

赠书

§ 贾醉公农业科技文选 §

谨敬献此书 热烈祝贺  
伟大的中国共产党建党八十五周年纪念

公元二00六年六月编印于长沙

贵州省图书馆 惠存

《贾醉公农业科技文选》

作者 敬赠

2006.10.5.

## 自 序

从上世纪五十年代初至八十年代末，将近四十年的时间里，我一直在湖南省农科院土肥所主持着土壤微生物研究室的科研与开发工作。我和同事们一起，曾承担过十余项科研课题；进行过许多田间试验和室内实验；也往全省 2/3 以上县、市的农村作过调查、采访或住点；还参加过一些省内外或国家有关部门召开的学术性会议。通过这几十年的科研活动，我陆续写出了近三、四十万字的科研总结、论文、简报和交流经验的文章，还写过一些科学小品文与科普小册子。这些文字的字里行间，确实凝聚了每一位参与者的汗水和智慧，也粘结了不少的工作经验与教训，应该说：所获得的这一切都是非常宝贵的资料。

今年七一，将迎来伟大、光荣、正确的中国共产党建党 85 周年纪念。我回忆自己的一生，从青年时代起就接受过地下党的指引、帮助和教育。湖南解放前夕，又得到过当时湖南省农业改进所（农科院前身）地下党组织的关心、指示，为党做过点滴工作。解放后不久，正当我贫困与重病交加之际，组织上迅速向我伸出了援助之手，批准我带工资住医院治疗，挽救了我垂危的生命。之后在我四十年的科研工作中，仍得到组织上从学习机会、工作环境、设备条件等方面的许多支持、关心和指示。因此总觉得党对我的恩情比山高、比海深。今天，我年迈八十又四，已没有其他能力来向党报恩，只得下决心将自己写出的三、四十万字科技文章，汇集、选编出来，自费印成书本，献给敬爱的党，以表达我向党报恩的赤子之心。

通过数十年的科研实践，我始终认为：土壤微生物学在农业科学领域中，是一门很重要的分支学科。因为土壤是人类赖以生存的物质基础，而土壤微生物则永远大量存活在土壤中。它们不仅对土壤的发生、发展与演变起重要作用；而且对土壤中任何种有机、无机物质的分解、转化也起主要作用，因此它们能为各种农作物提供丰富而完美的根系营养。从而使农作物达到优质高产；也使不断污染土壤和水域的农药、化肥（主要是指滥施氮化肥）及除草剂等残毒，得到降解而逐步消除。它们的菌体、菌丝及其分泌物与植物根系、各种有机残体和土壤粉粒 缠结一起，通过复杂而多样性的变化，形成了水稳性的土壤团粒结构，从而能大大提高土壤的保水、保肥、防止冲刷和

流失的能力。它们中的一些种群（被统称为“固氮微生物”），能固定大气中含量极为丰富（约占 4/5）的分子态氮，使之成为农作物可以吸收利用的氮素养分。还有许多不同的种群，能将土壤中蕴藏丰富的难溶性磷、钾、钙、硫及其他必需的微量元素；分解成可以被农作物吸收利用的养料。此外，还应着重指出：许多高等真菌的大型子实体，所含营养成分丰富而完全，味道鲜美，早已成为人们的佳肴食品—食用菌；或含某种特殊元素、有效成分，极富药用价值的药用菌。这些食用菌和药用菌，也都归属于土壤微生物的庞大种群中。最后必须强调：充分利用甲烷细菌嫌气发酵农家有机肥以制取沼气，是解决农村能源的最佳途径。

综上所述可以明显看出：土壤微生物与人类的生产、生活乃至生存都有极为密切的关系。因此各级农业和土肥科技部门，应该重视并加强对土壤微生物学的科研、开发与推广；向广大农民群众宣传土壤微生物应用的科技知识。而不应把土壤微生物学当作可有可无的冷门学科；置于不闻不问的地位。看来，当前正迎来党中央、国务院号召全国人民动员起来，为国家实施“十一五规划”，全面建设小康社会，推进社会主义新农村建设的大好时期，要建设好一个节约型、环保型、生态型、人与自然和谐发展的新农村，各类有益的土壤微生物都将会大有用武之地，甚至还会出现“非利用它们的功能不能成事”的良好局势。

这本《文选》所载，虽然多为过去的科研历史或科普文章，难免不有些陈旧落后。但是我深信：它还是能对新一代的土壤微生物学科研、教学、推广工作者能起到“抛砖引玉”、“举一反三”和“添砖加瓦”的作用。书中存在的缺点和错误不少，因此作者诚恳地希望各级领导、专家、农民朋友及所有读者多提宝贵意见、多多批评指正，我的电话：0731-5671452 或 13874946454，通讯处：长沙市芙蓉区马坡岭湖南省土壤肥料研究所办公室吴义文女士转，邮编：410125。

