

全国高等农业院校教材

# 牧草及饲料作物 栽培学

(第二版)

内蒙古农牧学院 主编

草原专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材

# 牧草及饲料作物栽培学

(第二版)

内蒙古农牧学院主编

草原专业用

农业出版社

主编 内蒙古农牧学院  
参编 甘肃农业大学  
新疆八一农学院

全国高等农业院校教材  
牧草及饲料作物栽培学 (第二版)  
内蒙古农牧学院主编  
• • •  
责任编辑 李锦明

农业出版社出版 (北京朝阳区枣营路)  
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm 16开本 25.5印张 429千字  
1981年5月第1版 1990年10月第2版北京第1次印刷  
印数 1—2,000册 定价 5.05元  
ISBN 7-109-01239-5/S·882



## 修 订 说 明

本书是由内蒙古农牧学院（主编）、甘肃农业大学和新疆八一农学院三单位集体修订的。1986年，彭启乾同志在病重期间，还参加了本书修订大纲的草拟工作，他的部分手稿也在编写第一篇中得到应用。各篇修订人员的分工是：绪论，吴渠来；第一篇，王比德、吴渠来；第二篇，罗中、金巨和、吴渠来、王比德；第三篇，郭博、金巨和、吴渠来；第四篇，王比德；第五篇，吴渠来、罗中。

1981年出版的《牧草及饲料作物栽培学》是1979年编写的。随着科学和生产的发展，我们对原书内容进行了必要的删节、调整和补充，还根据各方面意见，增添了牧草生长发育生物学部分，充实了本书的理论基础。

在完成修订稿后，进行了集体审稿，又对全书稿做了整理和校对。在修订过程中，虽然主观上希望做到在原教材基础上扬长避短，吐故纳新，力争提高本书质量，但是，由于编者水平有限，书中不妥之处，欢迎读者予以指正。

在本书修订过程中，我们得到各方面的支持和帮助，特别是青海畜牧兽医学院刘亚田、宁夏农学院邵生荣、哲里木畜牧学院董瑞音等老师提了许多宝贵意见，特此表示谢意。

编 者

1988.2.29.

## 第一版编者名单

编者 内蒙古农牧学院 许令妊 彭启乾 吴渠来 张秀芬 王比德 西力布  
甘肃农业大学 郭 博 陈宝书  
新疆八一农学院 朱懋顺 罗 中

# 目 录

绪论.....	1
---------	---

## 第一篇 牧草生长发育生物学

第一章 种子萌发.....	6
第一节 牧草种子特点及休眠 .....	6
第二节 牧草种子萌发过程 .....	12
第三节 牧草种子萌发条件 .....	16
第二章 分蘖(分枝)及长枝的发育.....	20
第一节 禾本科及豆科牧草幼苗发育 .....	20
第二节 禾本科牧草的分蘖及豆科牧草的分枝 .....	23
第三节 牧草的阶段发育、枝条形成及结实器官分化 .....	27
第三章 牧草地下部生长与发育.....	31
第一节 牧草根系生长与发育 .....	32
第二节 影响根系生长的因素 .....	37
第三节 牧草根系与贮藏营养物质积累的动态 .....	41
第四章 开花、授粉与种子形成.....	43
第一节 牧草开花及授粉生物学 .....	43
第二节 种子形成及发育 .....	47

## 第二篇 土壤耕作和栽培技术

第一章 土壤耕作.....	53
第一节 土壤耕作的任务 .....	53
第二节 土壤耕作措施 .....	54
第三节 北方旱作区的土壤耕作 .....	58
第四节 垦殖地的土壤耕作 .....	64
第二章 肥料与施肥.....	65
第一节 作物的营养需要 .....	65
第二节 合理施肥与施肥方法 .....	68
第三节 有机肥料 .....	71
第四节 化学肥料.....	76
第三章 轮作倒茬.....	83
第一节 轮作倒茬的概念及作用 .....	84
第二节 各种作物和休闲地在轮作中的地位 .....	86
第三节 轮作类型 .....	89
第四节 轮作计划的编制 .....	91

第四章	播种	95
第一节	播种材料及其准备	95
第二节	播种	106
第三节	牧草混播	111
第四节	保护播种及饲料作物的间、混、套种	117
第五章	田间管理	125
第一节	一般田间管理	125
第二节	追肥与灌溉	128
第三节	防除杂草	131
第四节	病虫害防治	136
第六章	牧草种子生产	140
第一节	牧草种子田的建立及农业技术特点	140
第二节	种子的收获及干燥	146
第三节	种子的贮藏与清选	151
第四节	牧草种子的包装与运输	159

### 第三篇 豆科牧草

引言	世界及我国豆科牧草种和品种	161
第一章	苜蓿属	164
第一节	紫花苜蓿	165
第二节	黄花苜蓿	175
第三节	金花菜	176
第二章	黄芪属	178
第一节	沙打旺	178
第二节	紫云英	181
第三章	红豆草属	184
第一节	普通红豆草	184
第二节	外高加索红豆草和沙地红豆草	189
第四章	草木樨属	191
第一节	白花草木樨	191
第二节	黄花草木樨和细齿草木樨	196
第五章	三叶草属	198
第一节	红三叶	198
第二节	白三叶	201
第三节	杂三叶	203
第四节	其他三叶草	205
第六章	多变小冠花、百脉根及柱花草	209
第一节	多变小冠花	209
第二节	百脉根	211
第三节	柱花草	213

