

NanFang MuCao Ji
Siliao Zuowu ZaiPeiXue

南方牧草及 饲料作物栽培学

● 云南省草地学会 编著



云南科技出版社

南方牧草及 饲料作物栽培学

云南省草地学会 编著

云南科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

南方牧草及饲料作物栽培学/云南省草地学会编著.

昆明: 云南科技出版社, 2001. 8

ISBN 7-5416-1519-6

I. 南... II. 云... III. ①牧草—栽培②饲料作物—栽培 IV. S54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 039044 号

书 名: 南方牧草及饲料作物栽培学

Nanfang Mucao Ji Siliao Zuowu Zaipeixue

作 者: 云南省草地学会

出 版 者: 云南科技出版社 (昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼
邮编: 650034)

责任编辑: 侯德勋 刘 康

封面设计: 杨 峻

责任校对: 叶 红

责任印制: 翟 苑

印 刷 者: 云南国浩印刷有限公司

发 行 者: 云南科技出版社

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 15

字 数: 38 万

版 次: 2001 年 9 月第 1 版

印 次: 2001 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 0001 ~ 2400 册

书 号: ISBN 7-5416-1519-6/S·231

定 价: 20.00 元

若发现印装错误请与承印厂联系

编 写 人 员

主 编：解亚林 陈英林

副 主 编：王晓林 王慧忠

执行主编：孙奎钺 罗富成

编 委：(以姓氏笔画为序)

毛 凯	王晓琳	王慧忠	艾延年
孙奎钺	任 健	杨本立	杨雪梅
陈英林	张锦华	罗富成	袁福锦
解亚林			

序

我国南方有宽阔的、多类型的草地约 10 亿亩，占南方 13 省区总面积的 1/4，其中少部分为温带气候的山区，而多属亚热带和热带气候地区；年降雨量多在 700~1800mm，水热条件优越，许多植物四季常青，多种牧草都宜生长。在党中央的重视领导下，国家计委、农业部的具体支持下，南方各省区在分别对湿热、干热的热带和不同雨量的南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带和中温带进行引种试验、区域试验，以及试种、建植、栽培中，探索而建成许多人工草场和饲料作物栽培专用地、兼用地，如引进的热带牧草——伏生臂形草，所建成的人工草场，优质高产；又如二年生的苕子，采用科学的刈割法，就能像多年生一样种一茬多年刈割利用等等，诸多的先进、成功举措，为发展畜牧业起到很大的作用。同时为林草结合、水土保持、大地绿化向生态草地畜牧业迈进了一大步。

新世纪开始，总结往昔，继续发挥在草地畜牧业战线上拼搏多年的中、老年专家、学者的聪明才智，非常重要。特此敦请南方几省的生产、科研、教育实践经验丰富的专家、教授编写了《南方牧草及饲料作物栽培学》，为开发西部献上一份厚礼。

该书资料丰富，文笔精练，层次分明，实用性强。既可用于大中专院校相关专业的教材或辅导教材，也是畜牧业的实际生产者和科技人员的很有价值的参考资料。

云南省草地学会理事长 杨志民

2001 年 3 月 30 日

前 言

我国南方有草山草坡和滩涂草地面积约 10 亿余亩，占南方省区土地总面积的 26%，主要分布于云贵高原、四川盆地以及秦岭到淮河一线的东南地区。由于水热条件优越，牧草的种类多，产量高。既是发展草地畜牧业的重要基地，又是国土整治、维护生态平衡的重要地区。合理的开发、改良、利用，对国民经济的发展，人民生活水平的提高，环境质量的改善，都有着重要的意义。

在党和政府的重视、领导和支持下，开展了草地调查、改良、改造工作，同时积极进行牧草和饲料作物的发掘、引种、试验、试种、栽培和推广，使有关草业的大中专教师、科技人员与实际从业人员从理论到实践，从实践到理论中提高了科技能力。现结合南方实际，为提供大中专院校相关专业的教材或辅导教材以及实际科技人员的参考资料，请本会常务理事、云南农业大学草业科学系罗富成副教授，邀请南方设有草业学系的四川农业大学、贵州大学和云南农业大学的教授和云南省的草地学专家编写《南方牧草及饲料作物栽培学》。