最后还有个小小要求：此书您如不拟留存，烦请就近送给市、县或社区图书馆（室），也可送给旧书店。谢谢！

贾醉公

二〇〇六年六月

# 贾醉公农业科技文选总目录

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 序言                                                      |     |
| 1、《中国绿肥》(大型专著) 农业出版社出版·1986                             | 1   |
| 第五章 绿肥与土壤微生物 第一、二、三、四节                                  | 3   |
| 第八章 第三节 绿肥的堆沤                                           | 20  |
| 第二十五章 第四节 固氮兰藻                                          | 26  |
| 第二十七章 第三节 重要野生绿肥——马桑                                    | 30  |
| 2、《土壤微生物的固氮作用》土壤肥料知识丛书, 农业出版社约稿, 共八节                    | 33  |
| 3、《土壤微生物分析法》湖南省土肥所土壤微生物研究室实验技术资料                        | 111 |
| 4、绿肥根瘤菌的初步研究, 《华中农业科学》1957. N04                         | 131 |
| 5、豆科绿肥根瘤菌剂的制造与效能《土壤学报》3 卷 1 期                           | 140 |
| 6、水稻土需氧自生固氮菌的初步研究《土壤学报》6 卷 2 期                          | 146 |
| 7、油菜自生固氮菌接种田间效能比较试验《华中农业科学》1957. N05                    | 157 |
| 8、稻田固氮兰藻养殖技术与肥效《土壤》双月刊 1962. N03                        | 159 |
| 9、紫云英根瘤菌在湖南的应用《微生物学通报》6 卷 6 期. 1979                     | 167 |
| 10、广西推广稻田绿肥及采用根瘤菌接种获得大面积高产《湖南科技情报资料》1963. N064          | 171 |
| 11、关于豆科绿肥根瘤菌若干问题的讨论《广西农业》1964. 5                        | 177 |
| 12、提高紫云英老区根瘤菌接种效果的研究。(省土肥学会学术年会论文摘要)                    | 184 |
| 13、我国生物固氮应用研究的近况与展望。《土壤肥料》1981. N01                     | 190 |
| 14、有机质含量不同的水稻土对土壤微生物吸附性能的初步探索。(湖南省土肥学会学术年会论文简报)         | 193 |
| 15、花生根瘤菌拌种与加施钾细菌肥的增产作用《土壤肥料》1977. N03                   | 199 |
| 16、一种有根瘤的非豆科野生绿肥——马桑《湖南农业科技》1980. N05                   | 200 |
| 17、假单孢菌 8-1 号菌株应用效果的研究。《中国微生物学会 1979 年学术年会论文摘要》1979. 10 | 203 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18、怪麻根瘤菌抗药菌株接种回收率测定试验。同上·····                                           | 204 |
| 19、钾肥及钾细菌肥料在农业生产中的重要意义《农科简报》1975. N02···                                | 205 |
| 20、水稻根圈内的固氮作用(译文)《湖南土肥科技》1983. N01·····                                 | 209 |
| 21、怪麻根瘤菌抗药性菌株的接种回收率与效果(科研总结) 1979···                                    | 211 |
| 22、我国土壤微生物学研究的若干进展(中国微生物学会 1963 年学术年会论文综述)·····                         | 218 |
| 23、菌根真菌与作物土壤营养(第四届全国菌根会议论文)《湖南农业科学》1982. N04·····                       | 223 |
| 24、菌根(译文)《湖南土肥科技》1983. N02·····                                         | 225 |
| 25、菌根真菌接种的功能与效果(科技论文) 1982·····                                         | 227 |
| 26、《中国作物栽培》(大型专著)第三十一章 蘑菇 科普出版社出版 1991·····                             | 244 |
| 27、菌种培养料灭菌方法的改进《国际食用菌生物技术学术讨论会论文》1990. 9 南京·····                        | 277 |
| 28、平菇露地栽培高产技术初步研究(湖南省微生物学会第二届代表大会论文)《湖南农业科学》1987. N04·····              | 279 |
| 29、秋塘村 20 万尺 <sup>2</sup> 蘑菇高产经验《湖南农业科学》1985. N06·····                  | 282 |
| 30、一株竹荪菌种的分离与纯化(湖南省土肥所微生物研究室)·····                                      | 284 |
| 31、大力发展食药菌,是湖南全面建设小康社会的一支生力军。(湖南农科院老教授协会 2003 年学术年会论文) 2003. 10 长沙····· | 285 |
| 32、灵芝与长寿(科学小品) 1993·····                                                | 294 |
| 33、江南盛夏平菇高产经验总结《食用菌》1994·····                                           | 296 |
| 34、光学显微镜染色(译文)·····                                                     | 297 |
| 35、硅酸盐细菌(1.153 号)的一般生物学特性(湖南钾细菌肥料科研协作组资料) 1975·····                     | 302 |
| 36、农村能源沼气化与农业现代化(省农村沼气研讨会论文) 1981·····                                  | 306 |
| 37、对发展农村沼气和沼肥中几个问题的讨论(湖南省、地、县沼气办领导学习班讲义) 1981·····                      | 314 |
| 38、建议实施防治水旱灾害的基本工程(科技专稿) 1997. 3·····                                   | 328 |
| 39、我特别喜爱的一封信·····                                                       | 332 |

# 中国绿肥

---

焦 彬 主编

顾荣申 张学上 副主编

## 编著者名单

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 焦 彬 | 顾荣申 | 张学上 | 凌绍淦 | 贾醉公 | 吕书纓 |
| 林多湖 | 肖道庸 | 陈礼智 | 张保烈 | 陈士平 | 洪汝兴 |
| 龚光炎 | 苏盛发 | 吕福海 | 陈炳章 | 王鹤桥 | 吕永旺 |
| 黄宗道 | 吴 洵 | 王长珍 | 舒若耆 | 孙传芳 | 黄显淦 |
| 俞林火 | 陈德富 | 宋世杰 | 樊发聪 | 马效良 |     |

