



云南省 土壤培肥技术

YUNNANSHENG

TURANG PEIFEI JISHU

主编 苏 帆



中国大地出版社

云南省土壤培肥技术

主 编：苏 帆

副主编：洪丽芳

中国大地出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

云南省土壤培肥技术/苏帆主编. —北京: 中国大地出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80246 - 168 - 0

I. 云… II. 苏… III. 土壤肥力—云南省 IV. S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 191053 号

责任编辑: 陈 曦

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话: 010—82329127 (发行部) 010—82329008 (编辑部)

传 真: 010—82329124

网 址: www.chinalandpress.com 或 www.中国大地出版社.中国

印 刷: 北京北林印刷厂

开 本: 850mm × 1168mm 1/32

印 张: 4.25

字 数: 100 千字

版 次: 2008 年 12 月第 1 版

印 次: 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1—1500 册

书 号: ISBN 978 - 7 - 80246 - 168 - 0/F · 313

定 价: 25.00 元

版权所有 · 侵权必究

《云南省土壤培肥技术》编写组

主 编：苏 帆

副主编：洪丽芳

编 委：苏 帆 洪丽芳 付利波

郭云周 李洪文 潘艳华

前 言

云南土壤类型多，土地贫瘠。但丰富多样的气候资源，使各种农经作物均可在云南生长，也适合各种畜禽的生存繁衍。丰富的动植物资源，为云南农业生产提供了大量的有机肥源。

有机肥料是云南土壤培肥肥料投入的主体，是农业可持续发展的基础。随着科技的进步、农业生产水平的不断提高，作物从土壤中索取的养分越来越多，必须通过施肥来恢复地力，而化肥含养分浓度虽高，但成分较单一；化肥品种以氮磷肥为主，钾肥甚少，复合肥数量不足；而且目前的常规肥料中大多不含中微量元素，供给作物的养分不平衡，也更加速了土壤养分的失衡。

本书针对云南土壤肥力与培肥存在的主要问题，归纳和总结了云南在有机肥高效利用关键技术方面的相关研究，提出了实用性和针对性强的云南土壤培肥对策，具有综合性和实用性的特点。

本书由苏帆主编，洪丽芳、付利波、郭云周、李洪文和潘艳华共同执笔完成。全书由洪丽芳负责统稿，中国农业科学院徐明岗研究员和李菊梅博士参与了稿件的校阅，云南省农业科学院农业环境资源研究所尹梅和陈华参与了校对。云南省土壤肥料测试中心在有机肥测试方面作了大量工作，云南农业大学汤利教授和郑毅教授在土壤培肥方面作了较深入的研究，本书采用了他们的许多非常有价值的数据和研究结

果，谨此一并致谢。

我们尝试对云南省土壤培肥技术相关内容进行系统归纳，但由于水平有限、时间仓促、内容涉及面广，因此书中难免存在错误和疏漏之处，希望读者提出宝贵意见（电子邮件请发至 gredbean@163.com），以便进一步修订和完善。

《云南省土壤培肥技术》编写组

2008 年 11 月于昆明

目 录

前言	(1)
1 云南气候与土壤概况	(1)
2 云南土壤肥力与培肥存在的主要问题	(2)
2.1 耕地质量差, 中低产田面积大	(2)
2.2 肥料施用结构不合理	(2)
2.3 有机肥资源丰富, 但利用率低	(3)
3 云南有机肥的高效利用技术	(4)
3.1 有机肥的种类和分布	(4)
3.2 有机肥的等级与资源养分含量	(5)
3.3 有机肥的养分含量	(6)
3.3.1 有机肥 N、P、K 养分含量	(6)
3.3.2 有机肥中微量元素含量	(6)
3.3.3 有机肥中重金属元素含量	(9)
3.4 有机肥的利用方式和施用方法	(10)
3.4.1 有机肥的利用方式	(10)
3.4.2 有机肥的施用方法	(12)
3.5 有机肥的施用效果	(12)
3.5.1 粪尿类的施用效果	(12)
3.5.2 堆沤类的施用效果	(13)

3.5.3	草木灰肥的施用效果	(18)
3.5.4	饼肥的施用效果	(20)
3.5.5	土杂类的施用效果	(22)
3.6	有机肥的高效利用技术	(23)
3.6.1	完全的堆腐发酵	(23)
3.6.2	与化肥合理配合	(24)
3.6.3	施用方法和施用时期	(29)
3.7	有机堆肥的快速处理技术	(32)
3.7.1	施用榕风加快有机肥堆腐	(32)
3.7.2	添加牛粪促进有机肥堆腐	(32)
3.7.3	使用福贝缩短西番莲果渣堆腐时间	(33)
4	云南作物秸秆资源现状与利用技术	(34)
4.1	作物秸秆的养分含量和资源量	(34)
4.2	不同作物秸秆还田方法	(37)
4.2.1	玉米秸秆	(37)
4.2.2	小麦秸秆	(37)
4.2.3	水稻秸秆	(39)
4.2.4	油菜与烟草秸秆	(39)
4.2.5	马铃薯秸秆	(39)
4.2.6	绿肥作物秸秆	(40)
4.3	作物秸秆的还田效果	(40)
4.3.1	玉米秸秆还田的效果	(40)
4.3.2	小麦秸秆还田的效果	(43)
4.3.3	水稻秸秆还田的效果	(53)
4.3.4	马铃薯秸秆还田的效果	(55)
4.3.5	油菜秸秆还田的效果	(56)

