1 | 4.2 | 28.2 | 3.0 | 4.0 |
| 不施固氮菌(对照) | 3.5 | 3.6 | 4.0 | 12.1 | 2.8 | 13.5 |

料,不仅说明三种土壤对固氮菌存活影响的差异,而且亦说明固氮菌在血馬肝和直砂土能发挥良好作用的一个原因。由于它们的大量存活,可以设想它们在血馬肝和直砂土内具有生长良好的条件,从而促使它们固定大气中的氮素,有利于土壤中氮素的积累。經研究证明,施入固氮菌可大大促进土壤中微生物的活动,表6表明,施入固氮菌的处理比对照增加的細菌数,提高38.9—94.7%,无疑亦大大加强了土壤中的微生物学过程。此項研究^[1]已证明这些細菌都具有氨化的作用。

表6 施入固氮菌对土壤細菌数量的影响

| 分 析 日 期 | 細 菌 数 量 (1,000个/1克干土) | | 增 加 百 分 数 (%) |
|---------|-----------------------|-----------|---------------|
| | 施 入 固 氮 菌 | 未 施 固 氮 菌 | |
| 7月9日 | 29,000 | 11,300 | 61.0 |
| 7月21日 | 11,100 | 6,780 | 38.9 |
| 9月6日 | 14,440 | 7,417 | 94.7 |

现在,再来看这三种土壤水稻根际細菌的情况(表7)。在血馬肝和直砂土两种土壤内施入固氮菌的处理,水稻根际細菌的数量都要比对照的根际細菌多得多,但在鸡屎土则不然,而是少得多。

表7 施入固氮菌对三种土壤水稻根际細菌的影响(1,000个/1克干土)

| 处 理 | 血 馬 肝 | | 直 砂 土 | | 鸡 屎 土 | |
|-----------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | 細 菌 数 量 | | 細 菌 数 量 | | 細 菌 数 量 | |
| | 牛肉膏蛋白胨琼脂 | 淀粉铵盐琼脂 | 牛肉膏蛋白胨琼脂 | 淀粉铵盐琼脂 | 牛肉膏蛋白胨琼脂 | 淀粉铵盐琼脂 |
| 施 固 氮 菌 | 11,620 | 28,500 | 5,800 | 9,260 | 1,830 | 5,000 |
| 不施固氮菌(对照) | 5,130 | 5,934 | 4,800 | 5,000 | 6,911 | 9,705 |

不論是能利用有机氮的細菌(在牛肉膏蛋白胨琼脂)或是能利用无机氮的細菌(在淀粉铵盐琼脂)都表现同样的結果。由此,对于鸡屎土为什么不能增产,从表中材料便找到了說明。

固氮菌的有益作用对于鸡屎土为什么不能表现出来,除了上面分析的一些原因外,还应该联系到鸡屎土的土壤条件。鸡屎土不仅不肥沃,缺乏足够的营养条件,而且土壤质地也較血馬肝和直砂土粘重,结构亦不好;从在不同时期进行测定的氧化还原电位看来,鸡屎土亦是处于強烈的还原条件下,氧化还原电位都在-164毫伏和-300毫伏(表8)。

很容易理解,这样的土壤条件对于微生物的活动有着不利的影響。血馬肝的微生物活动量比鸡屎土要大得多,原来存在这二种土壤内的固氮菌数,血馬肝比鸡屎土也要大得多(表9)。

由此,再一次証实了米丘林的学說——有机体与其生活环境条件的統一的正确性。

表 8 三种土壤在不同时期氧化还原电位的变化

| 测定日期 | 血 馬 肝 | | 直 砂 土 | | 鸡 屎 土 | |
|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | 测定次数 | 平均值(毫伏) | 测定次数 | 平均值(毫伏) | 测定次数 | 平均值(毫伏) |
| 6月30日 | 40 | 135 | 40 | 137 | 40 | 167 |
| 7月9日 | 40 | 165 | 40 | 111 | 40 | -164 |
| 7月22日 | 10 | -92 | 10 | 40 | 10 | -300 |

表 9 血馬肝和雞屎土微生物活动量的比較(1,000个/1克干土)

| 微生物項目 | 血 馬 肝 | | | | 鸡 屎 土 | | | |
|--------|--------|---------|-------|----------|--------|-------|------|----------|
| | 細菌 | 放線菌 | 真菌 | 总 数 | 細菌 | 放線菌 | 真菌 | 总 数 |
| 三大类微生物 | 16,805 | 2,810.0 | 45.17 | 19,660.8 | 11,900 | 1,037 | 30.6 | 12,967.6 |
| 固 氮 菌 | 3.5 | | | | 2.4 | | | |

三、細菌肥料的应用問題

細菌肥料和其他肥料虽然同是起着肥田的作用,但是,它們之間是有区别的。細菌肥料是具有生命的生物体,通过細菌的生命活动才能起肥田的作用,因此,不管在施用上和在儲藏上,都应有它自己独特的需要注意的地方。

1. 应选育当地品种制成的菌剂施用于当地,效果最为显著。表 3 的結果証明,在直砂土上施用当地固氮菌可提高产量 18.0%,施用外来的菌系,其产量沒有提高,因为当地品系最容易适应当地的生活环境,当地品系較外来品系在土壤中的存活数显然要大,表 10 的結果即証明了这点。