农 业 出 版 社

中 国 绿 肥

焦 彬 主编

顾荣申 张学上 副主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)  
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 47.5印张 5插页 1055千字  
1986年2月第1版 1986年2月北京第1次印刷  
印数 1—3,800册

统一书号 16144·2946 定价 10.75元

# 《中国绿肥》中贾醉公编著的章、节

## 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第五章 绿肥与土壤微生物.....            | 97  |
| 第一节 绿肥对土壤微生物的影响.....         | 97  |
| 第二节 土壤微生物对绿肥的作用.....         | 101 |
| 第三节 土壤固氮微生物与绿肥的共生固氮关系.....   | 105 |
| 第四节 土壤微生物分解绿肥过程对土壤肥力的影响..... | 111 |
| 第 八 章 第三节 绿肥的堆沤.....         | 197 |
| 第二十五章 第四节 固氮兰藻.....          | 612 |
| 第二十七章 第三节 重要野生绿肥——马桑.....    | 686 |

## 第五章 绿肥与土壤微生物

土壤是绿肥与微生物赖以生存和发展的基地。绿肥与微生物又对土壤肥力起着决定性作用。在生长着绿肥的土壤里，绿肥的根系和各种微生物类群，都时刻在进行着旺盛的生命活动。而各种绿肥根系与各种微生物之间，又有着非常密切和极为复杂的关系。可以认为：绿肥、土壤和土壤微生物这三者构成了一个互相促进、互相制约的生态体系。

### 第一节 绿肥对土壤微生物的影响

#### 一、绿肥根的分泌物及其有机残体是土壤微生物营养的重要来源

各种生长良好的绿肥，都具有旺盛发达的根系。据报道金花菜的根深达85厘米；黄花草木樨的根深150—180厘米；白花草木樨的根深达200厘米；毛叶苕子的根深达100—150厘米。据江苏省新洋试验站观察，黑麦草的根深110.7厘米，水平分布范围达74.3厘米，在拔节时期，每亩鲜根重量达4,034.4斤；地上部与地下部的重量比为1:1.08。一般，禾本科绿肥的根系细而多，主要分布在土壤表层；豆科绿肥的根系粗而少（与禾本科绿肥相比较），除了分布在土壤表层以外，还有一部分分布到了土壤的底层。若将一年生绿肥与多年生绿肥相比较，不论何种科属，其根系都以多年生绿肥的为发达。所以，把多年生的豆科与禾本科绿肥混种，更能提高绿肥的根群产量。江苏省盐城地区试验，用黑麦草与豆科绿肥混播，比豆科绿肥单播的，鲜草增产30—50%；鲜根重量增加39—136%。

由于绿肥根系茂密而发达，所以根的总长度和表面积数量都很巨大；与土壤接触的细度、广度和深度也都很可观，这就是绿肥和土壤之间密切复杂的联系基础。

绿肥的根系不能只看作是一个吸收器官。近些年来，科学研究表明：绿肥的根有很强的合成功能，能合成氨基酸、植物碱及维生素等。而且整个绿肥生长期间，根系进行着很活跃的代谢活动，经常在新生和死亡，而活根又能向土壤分泌各种无机盐和有机物质。例如在根的分泌物中已找到了磷、钾、钙、钠及其它元素的化合物。在羽扇豆、豌豆和荞麦等的根分泌物中，发现磷酸的含量竟达绿肥吸收的磷酸总量的14—34%。分泌的有机物质中有糖类、有机酸类、氨基酸类、维生素和生长素等。还分泌各种胞外酶：如蔗糖酶、淀粉酶、蛋白酶、脲酶、磷脂酶和硝酸还原酶等。由于绿肥的种类不同和每种绿肥的发育阶段不同，其根系分泌物的种类与数量也经常发生变化。例如豆科绿肥较多地分泌氨基酸和酰胺等含氮化合物；禾本科绿肥则较多地分泌糖和有机酸等含碳化合物。又如三叶草及其它豆科绿肥，在开花期以前，根系分泌物中主要为天门冬氨酸与葡萄糖酸。而到了开花期，分泌的含氮化合物则以

色氨酸为主要成份。此外,在绿肥根系发育的全过程中,根端不断有破坏的根冠、死亡的须根、根毛和表皮组织等有机物质脱落下来。总之,绿肥根系的所有这些分泌物及其脱落的有机残体,都是土壤微生物的重要而丰富的营养资源。

## 二、绿肥根际的环境条件适宜于微生物的繁殖

“根际”通常是指围绕离根 2 毫米以内的土壤区域。在这个土壤区域里生长着的微生物,称为根际微生物。近五十年来,国内外对根际微生物进行了比较详细的研究。指出在不同气候条件下的各种土壤里,根际内都积聚着大量的微生物。比根际外的土壤微生物总数多几十倍,甚至上千倍,而且在类群上也有差异。各种绿肥的根际微生物情况,其规律性与此相一致。绿肥根际与根外的土壤微生物之所以有这样巨大的差别,是由于绿肥根际的环境条件极适合多种微生物的生长繁殖。

(一) 绿肥向根外分泌的无机盐和一些简单的有机化合物及其脱落的有机残体都非常丰富,可供作根际微生物大量生长繁殖的碳源、能源和营养。

(二) 绿肥根系分泌的多种有机酸,根呼吸时释放的二氧化碳在土壤溶液中所生成的碳酸,都能促使土壤矿物质如磷、钾、钙、镁等盐类的溶解。既有利于绿肥根系的吸收利用,也增加了根际微生物的矿质营养。