目 录

4.3.6	烟草(烤烟)秸秆还田的效果	(57)
4.3.7	绿肥还田的效果	(57)
4.4	秸秆直接还田技术要点	(58)
4.4.1	秸秆还田数量	(58)
4.4.2	秸秆翻埋和覆盖期	(58)
4.4.3	氮、磷化肥配合施用	(59)
4.4.4	有害物质的减轻和消除	(60)
5	云南绿肥生产和高效利用技术	(61)
5.1	绿肥的种类及分布	(62)
5.2	不同绿肥适宜品种的特性	(63)
5.3	绿肥的施用方法	(66)
5.4	绿肥的施用效果	(66)
5.4.1	绿肥的增产效果	(67)
5.4.2	绿肥对土壤理化性状的影响	(72)
5.5	绿肥的综合利用技术	(74)
5.5.1	直接翻压技术	(75)
5.5.2	高温堆腐熟技术	(76)
5.5.3	绿肥与无机肥的营养平衡技术	(76)
5.5.4	绿肥套种技术	(79)
5.6	绿肥种植与利用技术领域的研发方向	(79)
5.6.1	绿肥品种开发与利用	(79)
5.6.2	绿肥高产栽培技术研究	(79)
5.6.3	绿肥利用技术研究	(79)
5.6.4	绿肥利用效果研究	(79)
6	云南培育地力的轮作或间套作技术	(80)
6.1	坡耕地可持续耕作利用间作技术 ^[35]	(81)

6.2	滇中高原水浇地一年三熟亩产超吨粮技术	(84)
6.3	农作物多样性间套作技术	(88)
6.3.1	小麦—蚕豆间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(88)
6.3.2	大麦—蚕豆间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(92)
6.3.3	油菜—蚕豆间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(94)
6.3.4	玉米—魔芋间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(95)
6.3.5	烟草—草木樨间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(96)
6.3.6	不同抗性水稻品种间作系统产量优势和 养分吸收利用规律	(98)
6.3.7	玉米—大豆间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(102)
6.3.8	玉米—辣椒间作系统产量优势和养分 吸收利用规律	(102)
6.3.9	肥田萝卜—玉米轮作系统产量优势	(103)
6.3.10	小麦间绿肥—玉米轮作系统产量 优势和土壤理化性质变化 ^[36]	(103)
6.4	轮作施肥技术	(106)
7	云南土壤综合培肥技术	(107)
7.1	旱地红壤改良培肥技术	(107)
7.2	低产胶泥田综合培肥技术	(111)
8	云南土壤培肥对策	(115)

目 录

8.1 加强有机肥资源的开发利用	(115)
8.1.1 坚持秸秆还田	(115)
8.1.2 大力提倡养畜积肥	(116)
8.1.3 大力发展绿肥	(116)
8.2 重视土壤养分平衡管理	(117)
8.3 推动保护性耕作技术的应用	(118)
8.4 推广多熟生物多样性立体种植技术	(118)
8.5 加强高效快速土壤障碍因子诊断技术	(118)
8.6 建立土壤培肥长效机制的技术集成 与运行模式	(119)
参考文献	(120)

1 云南气候与土壤概况

云南地处中国西南边陲，是中国的西南门户。自然资源得天独厚，在国民经济中占有重要地位。云南丰富多样的气候资源，包括寒带、温带、亚热带、北热带、干热河谷几大类型，大部分处在低纬度高海拔亚热带季风气候区，表现出明显的立体性、区域性和高原性，具有光照充足、年温差小、日温差大、干湿季节明显和垂直变化显著的特点。大部分地区的降水在 800 ~ 1300mm 之间，5 ~ 10 月的降水占全年 85% 以上，11 月至次年 4 月降水不到全年的 15%。

云南省土地总面积为 $3.94 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，但耕地中坡地多，平地少，656.75 万 hm^2 可用地中坡度小于 2° 的有 76.81 万 hm^2 ，占 11.69%， $2^\circ \sim 6^\circ$ 的有 85.55 万 hm^2 ，占 13.03%，大于 6° 的有 494.38 万 hm^2 ，占 75.28%。土壤类型主要有 19 个土类、36 个亚类、150 个土属。耕作土壤主要有水稻土、红壤、紫色土、赤红壤、石灰岩土等。其中，红壤系列的土壤占 46.58%，紫色土和石灰岩土占 13.31%，水稻土占 29.36%，其他各类土壤包含的耕地仅占 10%。

