

混农林业技术及推广

混农林业推广员培训

西南林学院 昆明 中国

世界自然基金会 格兰德 瑞士

一九九二年六月

前 言

混农林业培训项目分两个层次进行。

第一层次培训混农林业的推广员，他们将去培训农户。这个层次的课程设置涉及面广，包括如西双版纳文化和植物固氮基础，这些广泛的基础课将使受训者以可行的方法教给农民关于混农林业系统的基础知识。

第二层次的培训为满足农民的实际需要而设。

第一阶级的培训在西南林学院和西双版纳进行。

第二阶级的培训将在整个西双版纳州进行。

作者：瓦德利

固氮植物简介

为什么种植固氮树

目的

培训者应了解固氮树种的重要性及其适应性；它们所提供的有价值的产品和用途，及其与非固氮树比较，种植固氮树的优缺点。

背景

植树造林是一种世界性的民众活动。人们通过造林，不断获得由树木和森林提供的许多产品和服务。

固氮和非固氮树种都能适应多种立地条件，选择何种类型的树造林依赖于造林地条件及农民的需要。

西双版纳重要固氮树种概况

目的

培训者要知道重要固氮树种种类；它们的用途和特点；及其对环境的要求。

背景

迄今为止，已知的固氮树种大约有640个，这些树种主要是由部分豆科树种组成。其中含羞草亚科(Mimosoideae)和云实亚科(Caesalpinioideae)内具有固氮能力的树种较多，

Papilionaceae

Celastraceae

分别为98%和60%，蝶形亚科植物也有30%的树种具有固氮能力。此外，在桦木科、杨梅科、木麻黄科、金棒科、马桑科、胡颓子科、鼠李科、蔷薇科、榆科和萨米阿科等10个科中也有固氮树种。随着对西双版纳树种的不断测试，将会发现更多的树种具有固氮能力。据估计，西双版纳大概有275个树种具有固氮能力。

总 结

世界上不同地区或同一地区的不同气候型都拥有各自的原产固氮树种。人们正在利用这些树种作为木材、薪炭、饲料、绿肥、食物以及其它产品和用途。不可避免地还有许多具有同等价值的其它树种^或没能在本书中刻出，也许它们会最终成为其它地区^倍受欢迎的树种。

问题与练习

- 1、你区有那些乡土固氮树种，了解这些为什么很重要。
- 2、本章所列的树种有没有在你区引种试验？引种成功了吗？
- 3、在你所学过的固氮树种或种类中，你喜欢在你区试种哪一种？
- 4、未能列入本章中的你区重要固氮树种^中还有哪些？它们是怎么利用的？

农、林业与氮

目 的

本章的目的是让培训者了解氮在农业和林业中的重要性，氮是怎么循环的，以及农业和林业是怎么利用氮的。

背 景

氮不仅是蛋白质和其它重要物质的组成元素，也是农、林系统经常缺乏的营养元素。缺氮不仅会限制植物或树木的生长，减少产量、降低饲料和果品的质量，严重的甚至会导致颗粒无收。

氮 源

土壤中的氮来源于降雨，尘埃，动物和人类粪便，以及固氮微生物固定的气态氮。固氮微生物有些象蓝藻和某些细菌等能独立生存；其它的，象根瘤菌属和弗兰克氏菌属的放线菌类与植物形成互利的共生关系，它们能浸染根毛，使根膨大而成根瘤，向植物供应氮并从植物中获取碳水化合物。一般，每公顷豆类农作物平均每年可固定45~225公斤氮。而一些固氮树类每年每公顷可固氮500公斤以上。

营养循环与损失

加入一个系统中的氮，既能在该系统中再循环，也能从该系统中损失。在系统中，动植物残体分解释放出铵，铵通过土壤硝化细菌的作用，变成亚硝酸根，亚硝酸根再转变成硝酸根。这种从铵变

成硝酸根的过程叫氮的硝化作用。当铵或硝酸根被植物吸收时，氮便进入再循环过程。

土壤中不仅存在硝化细菌，同时也存在反硝细菌。在动植物残体分解释放出来的氮中，每年由于反硝化细菌的作用，大约有10%的氮变成气态氮而从系统中损失。此外，雨水的浸蚀与淋溶也会损失一部分氮。^{热带雨林}