(三) 绿肥根系在土壤中伸展的机械作用,可以将大的土块裂剖成细小的土团。当根际微生物的数量大量增加;代谢活动旺盛进行的同时,各种微生物的活体与死体、微生物的代谢产物、绿肥根系的分泌物、绿肥根系脱落的有机残体及成批的绿肥残骸,所有这些有机物质都在极其复杂的分解、转化与合成的生化过程中变化,使土壤的腐殖质呈有机胶体逐步积累;并与粘土矿物复合,形成的水稳性团聚体亦逐渐增加。这样,土壤的理化性质就得到了明显的改善。由于土壤理化性质的改善,反过来又促进了绿肥根际微生物的生长繁殖。据测定,花生根群中心土壤大于 0.25 毫米的水稳性团聚体为 41.6%,而相距 5 厘米和 10 厘米处则分别为 34.8% 和 16.7%。

(四) 在绿肥根系的影响下,绿肥根区的土壤湿度,一般比根外土壤的高 1—2%;土壤持水量高 3—5%,土壤的酸碱度也常常得到调节。绿肥根系所造成的这些良好影响,都能促进根际微生物的生长繁殖。

## 三、绿肥对根际微生物数量与类型的影响

由于绿肥的种类不同,其根系分泌物与根际条件也不完全相同。就是同一种绿肥,由于生育阶段不同,其根系分泌物与根际条件亦未必完全一样。因此,复杂的绿肥根系分泌物与根际环境条件,造成了对根际微生物数量与类型有多种多样的选择性影响。但是由于目前深入论述的资料还很少,下面只能简述一些带普遍性的或涉及面较广的绿肥根际微生物规律。

(一) 绿肥根际与根外土壤中的微生物数量比例,即根土比率或根/土率。根/土率愈大,说明根际与根外土壤中的微生物数量相差的倍数也愈大。下面表 5—1 中列举几种豆科与禾本

表 5—1 几种绿肥的根际与根外土壤细菌总数比较及其根/土率 (单位: 万个/克干土)

(引自北京农业大学编:《土壤微生物学》, 1961年)

| 绿 肥 名 称  | 根 际 土 壤 | 根 外 土 壤 | 根/土率  |
|----------|---------|---------|-------|
| 三 叶 草    | 2,100   | 40      | 52.5  |
| 燕 麦 草    | 780     | 27      | 29.0  |
| 饭豆 (开花期) | 2,260   | 226     | 10.0  |
| 豇子 (始熟期) | 127.3   | 56.2    | 2.3   |
| 紫 花 苜 蓿  | 710,000 | 6,000   | 118.3 |
| 黑 麦 草    | 420,000 | 4,700   | 90.0  |

科绿肥相对比下的细菌根/土率。

从表5—1中看出: 绿肥不论豆科还是禾本科, 其根际土壤细菌数都远比根外土壤的多。这种情况可说是一个普遍性的规律, 因为许多其它植物也同样有这个规律。

(二) 豆科绿肥的根际与根外菌数比禾本科绿肥的根际与根外菌数为多, 这几乎也是一个普遍现象, 从上列表5—1中可以明显地看出来。这个现象不仅只在一个土层里体现, 还从表土到底土的几个土壤层次中都可以体现出来。

(三) 豆科与禾本科绿肥的根际相比较, 不仅在细菌数量上前者多于后者, 而且在放线菌与真菌数量上亦呈同样趋势 (表5—2)。

表 5—2 金花菜与元麦的根际细菌、放线菌、真菌数量比较 (单位: 万/克干土)

(江苏省扬州地区农科所)

| 处 理      | 细 菌      | 放 线 菌  | 真 菌  | 纤维分解菌  |
|----------|----------|--------|------|--------|
| 单种金花菜    | 7,999.21 | 524.87 | 6.39 | 0.8522 |
| 单种元麦     | 3,712.01 | 327.41 | 2.38 | 0.1744 |
| 金花菜与元麦混种 | 7,808.16 | 524.01 | 4.30 | 2.2470 |

(四) 绿肥根际的土壤微生物类群很多, 细菌、放线菌、真菌、藻类、原生动物和噬菌体等各种微生物都有, 但是其中数量最多的常常是细菌。在细菌这一大类群中, 又以无芽孢杆菌占绝对优势。在无芽孢杆菌中, 大部分属于假单孢菌属 (*Pseudomonas*)、农杆菌属 (*Agrobacterium*)、色杆菌属 (*Chromobacterium*)、无色杆菌属 (*Achromobacter*)、节杆菌属 (*Arthrobacter*)、气杆菌属 (*Aerobacter*) 和分枝杆菌属 (*Mycobacterium*)。微球菌属 (*Micrococcus*) 的一些种也有一定数量。在所有这些细菌中, 如固氮细菌 (*Azotobacter*)、根瘤细菌 (*Rhizobium*)、氨化细菌 (*Ammonifier*)、硝化细菌 (*Nitrobacteria*)、反硝化细菌 (*Denitrobacteria*)、硫化细菌 (*Thiobacillus*)、硫磺细菌 (*Thiobacterium*)、纤维分解菌 (*Cellulosedecomposing bacteria*)、白色分枝杆菌 (*Mycobacterium album*) 等是我们所常见的。从表 5—3 中可以大体看出几种绿肥根际微生物的分类数量关系。