该书分总论和各论两大部分，总论中编写了基础知识和综合生产技术，在各论中编写了适宜南方种植利用的多种牧草和饲料作物。

诸位编者立足于南方牧草及饲料作物的栽培现状，着眼于近期的发展目标，将各自多年来工作中所取得的成功经验和创新技术，以及广泛搜集的行之有效的，且能继续发展、推广的实用技术，与科学理论融会贯通地撰写，如土壤耕作法的镇压法，牧草种子生产中的现代化生产技术，马铃薯的大量种薯春化法，松香草的播种法，佛手瓜的整枝修剪法，白三叶制成青贮料喂猪的良好效果；又对种类繁多的禾本科牧草，采用分属、分种检索表，以替代“植物学特征”，更易识别，还结合西部大开发，提出东非狼尾草等多种根系发达、强壮，宜作水土保持的多年生草种。

编者以流畅文笔、深入浅出、新颖独特的写法编写，并在新世纪之初完成问世，本人敬表谢意。又因时间仓促，书中错误或不妥之处，在所难免，敬请读者批评指正。

采用本书为教材或辅导教材的院校，都有植物标本和植物标本园，用于教学，就能“一目了然”地认识所讲授的牧草和饲料作物。为此，在本书各论中省略了植物图。

在本书编写中，参考了国内外有关大量文献资料，因限于篇幅，所有参考的文献资料来源，一律从略，同时向有关编者深表谢意。

本书编写中，得到杜逸教授、艾洪勋老专家、匡崇义同志、李友同志、王跃东同志、尹俊同志和杨国荣同志的大力支持，提供重要资料，又得到赵燕、董仲生、杨建成三位同志的帮助，均表谢意。

云南省草地学会常务副理事长 刘岳成

2001 年 4 月 18 日

目 录

第一篇 总 论	(1)
第一章 土壤耕作	(1)
第一节 土壤耕作的作用和措施	(1)
第二节 草地的土壤耕作	(3)
第二章 肥料与施肥	(5)
第一节 植物与营养元素的关系	(5)
第二节 牧草和饲料作物对肥料的吸收	(7)
第三节 肥料种类和施肥方法	(9)
第三章 种子与播种	(16)
第一节 播前的准备	(16)
第二节 播种的措施	(23)
第四章 田间管理	(31)
第一节 牧草的田间管理	(31)
第二节 饲料作物的田间管理	(35)
第五章 病、虫、草害的防除	(38)
第一节 病害的防治	(38)
第二节 虫害的防治	(45)
第三节 杂草的防除	(64)
第六章 饲料轮作和青饲料轮供	(69)
第一节 饲料轮作	(69)
第二节 青饲料轮供	(73)
第七章 牧草种子生产	(78)
第一节 牧草种子生产的意义及国内外的生产概况	(78)
第二节 种子生产的田间栽培技术	(81)
第三节 种子的清选和干燥	(87)
第四节 种子的分级、包装、贮藏和运输	(92)
第二篇 各 论	(100)
第一章 主要禾本科栽培牧草的栽培	(100)
第一节 禾本科分属检索表对 15 个属的检索	(100)
第二节 黑麦草属牧草的栽培	(101)
第三节 雀麦属牧草的栽培	(105)
第四节 狼尾草属牧草的栽培	(108)
第五节 黍属牧草的栽培	(114)
第六节 其他禾本科栽培牧草的栽培 (伏生臂形草、盖氏虎尾草、苏丹草、球茎草芦、狗牙根、	

鸭茅、猫尾草、苇状羊茅、非洲狗尾草、扁穗牛鞭草)	(116)
第二章 主要豆科栽培牧草的栽培	(134)
第一节 苜蓿属牧草的栽培	(134)
第二节 三叶草属牧草的栽培	(138)
第三节 巢菜属牧草的栽培	(148)
第四节 草木樨属牧草的栽培	(151)
第五节 其他豆科牧草的栽培 (紫云英、百脉根、圭亚那柱花草、绿叶山蚂蝗、大翼豆、大结豆、葛)	(154)
第三章 禾谷类饲料作物的栽培	(167)
第一节 玉米的栽培	(167)
第二节 大麦的栽培	(172)
第三节 燕麦的栽培	(174)
第四节 荞麦的栽培	(176)
第四章 豆科饲料作物的栽培	(179)
第一节 蚕豆的栽培	(179)
第二节 豌豆的栽培	(181)
第三节 秣食豆的栽培	(183)
第五章 豆科木本饲料的栽培	(186)
第一节 银合欢的栽培	(186)
第二节 紫穗槐的栽培	(188)
第三节 多花木蓝的栽培	(189)
第六章 多汁饲料作物的栽培	(191)
第一节 甘薯的栽培	(191)
第二节 马铃薯的栽培	(196)
第三节 芭蕉芋的栽培	(201)
第四节 菊芋的栽培	(204)
第五节 胡萝卜的栽培	(205)
第六节 芜菁的栽培	(208)
第七节 木薯的栽培	(210)
第八节 萝卜的栽培	(211)
第九节 南瓜的栽培	(214)
第十节 佛手瓜的栽培	(217)
第七章 其他科饲料作物的栽培	(221)
第一节 聚合草的栽培	(221)
第二节 串叶松香草的栽培	(224)
第三节 苦苣菜的栽培	(226)
第四节 猪苋菜的栽培	(227)