表 10 固氮菌当地品系与外来品系在土壤中的存活状况(1,000个/1克干土)

| 品 系 | 分析日期 | 6月30日 | 7月9日 | 7月21日 |
|---------|---------|-------|------|-------|
| | 外 来 品 系 | | 4.2 | 6.6 |
| 当 地 品 系 | | 5.0 | 12.6 | 33.4 |

值得提出的是当地品系对土壤中細菌的活动性能大大增強,比外来品系表现得更为明显,可以相差由 9% 到 49.4% (表 11)。

表 11 固氮菌当地品系与外来品系对細菌影响的比較

| 分 析 日 期 | 細菌数量 (1,000个/1克干土) | | 增加百分数 (%) |
|---------|--------------------|--------|-----------|
| | 当地品系 | 外来品系 | |
| 6月30日 | 5,594 | 2,822 | 49.4 |
| 7月8日 | 42,200 | 29,000 | 31.3 |
| 7月21日 | 11,200 | 11,000 | 9.0 |

2. 制好的菌剂必須立即施用,在一般条件下放置時間不应太长。

通常工厂生产的細菌肥料,在使用說明书上注明“一般不宜超过 6 个月”,这就是說,在 6 个月以内这种肥料仍为有效,事实上,在这样长的時間内肥料本身已經变质,这种有益的細菌大量死亡,含菌量降低到非常少,即使包装良好,含菌量的減少亦不可避免,如果包装不好,情况則更为恶劣。

我們的工作指出，固氮菌在包裝良好的情況下放置保存1個月，菌劑含水量仍為35%，細菌已死亡98.3%，保存4個月，含菌量只占原來含菌量的0.1%。包裝不好，暴露於空氣中保存1個月，細菌已死亡99.8%，不僅菌劑含菌量變少，而且還長上許多霉菌，結果整理在表12。

表12 固氮菌劑儲藏在不同時期的含菌量(1,000個/1克干菌土)

| 包裝情況 | 分析日期 | 5月26日 | | 6月30日 | | 7月21日 | | 9月6日 | |
|--------------|------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | 原始菌劑含菌量 | 死亡率(%) | 菌劑含菌量 | 死亡率(%) | 菌劑含菌量 | 死亡率(%) | 菌劑含菌量 | 死亡率(%) |
| 盒裝 暴露於空氣中 | | 59,700 | — | 1,035 | 98.3 | 788.4 | 98.8 | 59.8 | 99.9 |
| | | 59,700 | — | 129.5 | 99.8 | 245.0 | 99.6 | — | — |

3. 施用菌肥必須靠近植物根部施用，象蘸秧根、拌種都是較好的方法，撒施則不好，因為在撒施情況下，細菌擴散的范围不大，與植物根部的距離遠，對於植物不能快速的發生作用。我們的工作證明，不論在旱地和水田，細菌擴散的范围都不大，距離有細菌肥料的地方9厘米，沒有發現含菌量增高，距離4厘米，同樣是一致結果(表13)。

表13 固氮菌施用在旱地和水田擴散情況單位(1,000個/1克干土)

| 項目 | 旱地 | | 水田 | |
|---------|-------------|-------|-------------|-------|
| | 試驗 I | 試驗 II | 試驗 I | 試驗 II |
| | 原來土壤含菌量 4.8 | | 原來土壤含菌量 9.2 | |
| 施有菌肥的地方 | 322.8 | 419.2 | 785.0 | 863.4 |
| 距離菌肥4厘米 | 7.1 | 4.4 | 7.2 | 9.9 |
| 距離菌肥9厘米 | 3.8 | 4.5 | 7.4 | 7.8 |

4. 細菌肥料僅能作為一種輔助肥料，不僅需要配合其他肥料一同施用，而且還應注意其增產的農業措施，雖然，在我們的試驗里肥力差的雞屎土施用菌肥不能增產，如果在貧瘠的土壤上，跟上各項措施，不良的土壤亦可以變成良好的土壤，不適於微生物生長發育的條件亦可以變成適宜的條件，這樣，菌肥對於肥力差的土壤同樣也可以發揮有益作用。

四、摘要

1. 固氮菌肥料應用於肥沃的土壤如血馬肝和直砂土，不論在田間的試驗和盆栽的試驗，均獲得水稻作物產量的提高。

2. 固氮菌在血馬肝和直砂土內的存活率比較多，在雞屎土內則低，由於固氮菌的存在，大大加強了土壤和水稻根際細菌的活動性。

3. 雞屎土不能顯示菌肥的肥效，主要由於它的肥沃性差，缺乏足夠的營養條件，土壤質地粘重，結構不好，處於強烈的還原情況，這對於微生物的活動有着不利的影響。

4. 細菌肥料的应用問題：(1)應施用當地的菌系菌劑，它們最適合於當地的生活環境。(2)制好的菌劑應立即施用，在包裝良好的情況下，保存一個月，有益細菌已死去98.3%，在包裝不良的情況下，情況更為惡劣。(3)菌肥必須施用於近根部，因為菌肥的擴散範圍是不大的。(4)細菌肥料僅能作為一種輔助肥料，應跟上各項增產措施，即使在貧瘠的土壤上，亦能發揮有益的作用。

參考文獻

[1] 黃陞廣：南京稻田土壤耕作層微生物動態的觀察。土壤通報，1958年第2期。