(五) 绿肥根际微生物的数量和种类, 也因绿肥的种类与发育阶段不同而有变化。其趋

表 5—3 几种绿肥根际微生物的分类数量关系\*

(引自北京农业大学编:《土壤微生物学》, 1961年)

| 绿肥名称   | 菌落总数 (个) | 菌 落 分 类 数 目 (个) |      |      |       |     |
|--------|----------|-----------------|------|------|-------|-----|
|        |          | 无芽孢细菌           | 芽孢细菌 | 分枝杆菌 | 放 线 菌 | 真 菌 |
| 黑 麦 草  | 800      | 720             | 6    | 50   | 20    | 4   |
| 燕 麦 草  | 1,800    | 1,450           | 5    | 300  | 35    | 10  |
| 一年生三叶草 | 2,200    | 1,670           | 8    | 500  | 15    | 2   |
| 苜 蓿    | 3,200    | 2,700           | 15   | 450  | 35    | 1   |

\* 稀释倍数 1000:1。

势是: 绿肥生长愈旺盛, 根系分泌物愈多, 根际微生物繁殖的数量就愈大。很多研究材料说明, 根际微生物的旺盛繁殖开始于绿肥生长早期, 而最大量繁殖则在绿肥开花期或略早一些。有时候出现根际微生物生长的两次或三次高峰: 第一次不太高, 出现在绿肥生长早期。第二次是最大的高峰, 出现在绿肥开花期或开花前期。第三次高峰的出现, 多在绿肥种子成熟之前。当绿肥旺盛生长时, 因根系大量分泌物的影响, 根际发育的微生物几乎全是些无芽孢细菌, 放线菌和真菌都很少。土壤中常住的芽孢杆菌属, 在根际的发育量也很小。当绿肥生长后期, 老根数量大增, 老根的表层组织脱落物也增多, 直到以后老根开始死亡腐解时, 根际才出现较多的芽孢杆菌、放线菌和真菌, 且出现一些新的种类。与此同时, 无芽孢细菌就减少, 有些种从中消失。由此可见, 绿肥根系分泌物对土壤微生物的选择性很强。而土壤中的芽孢杆菌、放线菌和真菌, 则大多不以根系分泌物作为主要营养, 却是从参与有机物质的腐解中去获得它们的能量与营养。

(六) 在绿肥根的分泌物中, 也常含有某些对土壤微生物活动有抑制作用的毒物。它们的存在也能造成绿肥对根际微生物的选择作用。例如紫花苜蓿、三叶草和猫尾草的幼苗, 能大量分泌出对纤维素分解细菌有毒性的植物杀菌素类物质。这类物质到绿肥成熟期才完全消失。因此使纤维分解菌在这些绿肥的根际土壤中长期很少出现。一般要到绿肥开花期以后, 才在根际土壤中大量出现。

表 5—4 几种绿肥幼苗的根系提取液对纤维素分解强度的影响

(引自姜隆后等编:《微生物在土壤养分转化中的作用》, 1962年)

| 提取了幼苗根系浸提液的绿肥名称 |  | 纤 维 分 解 百 分 率 (%) |          |
|-----------------|--|-------------------|----------|
|                 |  | 对照 (未加幼苗根系提取液)    | 加幼苗根系提取液 |
| 苜 蓿             |  | 12.2              | 7.4      |
| 三 叶 草           |  | 12.2              | 1.2      |
| 猫 尾 草           |  | 12.2              | 10.0     |

## 第二节 土壤微生物对绿肥的作用

### 一、土壤微生物在绿肥根系营养中的作用

#### (一) 土壤微生物对绿肥根系中有机物质的分解作用

绿肥根系中的有机物质,有根系死亡脱落的有机残体,植株死亡留下的茎叶残骸,绿肥前茬遗留在土壤中的蒿秆和根系,人工施入的各种有机肥料,绿肥根系分泌的各种有机物质,自然进入土壤的动物残骸,大量微生物群体的死细胞等等,都是绿肥根系间的有机物质来源。

有机物质依其成分不同,可以分为含氮的与不含氮的两大类。前者如各种动植物细胞中的蛋白质和几丁质等;后者如各种植物体内的淀粉、糖、果胶、纤维素、半纤维素和木质素等。任何一种有机物质在土壤中,都有其相适应的微生物种群去分解它们,成为可以被绿肥根系直接吸收利用的各种氮、磷、钾与微量元素等速效养分。例如在种植绿肥的土壤中,存在着许多能分解蛋白质或其它含氮化合物的氨化细菌类群,它们分解土壤中的各种含氮有机物,最后转化成可供绿肥直接吸收利用的速效氮——铵态氮。与此同时,有机质中的磷、钾、钙、镁、硫、铁及其它微量元素也在分解转化中释放出来,同样直接供绿肥根系吸收利用。所以土壤微生物对绿肥的第一个作用是把土壤中的有机物质转变成为绿肥的营养料。当然,某些微生物的代谢产物或植物的根系分泌物,如一些氨基酸,一些维生素或其它生物活性物质,有的是些简单的有机化合物,它们可以被绿肥根系直接吸收,而无须通过微生物分解即可利用,这是另外一个问题,当不在此讨论。