第一编 总论

第一章 土壤耕作

第一节 土壤耕作的作用和措施

一、土壤耕作的作用

1. 改善土壤耕层的结构

土壤耕作能改善土壤固、液、气三相之间的比例，调节土壤中的水、肥、气、热等肥力因素的关系，并使坚实的土壤耕层转变成适当的松紧度。从而能：①提高土壤温度；②提高土壤透水性、通气性和容水量以接纳更多的雨水和提高灌溉的效果；③促进土壤微生物的繁殖、活动；④提高土壤中有效养分的转化；⑤利用植物的枝叶、残茬和有机肥料以熟化土壤。

在种植业中，改善土壤耕层的结构是最重要的技术措施，是许多农业技术措施的基础，也是用地和养地的重要措施。

2. 清除杂草、根茬，保持田间清洁

根据杂草、牧草的生物学类别和特性，采取正确的土壤耕作方法将杂草清除。例如草地改良，在耕翻前先进行浅耕灭茬，划破草皮，给杂草种子以良好的发芽条件，诱使发芽，然后耕翻消灭之；或用圆盘耙等农具进行纵横或分层切割后耕翻深埋；或在生长期进行中耕除草。又在清除杂草的同时，使许多病菌与害虫失去中间寄主和传染媒介，并迫使病菌孢子、虫卵、蛹及幼虫等改变其生活环境，从而减轻危害。

3. 翻压绿肥及其他肥料

将表土上的绿肥或其他有机的、无机的肥料，翻耕埋入耕作层，促使分解、转化，减少了肥料的挥发与流失，获得了土、肥相融的肥沃耕作层。

4. 改善作物生长的土壤环境

能使播种的种子和移栽的幼苗得到发芽、出苗、生长的良好土壤环境。

5. 开垦荒地

在荒地开垦和草地改良中，发挥了主要的最大的作用。

二、土壤耕作的措施

土壤耕作措施可以归纳为基本耕作措施和表土耕作措施。

基本耕作，主要是犁耕，具有翻土、松土以及一定的碎土、混土作用，对耕作层的土壤性状变化起着重要的作用；而表土耕作，除草地松耙耕作以外，是在基本耕作的基础上进行的耕作，是基本耕作的辅助性措施。

（一）基本耕作措施

根据目前所用的机具及其结构、性能，可分3类，即：生地性犁、熟地性犁和圆筒性犁。

生地性犁的翻土作用强，但碎土作用弱，常用于生荒地或天然草地的犁耕；圆筒犁的翻土作用弱，而碎土作用强，宜于犁耕质地轻松、杂草少的土壤；熟地犁介于两者之间，宜在壤质土的熟地上进行一般作业。

随着农业机械牵引力的逐渐增大，有壁犁组成多铧的多种大型机具。还有复式犁，其特点是在每个主犁的前面，安装了一个小型犁，作为生地性犁，能先把土壤的板结层或有植物残根的土壤表层翻转，主犁接着将下层土壤犁翻覆盖在杂草、根茬上面，更有利于恢复土壤结构，也能较好地消灭杂草和害虫，做到耕层上部较散碎，杂草、肥料、残茬覆盖掩埋得更好，能获得良好的耕作质量。这种新式机具已在外国及我国东北现代化农场广泛应用。