由于全省自然条件具有明显的立体性，农业生产的垂直差异十分显著。就全省而言，有高寒层、中暖层和低热层等三种农业类型，每层内的山区、半山区和坝区农业生产也各具特色，立体农业的特征十分明显。多样性的农业生产和丰富的生物资源，为土壤培肥提供了充足的资源。

2 云南土壤肥力与培肥存在的主要问题

2.1 耕地质量差，中低产田面积大

云南 284.54 万 hm^2 耕地中，土壤肥力相对较高的占 21.4%，中等肥力占 47%，低肥力占 31.6%。土壤有机质含量很低，平均为 1.1%，比全国平均数低 25% 左右；速效氮仅为 35 mg/kg 左右，有效磷为 10 mg/kg 左右，有效钾为 45 mg/kg 左右。云南耕地缺有机质和缺氮面积占全省耕地的 78%，缺磷面积占 53%，缺钾面积占 38%，缺乏中微量元素的耕地相当普遍。全省年产量超过 7500 kg/hm^2 的高产田有 42.53 万 hm^2 ，仅占全省总耕地的 15%；年产量 7500 kg/hm^2 以下的中低产田有 242.01 万 hm^2 ，占总耕地的 85%。在这些中低产田中，82.7% 是由于长期少施或不施有机肥造成的，这与云南丰富的有机肥资源极不相称。

2.2 肥料施用结构不合理

目前云南耕地氮肥、磷肥的投入较多，钾素投入量远远不足，致使土壤钾素亏损严重，有效态微量元素也呈下降趋势，土壤养分不平衡。化肥钾仅在部分经济价值较高的作物如烤烟、花卉和蔬菜等作物上施用，粮食作物的钾素几乎全靠有机

肥施用补充。当前，云南省作物 44% 的氮、51% 的磷和 91% 的钾要靠有机肥料提供，然而，云南大部分地区却存在重化肥、轻有机肥的倾向，对用地养地相结合认识不足，导致有机肥用量逐年下降，粮食产量不高不稳，农业增长相对缓慢。

2.3 有机肥资源丰富，但利用率低

按资源的可积量计算，云南全省每年拥有各种有机肥料 13 448.6 万吨，按全省耕地面积计算，每 hm^2 耕地平均拥有有机肥 48 030 kg，按当年播种面积计算，每 hm^2 也有 29 940 kg，但在实际生产中，有机肥料资源浪费严重，利用率很低。

有机肥利用率低的主要原因有：①秸秆还田面积小。云南大部分地区“三料”（燃料、饲料、肥料）矛盾突出，致使全省秸秆还田率仅为 15.1%，全省每年秸秆还田面积仅为 42.96 万 hm^2 ，每 hm^2 平均还田量仅 706.5 kg。目前还有不少地方仍然存在着在田间就地焚烧作物秸秆的习惯，随意丢弃、不加利用的现象也较为常见。②积肥基础设施严重不足：边远山区至今还无人厕所、畜无厩，仍然存在“刀耕火种”现象，即：烧掉一片林地或草地，并将燃烧后的草木灰作当季作物肥料，而把大量的人畜禽粪尿、秸秆等优质有机肥资源弃之不用，致使大量的人畜粪尿不能回到农田，畜禽粪尿露天堆放，日晒雨淋，养分流失严重，既浪费资源又污染了环境。在经济较为发达的地区，近年来随着农村经济的发展，劳动力紧张，堆沤肥数量日趋减少，只有 12% 的畜禽粪尿，5% 的秸秆和 8.5% 的绿肥用于堆沤肥，使农村失去了大量优质腐熟有机肥。

3 云南有机肥的高效利用技术

随着种植业、养殖业的发展和人口的增加,有机肥的施用也逐渐增加。1952 ~ 1990 年的 38 年间,云南使用有机氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)养分总量从 21.13 万吨增加到 67.37 万吨,增加了 2.19 倍。1961 年以前,种植业基本上靠有机肥的投入;1961 ~ 1977 年,云南化肥施用量迅速增加,化肥总施用量(N、 P_2O_5 、 K_2O 折纯量)增长近 20 倍,由 0.75 万吨增加到 14.89 万吨,主要粮经作物总产量增长 69%,年递增 4.3%。1977 ~ 1990 年为大量使用化肥时期,化肥总施用量(N、 P_2O_5 、 K_2O 折纯量)由 14.98 万吨增加到 49.81 万吨,增长了 3.3 倍,主要粮经作物总产量增长了 1.1 倍,年递增 8.4%。化肥的大量使用,使云南肥料结构发生了重大变化,标志着云南从单纯的有机农业发展到有机—无机相结合的现代化种植业,同时随着化肥用量的增加,有机肥的施用比例不断下降,20 世纪 60 年代到 90 年代,每 10 年有机肥施用量(N、 P_2O_5 、 K_2O 折纯量)百分比下降 1 个百分点。