#### (二) 微生物对绿肥根系土壤中某些无机化合物的转化作用

绿肥的根际和根外土壤中,还存在一些能将铵进一步氧化成硝酸的硝化细菌。也存在一些能氧化还原态硫化物(包括硫化氢、亚硫酸盐、硫化硫酸盐及多硫磺酸盐)的硫化细菌。由于这些细菌的代谢活动,可以提高绿肥根系与根外的硝酸盐和硫酸盐的浓度,使绿肥的氮素营养得到改善。尤其值得注意的是:有些绿肥根系的土壤中,还存在一些能分解难溶性无机态磷、钾,使成为速效性磷、钾的所谓“无机磷细菌”与“钾细菌”。人们为了提高磷矿粉或钾长石的肥效,就从土壤中筛选出解磷或解钾能力强的菌种来,扩大培养繁殖后,再与磷矿粉或钾矿粉一道施用。例如山东农学院(1971)曾分离出无色杆菌属(*Achromobacter*)中一种能明显溶解磷酸三钙和磷矿粉的细菌。还有其它农业科研单位曾分离出能分解钾长石和云母等难溶性矿质钾的硅酸盐细菌(即钾细菌)。湖南省土壤肥料研究所(1974)曾在烟草根际中分离出一株既能分解土壤中难溶性钾,又有刺激农作物生长和促进豆科植物结瘤增产的假单孢菌属(*Pseudomonas*) 8—1号菌株。诸如此类的微生物群体,它们在许多绿肥的根区土壤中都可以正常发育。例如国外早有资料报道:生长173天的蚕豆、草木樨和油菜,其根系土壤(克干土)中的放射假单孢菌数分别为164万、282万、364万。而未种绿肥的休闲地土壤中则只有42万。

以上所述这些解磷解钾的微生物，它们以其代谢活动中产生的酸类或酶类，促进了土壤中难溶性磷、钾和其它矿质元素的分解。对改善绿肥根系的磷、钾营养常常起着积极作用。

### (三) 土壤微生物的分泌物对绿肥的促长和刺激作用

栖居在绿肥根系土壤中的微生物，特别是各种根际细菌，许多能够合成多种生长素、维生素或刺激素等有效物质。例如许多极毛杆菌属的根际细菌，就是多种维生素的产生菌。诸如荧光极毛杆菌、放射极毛杆菌、草生极毛杆菌等都能合成并向周围环境中分泌维生素 $B_1$ 、促生素、维生素 $B_6$ 和烟碱酸。桔黄极毛杆菌合成硫胺素和促生素的数量比其它一些极毛杆菌所合成的都多。丁酸梭菌也分泌B族维生素和有机氮化物。一些放线菌产生维生素 $B_{12}$ 。自生固氮菌在固氮过程中也生成一些硫胺素、核黄素、维生素 $B_{12}$ 和吡啶乙酸等。根系土壤微生物合成的这些有效物质，对绿肥的生长都可产生不同程度的促进和刺激作用。

## 二、土壤微生物在绿肥腐解过程中的作用

绿肥腐解过程中微生物的变化是非常复杂的，因为它受着多种因素的影响。首先，在水田的淹水状态下翻压绿肥，与旱地通气状态下翻压绿肥相比较，其微生物区系就有较大的分别。其次，绿肥的种类不同，其结构与组分也不同，例如禾本科绿肥与豆科绿肥，它们在腐解中所引起的微生物变化亦不同。就是同种绿肥，如果利用时间不同，其结构与组分仍然有别。另外，绿肥腐解过程中的环境条件，诸如土壤温度、水分、质地、肥力、酸度、施肥和通气状态等更是千差万别，所导致的微生物变化也必然更多。但是目前对绿肥腐解的微生物过程在许多细节上还不很清楚，所以在下面只能从绿肥残体的有机质组成与参加腐解的主要微生物种类等方面，对土壤微生物在绿肥腐解过程中的作用作简要概述。

### (一) 绿肥残体中的有机物质种类

一般情况下，组成绿肥残体的有机物质约可分为以下几类：

1. 有机酸、单糖、双糖及淀粉类等较易分解的不含氮的有机物质。常存在于新鲜的绿肥残体中。当新鲜绿肥置于露地时，这类有机物质容易被雨水淋洗出来进入土壤，并最先被各类土壤微生物所分解。当稻田绿肥在淹水状态下翻压入泥时，这类有机物质也首先被浸提到水中。

2. 蛋白质类含氮有机物质。组成绿肥机体的最小单位是细胞，细胞内含物的主要成分一般是蛋白质和糖类，它们是构成绿肥机体最主要的物质。但是随绿肥的种类不同和同种绿肥的生育期不同，蛋白质的含量常有显著差异。例如豆科绿肥中的蛋白质含量就远比禾本科绿肥中的高；幼嫩绿肥中的蛋白质含量也远比老熟绿肥中的高。

3. 半纤维素、果胶和树脂类多糖：也是组成绿肥机体的重要有机物质。其中半纤维素在一年生和越年生的绿肥中含量很高，常占植株干重的25%以上。果胶一般含量都不高。像禾本科绿肥的根、茎残体中，果胶含量也不过1—2%左右。它们主要分布在茎、叶、根等组织的细胞间层中。

4. 纤维素类多糖：是组成绿肥机体的主要有机物质。特别是老熟的绿肥茎秆及根中，纤

维生素含量更高一些,几乎占机体干物重的50%。

5.木质素及其衍生物:这类有机物质也是组成绿肥机体的重要成分之一。它们在一年生或越年生的绿肥体内含量较低,在二年生或多年生的绿肥体内含量高一些。在二年生或多年生灌木绿肥的茎秆中,或成熟的禾本科绿肥蒿秆和干草中,它们的含量更高,常达植株干重的15—20%。