1. 耕地深度

在农牧业生产中，各地都非常重视耕地的深度。在实践中应根据不同土壤和植物生物学特性的差异，掌握不同的耕翻深度。如土层厚的可耕深些，土层浅的不宜太深，土壤粘重的宜深一些，土质轻的宜浅些。浅根作物种植和苗床育苗的宜浅，深根作物和块根块茎作物宜深。在南方草地改良时应根据山地地质特性、坡度及原生植被，确定适宜的耕翻深度。

目前，我国国营农牧场用机引有壁犁耕翻，深度多为20~25cm，小型畜引有壁犁耕翻深度为16~20cm，而无壁犁耕深常在20cm左右。

2. 深松耕

这是用无壁犁和深松铲进行的深层松土，而不翻土的特殊耕作。20世纪中叶前苏联马尔采夫认为，必须保护“怕阳光的微生物”能在地下很好的繁殖、活动，不能翻到上面而提出的耕作法。深达30~50cm，对土壤耕作层的影响较大，松土效果较为持久，仍属土壤基本耕作措施。其缺点是不能掩埋残茬、杂草和肥料，对防除病虫草害的作用不大。深松铲曾在我国东北各省的中耕作物生产上使用，在南方使用的不多。

3. 旋耕

旋耕机耕作具有基本耕作和表土耕作的双重功能，其犁刀的高速旋转，将表层10~15cm的土壤切碎、混合，并向后抛撒，起到碎土、松土、平土和混土的作用。目前在草坪建植和南方水田耕作中，成为重要的机具。

（二）表土耕作措施

1. 浅耕灭茬

这是作物收获后或草地改良的犁地之前的作业，深度为5~10cm，切断、切碎残茬和杂

草，疏松表层土壤，减少蒸发和接纳雨水，并可减少耕地阻力，为耕翻创造良好条件。

2. 耙地

耙地是表土耕作的主要措施，在犁耕后耙地，起到耙碎土块、混拌土肥、疏松表土、耙杀杂草、平整地面以及轻微镇压的作用，为播种创造良好的土壤条件。

有时为了抢时、抢墒播种，不经翻耕，耙地灭茬后，直接播种。我们曾经多次在土壤底层较肥沃、疏松的小麦地，以低茬刈割收获，立即耙地灭茬，免耕播种玉米，获得产量高过对照的成效。

3. 镇压

播前镇压，使土堡再稍细碎，又使表土平整，孔隙减少、减小，播种的种子能基本撒落在同一平面上；播后镇压，使种子与土壤密接，这样的播前、播后都镇压，就能提高出苗的整齐度和出苗率。

还有一种镇压是将地面平整后镇压，又平整，再镇压，使之平整而坚实后，撒铺细碎的有机肥或腐殖土约厚 0.5cm，再锄松表土层 1.5cm，两者拌和相加共厚 2cm 左右。然后轻轻平整而播种。在播种珍贵的人参等药材或花木种子时，最好是撒铺营养土 2cm，不必锄松表土而平整、轻镇压，就可播种。这样形成下层硬实，上层疏松的间隔层，既能使毛细管水和气态水聚集到间隔层，起到提墒的作用，有利于发芽出苗；且根系难于深入到下层而在疏松的肥土层上交错生长。用于铺植草坪的人工草皮生产，当长高 5cm 左右时，轻度镇压，就易在间隔层铲起只厚 1.5~2cm 的高档草皮；用于药材、饲料菜类等的育苗，就能育成根系密集，多带宿土，不致拔断，最易成活的壮苗。

再是苗期镇压，能压碎土块，减少、减小孔隙，起到防寒、防旱的作用，如北方半干旱地区的麦田苗期镇压，以及许多地方对人工草地苗期的镇压。

镇压的工具，主要有石滚、滚压机、机引平滑镇压器、环型镇压器、“V”型镇压器以及石制、铁制的圆筒形镇压器等。

4. 中耕

播前的中耕叫赤地中耕，能铲除杂草，但不替代浅耕。出苗后的中耕叫行间中耕，也是铲除杂草，并有疏松土壤，保墒抗旱的作用。且常结合培土，以降低根部地温，防止倒伏，促进根系和块根、块茎的生长，又利于灌溉和排水。中耕工具有手锄、板锄、畜力中耕机和机引中耕机。