不同气候区内的系统，其氮损失的快慢程度会不同。热带土壤系统就较易失去其营养成分。在热带，温度高，微生物活动能力强，有机质分解快。加上热带降雨量大，会通过^{淋溶}渗流溶走这种典型酸性土壤中大量的氮。但热带雨林树种，象其它贫氮地区的树种一样，经过长期的进化，已获得了减少肥力损失的方法。如根系大量地密集于表层土中，能很快吸收养分；再与真菌根瘤菌共生，加强了吸收养分的能力；深根层的根能吸收淋溶到深层土壤中的营养；叶子粗糙且寿命长，增强了抗虫性和避免了叶子^{脱落}轮^换造成的营养损失；同时，土壤中的低PH值与高单宁含量也限制了反硝化细菌的活动。

如果毁去这种雨林而从事农、林、牧业的话，就会失去赖以保持土壤肥力的机制。因为，砍去占一个系统大部分营养成分的树木，就意味着该系统失去了营养循环的营养库。新的农、林^{系统}系统在营养再循环上常常不如原雨林。特别是在新的农业系统中，根系密度相对较低，吸收营养的效率更差，加上有机质裸露多，更加速了其分解速度，导致养分易被浸蚀、淋溶，挥发而损失。

氮在农业系统中的作用

传统的刀耕火种式农业，利用森林本身作为营养源，解决养分损失问题。即通过炼山，烧毁森林，利用树木的残灰增加有效营养

成分。用这种方式可保证炼山后几年时间内能获得单位劳动较高的收成。几年后，由于肥力降低，杂草和病虫害增多，单位劳动的收益会~~不~~下降。农民们便放弃这块已贫瘠的土地，又去开辟一片新的种~~地~~地。而那片~~垦~~荒地，随着时间的推移，慢慢地长树成林，不断地积累养分。到一定时期又被开垦。这样不断地循环往复以维持传统农业的耕作方式。

随着永久性农业的不断发展，人们找到了保持土壤肥力的其它方法。如把作物的~~剩~~余物回归土壤以帮助养分再循环；用控制浸^淋蚀的方法防止肥力的流失。在热带农业中，利用动物粪便补充养分和保持作物的产量，不失为一种有效的方式，由于很多人用它作燃料，加上收集和施肥困难，给利用粪肥带来了一些问题。如将家畜圈起来，就会很容易地获得粪肥。

此外，固氮植物能向其它作物供应氮营养。豆科植物每年固定的氮可供其后续作物利用。就谷类豆科作物而言，当豆荚收获后，很大部分氮被带走，如果豆叶又被当作饲料，更多的氮会被失去。在植株含氮量最高时翻耕，能提供较多的氮；但与其成熟时总氮含量相比，又较少。许多农民宁愿施加等量的氮肥或粪肥而利用种绿肥的季节去种其它作物。也有些贫穷的农民，没有多余的土地和粮食，不愿意用耕作季节种绿肥。还有许多没有家畜或拖拉机的人，常常存在把绿肥掺合入土的问题。

作为牧草的豆科植物对农民和家畜能提供更直接的利益，也能向后续作物提供氮肥，但也存在需要机械把它们混合到土壤中的问题。在与谷类作物轮作或后者同时间作一些一年生耐阴豆科植物时，被翻进土壤的牧草豆科植物能促使作物和绿肥同时生长。这种间种绿肥与土质肥沃的地块^相比，在对玉米的试验中，产量没有明显的差异。

无机氮肥

自一九四〇年以来，无机氮肥的产量及其在农业中的应用增加很快。施用这些高肥力化肥与单独施用有机氮肥相比，能获得更高的产量。发展中国家在一九六五年与一九七六间，作物产量增加的55%归功于施肥量的增加。在七十年代初期，发达国家对农作物的施肥量与低收入国家施肥量之比为5.5:1，但到一九八〇年，前者只有后者的2.2倍。

尽管如此，化肥还远没有满足需求。一些国家既没有生产化肥的天然资源，又没有外汇购置大量的化肥。即使是有化肥的国家，农民也常无钱购买。随着化肥的涨价，已使更多的穷国和农民无力购买，如在非洲地区，耕作地平均化肥用量是每公顷1公斤。同时，许多农民也不知道化肥的使用，浪费现象严重，更甚者，施肥不当而烧死作物。