3.1 有机肥的种类和分布

云南省有机肥料资源丰富、种类繁多。有机肥品种主要有堆沤肥类(厩肥、堆肥、沤肥和沼气肥)、人畜禽粪尿、秸秆类(水稻秆、玉米秆、小麦秆、蚕豆秆、烤烟秆)、绿肥、土

3 云南有机肥的高效利用技术

杂肥（草木灰、尿灰火土、老墙土、河塘泥、屠宰场废弃物）、饼肥（菜籽饼肥、橡胶籽饼、桐子饼、茶籽饼）、腐殖酸类（草煤、褐煤、风化煤）和农用“三废”（工业、生活废水、废渣和生活垃圾）。其中，堆沤厩肥、人畜禽粪尿是主要有机肥源，分别占全省有机肥总资源的 54.1% 和 36.2%。由于气候、地理条件及生产力水平差异显著，云南有机肥存在较明显的区域分布特点，即：滇中地区，有机肥资源占全省的 42.11%，滇东北和滇西北人多地少，有机肥资源较少，分别占全省有机肥资源量的 15.3% 和 5.4%。

3.2 有机肥的等级与资源养分含量

根据云南省土壤肥料测试中心^[1]对云南有机肥料的养分含量进行品质等级的综合评定（表 3-1），1 级为粪尿类、沤肥类和饼肥类，2 级有豆科、薯类作物秸秆和绿肥类，3 级为粮食、油料、烤烟作物秸秆和堆肥、厩肥类，农村土杂肥和城镇垃圾为 4 级。云南有机肥源以 1 级和 3 级为主，这两级有机肥资源占总资源量的 92.7%，养分含量占有有机肥总养分的 91.2%，2 级和 4 级资源量和养分含量在有机肥总量中所占比例均较小。

表 3-1 云南省有机肥料的等级与资源养分含量

单位：万吨，%

等级	资源量	占总量 百分比	N	占总量 百分比	P ₂ O ₅	占总量 百分比	K ₂ O	占总量 百分比	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O	占总量 百分比
1 级	5055.5	37.6	26.728	36.3	11.962	31.1	17.843	21.4	56.533	28.9
2 级	419.9	3.1	2.888	3.9	1.670	4.3	2.870	3.4	7.428	3.8
3 级	7416.6	55.1	41.561	56.4	21.925	56.9	58.232	70.0	121.718	62.3
4 级	556.6	4.1	2.500	3.4	2.957	7.7	4.249	5.2	9.706	5.0
合计	13 448.6	99.9	73.677	100.00	38.514	100.0	83.194	100.0	195.385	100.0

3.3 有机肥的养分含量

3.3.1 有机肥中 N、P、K 养分含量

表 3-2 云南省有机肥料的等级与资源养分含量

单位：万吨

资源与养分 类别		资源量	粗有 机物	全氮 (N)	全磷 (P_2O_5)	全钾 (K_2O)	$N + P_2O_5$ + K_2O
秸秆类		456.3	158.19	4.265	1.514	8.557	14.336
粪尿类		4862.2	372.71	26.806	12.684	17.747	57.237
绿肥类		289.7	53.22	1.541	0.378	1.573	3.492
饼肥类		5.0	3.35	0.198	0.084	0.056	0.338
堆沤 厩肥 类	堆肥	1636.2	338.53	7.690	3.371	8.476	19.537
	沤肥	5335.1	1103.82	29.877	17.104	41.614	8.595
	厩肥	307.5	26.44	0.800	0.422	0.922	2.144
土杂肥类		556.6	73.95	2.500	2.957	4.249	9.706
合 计		13 448.6	2130.21	73.677	38.514	83.194	195.385

根据云南省土壤肥料测试中心资料^[1]，云南省有机肥氮、磷、钾养分比例为 $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.45 : 1.0$ 。堆沤厩肥含 N、 P_2O_5 、 K_2O 养分占有机肥总养分的 56.4%，人畜禽粪尿占 29.3%。从表 3-2 可知，2003 年全省堆沤厩肥、人畜禽粪尿、秸秆类、绿肥类、饼肥类、土杂肥 6 大类主要有机肥源提供氮素 (N) 73.677 万吨，磷 (P_2O_5) 38.514 万吨，钾 (K_2O) 83.194 万吨，粗有机物 2130.21 万吨。

3.3.2 有机肥中微量元素含量