第二节 草地的土壤耕作

一、天然草地的犁耕

天然草地的改良，首先是清除灌木、树根和野生杂草。常采用除草剂、直接挖掘或铲除草皮的方法。有些地方则采用烧荒的方法，利用烧后的草木灰作肥料，同时烧死杂草种子和病原物，但也烧死了有益微生物。且须做好组织工作，以防火灾。而对高大的灌木，可以砍断或锯断后，用 10% 的草甘膦，对直径 1cm 的，每株用 2.2ml；直径 2cm 的，每株用 4.4ml。萌发枝叶的树根，树径 1cm 的，每株用 2ml；树径 10cm 的，每株用 20ml，以此类推，皆加

水 2~4 倍后，用脱脂棉浸透全部药液，放置于切口上，再立即包上塑料薄膜，并严实包扎，就会毒死。

其次是在耕前用重型圆盘耙耙地，以切断草根，减少耕地阻力；同时使草根与耕翻后的土壤混合，以利水分上升，加速有机质分解。

再次是耕翻，宜在梅雨、雨季来临的透雨之后，再根据要种牧草的适宜土壤酸碱度，而撒施石灰粉或钙镁磷肥或石膏粉，然后以犁起生土 3cm（据研究，为加深耕作层，每年犁起的生土以 3cm 为宜），进行犁翻，利用良好的水、热条件，使有机质迅速分解。

为扩大耕地面积，不与粮食、经济作物争地，要利用荒地、轮歇地以及退耕还牧的土地，种植牧草和饲料作物。宜在杂草开花前的雨季，除按照上述的灭草、耕翻和调节土壤酸碱度的措施以外，对土壤贫瘠的，最好在耕翻之前，撒施厩粪，使与杂草一起在耕翻的耕层中腐熟，以培肥土壤。到来年雨水下地后重耙，表施少量肥料之后，又轻耙，就可播种。

二、草地的松耙

原来生长良好的天然草地或人工草地，如果土壤粘重坚实，通透性不良，则土壤微生物的活动减弱，影响养分、水分对牧草的供应，阻碍根系的伸展，加速草地的退化。通过耙地，就能松土、碎土切割絮结植被，切断根茎，刺激生长，促进无性繁殖和分蘖；并促进微生物的活动，养分的转化，水分的保蓄，土温的提高，而复壮牧草，提高产草量。

青海省铁卜加草原站的试验，经过松耙的增产 170%，松耙结合综合措施的增产 257%，其复壮增产的有效期在 7 年以上。

耙地的农具是钉齿耙、轻型圆盘耙和重型圆盘耙。

第二章 肥料与施肥

肥料是牧草和作物高产的物质基础，而其中的有机肥料是改良土壤，提供多种养分的高产又稳产的头等肥料。在农牧业结合中，种植业为禽畜提供饲料，也就能获得畜牧业提供的厩粪，用作基础肥料。再以化学肥料作为及时补充的辅助肥料，并进而生产、施用浓缩、复合、长效又无污染的肥料。同时要用快速的、准确的营养诊断方法，为满足各种牧草、各种饲料作物的不同生长发育阶段的需要，合理施肥，以达到高产、稳产、优质又低成本的目的。

第一节 植物与营养元素的关系

一、植物的营养需求

植物的正常生长发育，除了需要一定的光照、水分、空气和温度条件以外，还要从外界（主要是土壤）吸收碳（C）、氢（H）、氧（O）、氮（N）、磷（P）、钾（K）、钙（Ca）、镁（Mg）、硫（S）、铁（Fe）、硼（B）、锰（Mn）、铜（Cu）、锌（Zn）、钼（Mo）、氯（Cl）和钴（Co）等 17 种化学元素，来构成机体，并用作新陈代谢。其中的碳、氢、氧、氮 4 种元素的含量占干物质的 95% 左右，是糖、脂肪、蛋白质等重要有机物的主要构造元素。

1. 大量营养元素

C、H、N、P、K、Ca、Mg、S 等 8 种元素在植物体内的浓度常超过 500ppm，植物的需要量较大，称为大量元素。由于施于土壤中的 N、P、K 3 种元素，不能满足植物生长发育的需要，必须用肥料给予较多的补充，称为肥料三要素。

2. 微量营养元素

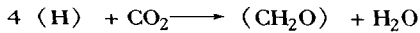
Fe、B、Mn、Cu、Zn、Mo、Cl 等 7 种元素在植物体内的浓度不到 50ppm，含量甚微，称为微量元素。又如硒、汞、镉、氟、碘和钴的含量更少，叫超微量元素，又称痕量元素。尽管植物对微量元素和痕量元素的需求甚微，却是必需的、直接的、间接的或大或小地影响植物的生长发育，要同大量元素一样的重视。