生物固氮的复兴

由于无机化肥存在的问题，生物固氮的好处，如固氮量大和能抑制土壤浸蚀等，重新受到重视。目前利用的生物固氮系统有：用固氮植物作荫棚，利用田间小道，作绿肥和作堆肥。农作系统中有一个利用生物固氮的例子：即用除草剂和手播器种植牧草豆科植物靴刺藤作为活地被物。经过六个栽植季节的栽植表明：由于复盖物能增加养分和有机质，同时减少土壤浸蚀。用这种方法获得的玉米产量与每公顷施加120公斤化肥氮的常规耕作法产量一样。但有几个反馈信息表明：利用活复盖物生物固氮系统，必须具有机械种植器或撒播器。同时应对除草剂知识及复盖植物的管理有所了解。

生物固氮与无机氮肥相比，供氮更规则，而且这种氮不易挥发，淋溶和损伤作物。固氮植物的落叶也不停地增加了土壤有机质。因此，利用生物固氮对那些难得到化肥的人们很方便。有时其单位面积产量能达到那些加同等化肥氮的耕作地。即使产量不如后者，要获得高产需施化肥也较少。利用生物固氮存在的问题是：固氮植物与作物之间对光、肥（包括氮）、水的竞争及其对机械化的影响。

氮在林业系统中的作用

从历史上看，氮在林业系统中不如在农业系统中重要。一般树木对氮的需求较农作物低。而且，缺氮对树木来说只起到延缓生长而不妨碍生长。

在温带，森林生长缓慢和长的轮伐期，也不易导致养分的损失。同时，由于施肥的不确定反应和长的轮伐期延缓了资金的回收，一般认为：对林业的这部分投资不太合算。一个可以选择的方式就是栽植对肥力要求不高的树种。这时，尽管固氮树种可能需要非氮肥料，它们往往还是较佳的候选树种。

一些地区的慢性缺氮又迫使林业工作者施肥。于是从50年代起，林业施肥开始广泛起来。研究表明：即使看起来良好的森林地带，施肥也能获得明显的收益。那些皆伐或轮伐期短的种植园，肥力易于流失，对施肥的效果更加明显。同时，施肥使得速生种植园收获期变短，也增加了施肥的经济效益。据统计，1980年，全世界大约有一千万公顷施肥的森林。

林业上常用水土保持技术，粪肥、生物固氮和无机肥来保持和增加土壤氮和其他营养成分。同时利用合理的筑路和砍伐方式减少

浸蚀；留下剩余物和树叶以保留很大一部分养分。此外，由于粪肥既重且体积大，只适合于苗圃和宅地混农林业，而不适宜大部分森林地区。

无 机 肥

人们常把无机氮肥和磷肥与泥土混合放入种植穴底部以利^于早期生长。一般施肥量为每公顷氮150~300公斤，磷50公斤。由于无机氮易于吸收，淋溶和挥发。因此，必须在一片林木的轮伐期内的^于大部分生长季节中，不断地重复施肥，才能获得丰产。

林 业 中 的 生 物 固 氮

在林业生产中，有些先种植固氮植物改良土壤，然后再植目标树种。然而，就一块^地荒来说，首先应种树，即使需要施肥，它的经济收入也常比先种绿肥来得快。

若间种固氮树种，不仅可提供氮，同时也能提供其它营养成分。与无机化肥相比，生物氮不仅释放慢，也不易挥发受损，而且让凋落物自然降落能达到重复施肥的目的。许多实验证明：尽管树木生长对生物氮反应慢，但生物氮在增加树木材积上等于或优于同等量的无机化肥。

有效的管理措施和适地适树是间作固氮树种成功的关键。由于缺乏关于大多数固氮树种与其它树种间作的生态及造林知识。要选择合适的固氮树种非常困难。

至于田间小径固氮系统，固氮树会与目标种竞争和给机械化造成困难。在比较生物氮和无机氮的经济效益时，必须考虑建立和维

持生物固氮系统的费用。

经济分析已证明：在种植园中，生产相同材积的木材，用无机氮比生物固氮方法便宜。但小规模林木种植者一般太穷，无力购买无机肥，利用生物固氮是其唯一可行途径；而生物固氮树又能向他们提供多种产品。这样，对他们来说，难以从经济上比较无机氮与生物固氮方法的好坏。