第七章	野豌豆属	214
第一节	箭筈豌豆	214
第二节	毛苕子	218
第三节	山野豌豆	222
第八章	岩黄芪和柠条	224
第一节	羊柴及细枝岩黄芪	224
第二节	柠条	230
第九章	其他豆科牧草	237
第一节	大翼豆	237
第二节	山黧豆	238
第三节	扁蓿豆	240
第四节	胡枝子	241
第五节	鸡眼草	244
第六节	银合欢	245

#### 第四篇 禾本科牧草

引言	249	
第一章	羊草及披碱草	251
第一节	羊草	251
第二节	披碱草属	256
第二章	雀麦及羊茅	263
第一节	雀麦属	263
第二节	羊茅属	269
第三章	冰草、偃麦草及鹅观草	274
第一节	冰草属	274
第二节	偃麦草属	279
第三节	鹅观草属	282
第四章	黑麦草及猫尾草	284
第一节	黑麦草属	284
第二节	猫尾草属	289
第五章	鸭茅、看麦娘、藨草	291
第一节	鸭茅属	291
第二节	看麦娘属	294
第三节	藨草属	295
第六章	其他多年生禾本科牧草	298
第一节	短芒大麦草与布顿大麦草	298
第二节	早熟禾	301
第三节	碱茅	304
第四节	象草	305
第五节	狗牙根	307
第六节	高燕麦草	308



第七节	大米草	309
第八节	非洲狗尾草	310
第七章	一年生禾本科牧草	311
第一节	苏丹草	311
第二节	御谷	316
第三节	饲用稗草	317

## 第五篇 饲料作物

第一章	玉米、高粱及谷子	320
第一节	玉米	320
第二节	高粱	333
第三节	谷子	337
第二章	燕麦、莜麦和大麦	342
第一节	燕麦和莜麦	342
第二节	大麦	348
第三章	饲料大豆、豌豆和蚕豆	353
第一节	饲料大豆	353
第二节	豌豆	357
第三节	蚕豆	362
第四章	根菜类饲料作物	366
第一节	甜菜	366
第二节	胡萝卜	373
第三节	芜菁	377
第四节	苦苣菜	381
第五节	千穗谷	385
附录 I	植物拉汉名称对照表	388
附录 II	主要栽培牧草种子质量分级	393
主要参考文献		396

## 绪 论

牧草及饲料作物是发展畜牧业生产的重要饲草、饲料资源。

狭义的牧草是指可供家畜采食的各种栽培和野生的一年生和多年生草类；广义的牧草除包括各种栽培和野生的草类外，尚包括可供家畜采食的半灌木和灌木。因此，牧草包括的范围广，种类多，其中禾本科和豆科牧草最多，也最重要，此外，尚有藜科、菊科及其它科的各种植物。

饲料作物一般指的是人们有意识栽培作为家畜饲用的各种作物，如玉米、燕麦、豌豆、饲用瓜类、饲料甜菜、胡萝卜等。

因此，在我国牧草与饲料作物的概念是不同的。但是，有时二者又较含混。例如，美国和日本等一些国家以及我国的一些地区和学者，往往把牧草包括在饲料作物中，或提起牧草时也包括了饲料作物。

### 一、牧草及饲料作物在农牧业生产中的地位

牧草及饲料是家畜的食粮，是发展畜牧业的物质基础。畜牧业生产实质上是通过家畜把饲料转化为畜产品的过程。家畜个体生产能力的提高是各项综合措施共同作用的结果，因此，饲料在很大程度上决定了畜牧业的规模和发展速度。

目前主要有三个途径获得饲草、饲料，即天然草场、农副产品及人工种草。

我国是世界上草地资源丰富的国家之一，总面积达60多亿亩，占世界草地面积的13%，占我国国土总面积的40%，其中牧区47亿亩，可利用面积33亿亩。草地辽阔，牧草资源丰富，是发展我国草地畜牧业的物质财富。建国三十多年来，草地建设取得了很大的成就。但是，草地建设的速度仍赶不上草地畜牧业发展的需要，目前还没有摆脱靠天养畜的落后局面。由于天然草场退化严重，年度间、季节间产草量变化大，致使草地畜牧业生产很不稳定，一年一度的“夏活、秋肥、冬瘦、春乏（亡）”和“丰年大发展，平年保本，灾年大量死亡”的现象仍时有发生。

实践证明，在牧区，选择水、肥条件较好的地块，栽培牧草及饲料作物，建立人工草地，是解决牲畜草缺、质劣和冬春补饲的一个重要途径。依地区及生产水平的不同，栽培饲草、饲料的产草量可比天然草场高2—5倍，甚至10倍，而且品质优良，富含各种营养物质，特别是豆科牧草及饲料作物，其蛋白质含量与糠、麸相当，矿物质及维生素含量尤为丰富。多年生牧草一经栽培，可生活几年或数十年，利用时间长，生产成本低。因此，大力推行牧草及饲料作物的种植，是保证草地畜牧业稳定、优质发展，并实现现代化的一项