二、各种营养元素的主要功能

不同的元素，对植物生长发育起着不同的作用；且其相互之间又不能代替。

1. 碳、氢、氧的生理功能

植物从空气中吸收二氧化碳，从土壤中吸收溶有营养元素的水溶液，在光能参与下进行光合作用。先是光反应，经过光解，将“水”分解为 H 和 OH，OH 进一步发生作用，产生 O₂，H 有很强的还原作用，将 CO₂ 还原，产生简单的有机物 CH₂O，同时又产生新的水分子：



紧跟着暗反应，这是多种酶所催化的化学反应。在酶的催化作用下，又将不稳定的 CH_2O 制成碳水化合物，形成淀粉、纤维素，进而转化为蛋白质、脂肪等重要化合物，这就是碳、氢、氧的主要生理功能。

2. 氮的生理功能

氮是组成植物蛋白质和叶绿素的主要元素，也是组成酶、核酸、磷脂、维生素、生长素、抗生素和生物碱等的元素。氮约占植物干重的1.5% (0.3%~5%)。土壤中的氮以硝态氮和铵态氮的形式被植物吸收，硝态氮在植物体内再转化成铵态氮，然后与 α -酮戊二酸合成氨基酸，最后合成蛋白质。

充足的氮素与其他养分供应平衡时，能促使植物的新陈代谢，促进分蘖，枝叶的形成、繁茂。叶色深绿，显示叶绿素的含量高，亦即含氮量高，氮素代谢旺盛。

但如氮素过多，而磷、钾和其他相关元素不能相应增加、平衡时，则其营养器官较长时期地停留在细嫩阶段，组织柔软多汁，茎叶繁茂嫩绿，延迟成熟，以利用叶子为主的蔬菜和青刈牧草，能提高品质和产量，但对块根、块茎和收籽的禾谷类等作物，造成茎叶徒长，降低品质，减少产量。

但如氮素缺乏，光合作用降低，不仅不能形成蛋白质，连碳水化合物也不能积累。

3. 磷的生理功能

磷素是细胞原生质和细胞核的主要组成成分，为细胞分裂所必需。也是植物体内糖分转化和淀粉、脂肪、蛋白质合成所不可缺少的成分。对代谢过程有重要的影响，还对生殖代谢有影响，而关系籽实的产量，也有关抗逆性能、根系生长以及体内的正常活动。

磷素充足，茎叶健壮，根系发达，籽实饱满，提高禾谷类或牧草的籽实、鲜草的品质和产量；促进根瘤菌的发育，使豆科作物、豆科牧草的生长良好，品质提高，产量增加。

但如供应不足，则碳水化合物和蛋白质的合成受到影响，细胞增殖受到阻碍，根系发育不良，光合产物难于输出，积累于茎叶之中，籽实的千粒重下降，豆科植物的根瘤小而少，落花落荚，产量大降。

4. 钾的生理功能

钾在植物体内以离子态和可溶性钾盐的形式而多存在于茎叶里，更多的积集于幼芽、嫩叶和根尖，是多种酶的活化剂，能促进光合作用，促进氮的吸收，有利于蛋白质的合成，促进维生素B、C的形成，提高纤维素的含量，使茎秆健壮，提高抗逆性，减轻病害。能促使光合产物顺利地向果实、种子、块根、块茎运输，以提早成熟，增加产量，提高品质。

植物缺钾，则蛋白质合成受阻，茎秆瘦弱易倒伏，叶形不规则，叶色不正常，不仅降低了抗逆性，并因在细胞内积累可溶性氮，给病菌提供丰富的营养，以致易罹病害，降低产量和品质。

5. 钙、镁、硫的生理功能

钙是植物细胞壁的组成部分，影响植物体内碳水化合物和含氮物质的代谢，能减轻铵、氢、铝、钠对植物的毒害，能促进根的生长和根毛的形成。我国南方普遍缺钙，施用石灰粉以调整土壤pH值6.5以下的酸碱度，有利于许多牧草和作物的生长，又能提高固氮菌等有益微生物的活性。