其它营养成分

在农、林业上，要获得好收成，除施氮肥外，还要施加磷、钾肥。磷酸是光合作用不可缺少^的物质，钾则能增加植物细胞的渗透压，有利于植物吸收水分和提高抗旱性。

土壤中的有效磷一般很少，酸性土壤缺磷更加严重。因而，在热带土壤中，磷是最常见的限制性营养元素；对豆科植物来说，也不例外。要增加土壤中的有效磷，可直接施加磷肥，也可施石灰，提高土壤PH值，使土壤中的固定态磷变成有效磷。

其它重要大量营养元素有钙（是酸性土壤中限制树木生长的常缺元素）、镁、硫、锰、铜、锌、钼、硼、氯和铁。

土壤中缺少何种营养成分，可通过土壤分析和叶片营养测定来确定。

总 结

氮是任何植物的必须营养成分。自然系统通过尘埃，降雨和固氮微生物获得氮；又通过收获农、林产品而失去部分氮。只有补充自然系统中失去的氮，才能继续获得丰收。农民和林农所用的无机

氮肥，粪肥和生物氮，每种都有各自的优缺点。

问题与练习

- 1、你区农民一般如何保持和增加土壤含氮量？
- 2、绘出氮循环示意图，并向另一个培训者解释？
- 3、分成小组，根据你区一农民或种树者的观点，讨论施无机肥与利用生物固氮的优缺点？

生物固氮管理

共生固氮入门

目 的

培训者将从本节中了解到两个基本固氮类型，固氮特性，共生和固氮树固氮的重要性。

背 景

在热带，氮是植物丰产的最主要限制营养成份。活生物体用氮合成蛋白质——包括催化各种重要生物反应（如生长，呼吸和光合作用）的酶。尽管所有植物都需要氮。但自然界中能被植物利用的有效氮量很少。

大气是最大的氮库，大气成份的80%是氮气。但是，动植物无法利用这种氮气。他们只能利用与其它元素（象氧）的结合态氮。比如，树木吸收的硝酸根就是一种结合型氮。通常，能被植物吸收的各种氮化物总量有限。这就是为什么要在人工或自然生态系统中施加氮肥，才能提高生物量。

有些微生物能利用大气中的分子氮作为其主要氮源，如细菌蓝藻的部分种和细菌状放线菌类能还原分子氮成氨，然后利用氨合成氨基酸 蛋白质含物质。这种把分子氮变成有效氮的过程叫生物固氮。

固氮系统类型

固氮细菌可分为自生和共生两个类型。前者如光合细菌和蓝藻，

它们生活在盐碱滩和水域环境中，也有很多生长在土壤中。由于固氮是一个需能过程，而自生固氮菌常生活在缺少高能化合物的环境中。因此，自生固氮菌通常固氮不多，每年每公顷少于10公斤。

共生固氮微生物与高等植物常形成共生关系。这样的例子有：蓝藻与水生蕨类满江红属的共生；放线菌类与赤杨属、木麻黄属，蜡果杨梅等的共生；以及根瘤菌和豆科植物的共生。后者不仅包括作物和饲料种类，也包括很多的灌木和乔木种类。由于共生常是互利的，因此共生固氮微生物固氮量要比自生固氮微生物大得多。

共生固氮特性

以根瘤菌和法兰克豆树共生现象为例来说：根瘤菌首先感染法兰克豆树的根，刺激根形成瘤状结构。然后，根瘤菌在瘤内增殖和固氮。部分氮转移给法兰克豆树，而法兰克豆树则为根瘤菌提供适宜的固氮环境和能量——碳水化合物。所以，它们这种共生是互利的。

固氮树固氮的重要性

固氮树的生长，象大多数植物一样，需要氮。对施加的氮肥反应明显。然而，那些种植固氮树的，不管是小农场还是大种植园，都不可能有力和物力施加足够的氮以获取最大丰收。

固氮树种所具有的固氮能力使得它们能在贫氮土壤生态系统中生长发育。这就是为什么它们能在雨林和荒地这样的贫氮自然生态系统中占优势的原因。而通过固定得来的氮比肥料中的氮具有更多的优点。因为固定氮不象肥料氮那样易被淋失，而是很容易变成生