绿肥体内的有机物质,除上述五类以外,还有脂肪、蜡质、磷脂、甾醇类化合物和生物碱与有机碱等。

## (二) 绿肥腐解过程中的主要微生物种类及其分解产物

1.分解有机酸和糖类等不含氮有机物质的微生物:当土壤处于好气状态时,分解糖类的微生物种类中,霉菌常占一定的优势(特别是毛霉目)。霉菌氧化分解糖时,常形成葡萄糖酸、柠檬酸、草酸、蚁酸、琥珀酸等许多类型的氧化中间产物。此外,好气细菌也是一类重要成员,常占土壤异养细菌的80%以上。它们分解糖时,除形成二氧化碳和水外,也同时形成各种中间产物:如丙酮酸、乳酸、乙醛、乙酸等。还有所有的土壤放线菌几乎都参加糖的分解活动。

当土壤处于嫌气状态时,糖类主要由专性的、兼性的嫌气细菌和酵母菌进行分解。但是某些被称为好气性的芽孢杆菌:如枯草杆菌(*Bacillus subtilis*)、蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)等,在嫌气情况下也能进行分解糖的活动,不过它们此时常常失去形成芽孢的能力。糖的嫌气发酵结果,也形成各种有机酸、醇、酮等中间产物及氢和二氧化碳等气体。

土壤中绝大多数异养微生物类群,都在一定程度上可以利用糖类分解后的中间产物,即一些简单的有机酸或醇类。特别是好气性细菌中的假单胞菌属(*Pseudomonas*)、固氮菌属(*Azotobacter*)、根瘤菌属(*Rhizobium*);真菌中的曲霉属(*Aspergillus*)、青霉属(*Penicillium*)、毛霉属(*Mucor*)和镰刀霉属(*Fusarium*)的许多种群都具有这类同化能力。在嫌气情况下,有机酸、醇主要由专性和兼性的嫌气细菌继续进行分解。

2.分解蛋白质类含氮有机物的微生物:蛋白质不论是简单蛋白质还是结合性蛋白质,其主要部分都是由氨基酸组成的大分子结构物。分解蛋白质类含氮有机物的微生物,都是些具有氨化作用的微生物,它们的共同特点是能生成蛋白质水解酶。蛋白质水解酶可粗分为两大类:①蛋白酶——这群酶通过一系列的分解作用将天然蛋白质大分子分解成较小的片段,即分解成含有两个以上氨基酸分子的多肽。②肽酶——这群酶能将二肽、三肽及其它多肽的肽键断裂,释放出氨基酸来。

土壤中能生成蛋白质水解酶的细菌很多。最活跃的种类,如蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、马铃薯芽孢杆菌(*Bacillus mesentericus*)、巨大芽孢杆菌(*Bacillus megatherium*)、多粘芽孢杆菌(*Bacillus polymyxa*)、溶组织芽孢杆菌(*Bacillus histolyticus*)、普通芽孢杆菌(*Bacillus vulgaris*)、荧光杆菌(*Bacillus fluorescens Trevisan*)、铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)和腐败假单胞菌(*Pseudomonas putrefaciens*)等,它们都是土壤中常见的氨化细菌。土壤真菌和放线菌的许多种类,如青霉菌、曲霉菌、复端孢属

(*Cephalothecium*) 的一些种类, 也能强烈地分解天然蛋白质。

3. 分解半纤维素和果胶类多糖的微生物: 半纤维素的组成成分中, 含量最高的常常是一些多缩戊糖或多缩甲基戊糖、多缩己糖、多缩糖醛酸。在土壤中分解半纤维素的微生物, 大都具有适当的半纤维素酶。如米曲霉 (*Asporizae*) 体内分离出的多缩木糖酶。瘤形多子座菌 (*Myrothecium verrucaria*)、球毛壳霉、放线菌属和小单孢菌属一些种类所产生的多缩甘露糖酶、多缩甘露糖-多缩半乳糖酶、多缩阿拉伯糖酶; 细菌产生的多缩半乳糖酶等都是。分解半纤维素的微生物主要是真菌、放线菌、粘菌 (*Myxomycetes*)、粘细菌及其它类群细菌。

按照果胶的化学特性, 可以分为原果胶、可溶性果胶与果胶酸三类。分解绿肥残体中果胶物质的土壤微生物, 主要是细菌和真菌的一些种类, 它们都具有形成果胶分解酶的能力。细菌中常见的种类有芽孢杆菌中的枯草杆菌、马铃薯杆菌、多粘芽孢杆菌、软化芽孢杆菌 (*Bacillus macerans*)、微嗜氮芽孢杆菌 (*Bacillus oligonitrophilus*)、短小芽孢杆菌 (*Bacillus pumilus*) 等; 真菌中常见的种类有: 黑曲霉、米曲霉、灰绿青霉 (*Penicillium glaucum*)、蜡叶芽枝霉 (*Blastocladia*) 和毛霉属中的一些种类。