镁是叶绿素、植物酸（磷酸的贮藏形态）和几种酶的组成成分。参与光合作用，促进磷酸酶和葡萄糖转化酶的活性，有利于单糖的转化，促进钾素的效能，促进维生素A、C的形

成，调节植物的生命活动。

硫是构成蛋白质和酶的重要成分，参与植物的氧化还原过程，促进根系的生长。

6. 微量元素的生理功能

铁可促进叶绿素形成，也是一些酶的重要成分，对氧化和还原有一定作用，促进呼吸作用，加速生理氧化过程。

硼存在于细胞壁中，能提高光合作用的强度，促进碳水化合物的运输和氮素代谢，促进根系生长、发达和开花、结实，增强豆科植物根瘤菌的固氮能力，增强抗病、抗旱和抗寒能力。

锰是某些氧化还原酶的成分，是酶的活化剂，与植物的光合、呼吸以及硝酸还原作用都有密切关系，能促进种子的发芽和幼苗的早期生长。

铜是组成某些生物氧化酶的成分，能加强光合作用和呼吸作用。长期施用石灰会缺铜，缺铜则影响蛋白质的合成，又易罹病害。

锌与光合作用、呼吸作用中的 CO_2 释放有关，会影响植物生长素的合成。缺锌时，细胞壁因缺生长素而不能生长，使植物节间变短，叶片变黄有叶斑。

钼是硝酸还原酶和叶绿素的组成成分，是微生物固氮作用的融媒剂，参与硝态氮的还原过程，能促进根瘤菌的形成，提高固氮菌的固氮能力。

氯是构成叶绿体光合作用辅助酶不可缺少的成分。当细胞壁被破坏，正常叶绿体的光合作用也受到影响时，氯能使叶绿素的光合反应活化。

第二节 牧草和饲料作物对肥料的吸收

植物对氮、磷、钾的需要量，通常超过土壤的供应量。现将几种主要作物的每 100kg 籽实，要从土壤中吸收氮、磷、钾的数量列为表 1-2-1。

表 1-2-1

几种饲料作物每 100kg 籽实吸收氮、磷、钾的数量

单位：kg

作物种类	氮 (N)	全磷 (P_2O_5)	全钾 (K_2O)	备 注
玉 米	2.6	0.9	2.1	(1) 豆科绿肥、马铃薯和甘薯系指每 500kg 鲜茎叶、鲜茎块所含养分 (2) 豆科绿肥和豆科作物主要由根瘤菌固定空气氮素，从土中吸收的只占 1/3 左右
高 粱	2.6	1.36	3.06	
粟	4.8	1.6	4.8	
大 豆	7.2	1.8	4.0	
豆科绿肥	5.0	0.9	3.7	
马铃薯	2.5	1.0	5.5	
甘 薯	2.0	1.0	3.1	

注：多系《1974 年全国化肥合理使用座谈会材料》。

牧草因多次刈割（或放牧），与其他作物相比，从土中吸收的营养元素数量要得更多（见表 1-2-2）。

表 1-2-2

几种牧草从土壤中吸收的营养元素数量

单位: kg/ha

作物名称	干物质产量	N	P	K	Mg	S
紫花苜蓿	17920	505	39	447	45	45
红三叶	8064	196	26	247	18	-
豆科绿肥 (鲜草)	15000	75	14	55	-	-
鸭茅	13440	336	49	349	28	39
无芒雀麦	11200	186	32	236	11	22
牛尾草	8960	174	37	195	17	22
猫尾草	8960	168	27	233	11	19
格兰马草	112000	174	26	112	34	34
巴哈雀稗	22400	560	68	391	50	50
狗牙根	28224	238	72	564	71	84
象草	26880	269	49	279	56	34

注: M. E 希斯, 等. 牧草—草地农业科学. 北京: 中国农业出版社, 1992

植物可以直接吸收氮素, 主要是无机态氮素, 即铵态氮 (NH_4^+) 和硝酸态氮 (NO_3^-); 还可以通过叶子吸收利用尿素的氮素。豆科植物还可利用根瘤菌固定空气中的分子态氮素, 而很少利用氨基酸一类的有机态氮素。

植物吸收利用的磷素, 主要是正磷酸盐中的磷, 其中以 H_2PO_4^- 离子最易吸收, HPO_4^{2-} 离子次之, 偏磷酸盐 (PO_3^-) 与焦磷酸盐 ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) 一类的磷, 也能吸收, 但很难吸收有机态磷素。