物量。此外固定氮能100%地被植物利用，而肥料氮的利用率很少超过50%，一般只有30%。

固氮树固定的氮估计每年每公顷从几公斤到几百公斤不等。但是，这种估计有待最近产生的田间固氮的精确测定方法的验证。尽管有关固氮树固氮量的资料很少，但两个研究表明：固氮不仅是固氮树本身氮的重要来源，而且也是它所在的生态系统中氮的重要来源。

固氮树: *Glycyrrhiza* *Pithecellobium* etc.
豆科树: (*Inga* *Luzidor*) *Albizia* *Luzidor*
木豆树

特殊生态系统中固氮树固氮的重要性

这是一个关于种植固氮树的农业生态系统的例子。在墨西哥咖啡种植园内种植豆科树因加 (*Inga inicuill*) 作为荫棚。据罗斯科斯基一九八一年测定，因加每年能固定50公斤/公顷的氮。这相当于其本身每年吸收氮的20%。尽管输入的氮很少，但对咖啡的生态系统却非常重要。因为有效氮对咖啡产量影响很大，而很多咖啡种植园没有或很少施氮肥。这样，由遮荫树因加固定的氮便是咖啡生态系统中的主要氮源，因而也是咖啡产量的重要决定因素。就是在氮肥充足的种植园内，遮荫树能固定部分自身需要的氮，就会把更多的氮留给咖啡树。

总 结

在自然或人工生态系统中，植物产量常受土壤中有效氮的限制。然而，包括固氮树种在内的一些植物能与有固氮能力的微生物形成有益的结合，这种互利的结合叫真共生。在这种共生体系中，植物从中获得细菌固定的氮，反过来，细菌从植物中获得适宜的环境，

能源和植物固定的氮。豆科植物（包括很多乔木种类）与根瘤菌的共生体系，可能是众所周知的例子。据估计固氮树每年每公顷可固氮一至几百公斤。这种固氮能力使得固氮树种能在低氮地区生存，也说明了它们能成为热带优势树种的原因。

问题与练习：

- 1、大气中含有80%的氮，为什么还说氮是植物产量增加的最常见限制性因素？
- 2、什么是共生现象？
- 3、什么是固氮？
- 4、举出一个共生固氮的例子并绘图说明。
- 5、一颗具有固氮能力的树是怎样使自然或农业生态系统受益的？

确定是否需要接种固氮树

目的

通过本节的学习，培训者应懂得关于固氮植物固氮的专性、感染性和有效率性等概念，熟悉确定固氮植物需要接种的方法和接种技术的基本要素。

背景

固氮树的固氮能力使它们能在贫氮地区生长和丰产。由于一个

树种吸收的有效氮量能部分地确定其生物产量，因而，固氮树管理的一个目标就是最大限度地增大该树种的固氮量。然而，由于植物固氮是一种共生过程，增加固氮需要考虑寄主植物，共生微生物和共生发生的环境条件。确定共生作用是否达到最大程度非常重要，如果没有达到，是受哪些因子的限制。在以下的内容中，豆科树和根瘤菌的共生体系将作为典型系统进行讨论。

根瘤菌特性

有许多因子能限制固氮过程，其中最主要的一个因子在固氮树生长环境中缺乏足量的合适根瘤菌。一个固氮树种的最佳固氮潜力只有在与它的最有感染性，效率性和专一性的根瘤有共生时才能获得。感染性意指根瘤菌侵入根内和刺激根瘤形成的能力。效率性指与特定寄主植物结合的特定根瘤菌种的相对固氮能力。专一性是指某种豆科树种要求某种根瘤菌才能建立高活力固氮共生关系。

根瘤菌是一种杆状形细菌，存在于大多数土壤中。它们在自然界的广泛存在，是我们在野外观察很多固氮树种存在根瘤的一个原因。然而，在一具体寄主上，各种固氮菌的固氮能力并不一样。而所有的固氮树也不能和所有的根瘤菌形成有效的共生关系。利用最有效的根瘤菌感染固氮树，是最佳共生固氮的关键。

根瘤菌对固氮树的专一性

感染固氮树的根瘤菌属于根瘤菌科的两个属。一个是具有速生特性的根瘤菌属（*Rhizobium*），主要与豌豆、三叶草、苜蓿等温带豆科植物结瘤。这个属与热带树种有明显结瘤的只有银合欢属。