4. 分解纤维素类多糖的微生物: 绿肥植株中的纤维素也是一类大分子的有机物质。在遭受土壤中微生物分解时, 基本上循着两个阶段变化: ①纤维素水解成简单的糖类。②糖类被继续氧化分解。分解纤维素的微生物都能产生纤维素分解酶。当它们参与第一阶段的分解时, 纤维素可能被完全水解而主要形成  $\alpha$ -葡萄糖; 也可能不被完全水解而主要形成纤维二糖。当纤维素分解酶将纤维素水解成简单糖类后, 糖类被微生物吸入细胞内部, 然后按一般糖类氧化方式而进行再分解。

能形成纤维素分解酶的微生物种类, 在土壤微生物区系中所占比例不大。但在所属各科属中几乎都有其代表种。土壤中存在很多的和常见的好气中温性纤维素分解微生物, 有表5—5中所列一些。

表 5—5 好气中温性纤维素分解微生物\*

(Alexander, 1977年)

| 真 菌                      | 细 菌                            | 放 线 菌                            |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| <i>Alternaria</i> (交链孢霉) | <i>Bacillus</i> (芽孢杆菌)         | <i>Micromonospora</i> (小单孢菌)     |
| <i>Aspergillus</i> (曲霉)  | <i>Cellulomonas</i> (纤维单孢菌)    | <i>Nocardia</i> (诺卡氏菌)           |
| <i>Chaetomium</i> (毛壳霉)  | <i>Clostridium</i> (芽孢梭菌)      | <i>Streptomyces</i> (链霉菌)        |
| <i>Coprinus</i> (鬼伞)     | <i>Corynebacterium</i> (棒杆菌)   | <i>Streptosporangium</i> (孢囊链霉菌) |
| <i>Fomes</i> (层孔菌)       | <i>Cytophaga</i> (噬纤维菌)        |                                  |
| <i>Fusarium</i> (镰刀菌)    | <i>Polyangium</i> (多囊菌)        |                                  |
| <i>Myrothecium</i> (漆斑菌) | <i>Pseudomonas</i> (假单孢菌)      |                                  |
| <i>Penicillium</i> (青霉)  | <i>Sporocytophaga</i> (生孢噬纤维菌) |                                  |
| <i>Polyporus</i> (多孔菌)   | <i>Vibrio</i> (弧菌)             |                                  |
| <i>Rhizoctonia</i> (丝核菌) |                                |                                  |

(续)

| 真 菌                        | 细 菌 | 放 线 菌 |
|----------------------------|-----|-------|
| <i>Rhizopus</i> (根霉)       |     |       |
| <i>Trametes</i> (栓菌)       |     |       |
| <i>Trichoderma</i> (木霉)    |     |       |
| <i>Verticillium</i> (轮枝孢霉) |     |       |
| <i>Eygorhynchus</i> (接霉)   |     |       |

\* 上表的中译名是编者加的。

在厌氧条件下,分解纤维素的主要细菌是芽孢梭菌属(*Clostridium*)的一些种。至于好热性纤维分解微生物,细菌中常见的一种为厌氧性嗜热纤维芽孢梭菌(*Clostridium thermocellum*)、放线菌中有链霉菌属(*Streptomyces*)和小单孢菌属(*Micromonospora*)中的一些种。真菌中有好热真菌(*Thermomyces*)。

5. 分解木质素及其衍生物的微生物:木质素是绿肥残体中最难分解的部分。好在一年生和越年生的豆科绿肥中木质素的含量较低。木质素在绿肥残体中含量的多少,特别是在含纤维物质中含量的多少,显著影响着残体的微生物分解速度。例如:在木质素含量高达15%时,纤维素的分解就会显著降低。在含量为20—30%时,纤维素分解特别缓慢。在木质素含量为40%时,残体中的纤维素几乎不能被一般的土壤微生物所分解。

分解木质素的微生物以土壤真菌占优势。而土壤真菌中又以担子菌的分解能力最强。其它纲的真菌能分解木质素的有乳酸镰刀菌(*Fusarium Lactis*)、雪腐镰刀菌(*Fusarium nivale*)、木素木霉(*Trichoderma Lignorum*)及链孢霉、曲霉、青霉中的一些种。好气细菌中也有能分解木质素的种类,活跃的有:极毛杆菌、节杆菌、黄杆菌、小球菌及黄极毛杆菌中的一些菌株。

### 第三节 土壤固氮微生物与绿肥的共生固氮关系

土壤中广泛分布着多种类型的固氮微生物。有细菌、放线菌和藻类;有自生的、共生的和结合性共生的。它们中有一些和多种绿肥建立的共生固氮关系,对丰富土壤氮素,提高农业生产,增加绿肥的利用价值,都具有非常重要的作用。其中以根瘤菌与豆科绿肥的共生固氮关系最为突出,这个共生固氮体系既在自然界的氮素循环中占居重要地位,也在农业生产中久已得到广泛利用。还有放线菌等其它固氮微生物与非豆科绿肥的共生固氮关系、固氮蓝藻(蓝细菌)与水生绿肥—绿萍的共生固氮关系,也是很值得研究和利用的。此外,本世纪六十年代中期,开始陆续发现某些禾本科野生绿肥(或牧草),例如点状雀稗(*Paspalum notatum*)、俯仰马唐(*Digitaria decumbens*)等的根系上,有固氮细菌或固氮的含脂刚螺菌生活在根系的粘质鞘套内进行固氮。这时的固氮作用比在根外土壤中单独生活时要强,这种类型现在通称为结合性共生固氮。本节着重对根瘤菌与豆科绿肥之间的共生固氮关系进行论述。