钾素主要以离子 (K^+) 状态进入植物体内, 有一部分钾离子被吸收在原生质胶体表面呈不稳定状态。

从表 1-2-2 可以看出, 不同种类的牧草对养分的需求量也不同。但在正常的栽培管理下, 经济产量越高, 吸收的养分也越多。不同的牧草及饲料作物形成相同、相似的经济产量, 而吸收的养分数量却不尽相同。

牧草中的豆科牧草与禾本科牧草, 对营养元素的种类、数量的需求也不相同。豆科牧草和豆科作物, 不宜多施氮肥, 否则, 反而抑制生长, 只在尚未形成根瘤的幼苗期, 可以施用氮肥, 而需要较多的磷肥以及硼、钼微肥。禾本科牧草和禾本科作物最需氮肥。

牧草的不同生长发育阶段, 对养分的需求也不同, 豆科牧草的分枝到现蕾期, 禾本科牧草的分蘖到开花期, 是吸收养分最多的时期。

在整个草地生态系统中, 由于土壤—草地—动物体系对物质和能量的合理利用和分配, 在人类正确的生产实践的干预下, 系统内流失的物质和能量并不很多。而且混播草地对深层土壤中养分的提升利用和耕层内养分的富集, 可使耕层内土壤养分均衡地积累和转化, 供后作 (农作物) 利用, 产出更多的农产品, 这也是草田轮作制的理论基础。

第三节 肥料种类和施肥方法

根据肥料的来源和成分，可分为有机肥料和无机肥料两大类。有机肥包括人粪尿、家畜粪尿、堆肥和绿肥，含有较多的有机质，能改良土壤、培养地力，是建立高产又稳产的农田饲料基地的基础肥料。加上草木灰之后，也叫农家肥料。施用农家肥料是我国几千年来农牧结合的重要技术和传统经验，农家肥料也是生态农业的主要肥料。

一、有机肥料

(一) 人粪尿

人粪尿含氮较多，其中70%~80%系尿素态氮，易被植物吸收利用，为优良氮肥；也含磷、钾、钙、硫、铁以及有机质。须贮存发酵后才能施用。因所含的碳酸铵常分解产生氨和二氧化碳而挥发损失。故应避免光密闭，加入2%~3%的过磷酸钙或3%~5%的石膏，作为保氮剂。最好是加入0.5%的绿矾（硫酸亚铁），使其与碳酸铵作用，生成硫酸铵以保肥；且与硫化氢作用，消除臭气。在春秋约贮一个月，夏季约半个月，就可利用。如欲提早利用，应加豆秆，促其腐熟。施用时加水5~10倍，如土壤潮湿，加水3~5倍。多用作追肥，在硬地宜中耕松土后浇施。不能与草木灰、石灰等碱性肥料混贮混用，以免氮的挥发损失，而可隔开先后施用。

(二) 厩 粪

厩粪是农家肥料的主要肥料，提供多种肥分，增加土壤腐殖质，是改良土壤物理性、化学性，特别是生物性的主要肥料和重要举措。因家畜的种类不同而所含养分也不同。现将人、畜新鲜粪尿平均肥分含量及折合化肥的数量列为表1-2-3。

表1-2-3 人畜粪尿肥分含量及折合相当化肥数量

肥料种类	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	每人畜年排粪尿相当化肥数量 (kg)			
				年排泄量	硫酸铵	过磷酸钙	硫酸钾
人 粪	1.00	0.50	0.37	180	9	4.5	1.4
人 尿	0.5	0.13	0.19	1400	35	9.1	5.5
猪 粪	0.56	0.40	0.44	3000	84	60	27.5
猪 尿	0.3	0.12	0.95	2000	30	12	39.6
马 粪	0.55	0.30	0.24	7200	198	108	36
马 尿	1.20	0.01	1.50	3600	216	1.6	125
牛 粪	0.32	0.25	0.15	10800	172	13.5	34.6
牛 尿	0.5	0.03	0.65	7200	180	10.8	97.5
羊 粪	0.65	0.5	0.25	1080	35.1	27	13.5
羊 尿	1.40	0.03	2.10	360	20.2	0.5	15.7
鸡 粪	1.60	1.54	0.65	60	4.9	4.6	1.0
鸭 粪	1.10	1.40	0.62	120	6.6	8.4	1.6
兔 粪	1.72	2.95		70	5.5	10.3	-

资料来源：《饲料生产学》，中国农业出版社。