重要措施。

大家都知道，从世界和我国情况来看，畜产品主要来自农区。由于土层厚、降水量多、劳动力充足、交通方便等有利因素，发展农区畜牧业的潜力是大的。它可以充分利用农作物的秸秆、糠麸等副产品供做饲草、饲料。但是光靠蛋白质含量仅2.6%的小麦秸、2.5—4.0%的稻草和3.3%的谷草等营养价值较低的副产品作饲草，已远远满足不了人民对畜产品品质和量日益增长的需求。在加速发展粮食作物和经济作物的同时，应该通过建立专用饲料地，种植高产饲料作物，把低产田退耕种草还牧，实行粮草轮作，以及间、混、套种和复种等多种形式，引草入田，促进农牧结合。这样，既提高土壤肥力，使粮食、经济作物等得以持续增产，又加速了农区畜牧业的发展。我国三北地区，小麦套种、复种草木樨、苜蓿、野豌豆和毛苕子等，已逐渐成为一种重要的种植方式。现在，不论是北方，还是南方，我国农区和城市郊区的畜牧业都有很大的发展，均要求根据各地具体情况，种植好牧草及饲料作物。

牧草的根系及微生物的生命活动，可改善土壤理化性质、促进团粒结构的形成和提高土壤有机质的含量。据测定，种植五年紫花苜蓿的土地，其每亩根量达1300余公斤，每亩豆科牧草固氮量为：草木樨9.3kg，紫花苜蓿14.3kg，毛苕子6.0kg。全世界每年通过豆科植物固定氮的数量约为4000万吨，相当于1977年全世界化学合成氮肥的产量。羽扇豆还可以促进难溶性磷的利用。所以，许多国家搞草地农业，实行了合理的农业生产结构和草田轮作，提高了土壤肥力，因而获得了很高的农业生态经济效益。

牧草及饲料作物中的不少种类还是我国重要的绿肥作物，这些绿肥作物是我国古老栽培的农作物之一，是古今农业生产中的重要肥源。研究及大量生产实践证明，施用绿肥可增产15—20%，而且豆科牧草及饲料作物本身就是其他作物的良好前作。

目前，严重的水土流失、生态环境恶化，越来越引起人们的关注。土壤是经过漫长的历史时期形成的产物，在植被的覆盖下，每形成10mm的表土，须历时100—400年。但它在不良的耕作制度下，10年就可能被水土流失掉，甚至可能在一场大风中或大雨下，被刮走或被冲刷掉。牧草根系发达，茎叶茂盛，能很好地覆盖地面，减少雨水冲刷及地表径流。所以，在容易发生水土流失的丘陵、沟壑地方种植牧草，既可以解决饲料和肥料问题，又可以保持水土。据中国科学院西北水土保持研究所测定，20度的坡地种苜蓿时，其径流量比耕地少88.4%，冲刷量少97.4%。降水量多的地方，牧草的保土能力为作物的300—800倍，保水能力为1000倍。沙地上生长的草类具有与流沙作斗争的能力，防风蚀和固定流沙。

此外，不少草种还可做为美化城市和净化空气的重要草坪植物。

总而言之，栽培牧草及饲料作物对于农、牧业的生产有着极重要的意义，是实现农、牧业现代化、合理调整农业生产结构的必由之路，它还将引起农作制度的重大改革。

## 二、国内外牧草及饲料作物生产概况及其发展趋势

我国是世界上历史悠久的农业国家，很早就开始栽培牧草及饲料作物。早在汉武帝，

我国就已种植紫花苜蓿，至今已有2000多年的历史。在南方，绿肥与牧草兼用的毛苕子，在晋初已有记载。目前这种牧草在我国有较大的种植面积。

但是，在旧中国，我国牧草及饲料作物种植的面积不大，地区不广，种类少，产量低。广大草地畜牧业地区，几乎没有种植业。

解放以来，农牧业生产有了很大的发展。随着农牧业生产的发展需要，我国牧草及饲料作物栽培事业也取得了一定的成就。

(一) 牧草及饲料作物的栽培面积日益增长 据1986年统计，从1983年起每年全国人工种草和草地改良速度突破2000万亩，1986年累计保留面积约1亿亩左右。人工草地和半人工草地的面积占全国天然草场面积近2%。从南方到北方，都栽培牧草及饲料作物，对发展我国农牧业生产起到了积极作用。

(二) 牧草及饲料作物栽培方面的科研和技术推广工作取得重大进展 近年来，我国牧草栽培工作者，坚持科研、教学、生产三结合的方针和理论与实践相结合的原则，在国家第六个五年计划期间，对北方各类型草场建立人工草地综合技术进行了研究，对全国主要多年生栽培牧草进行了区划。现在，在建立人工草地时应种植的牧草种类，建植的方法等，有了一套初步可行的办法。飞播牧草技术的研究和在不同生境条件下进行大面积飞播牧草的成功，不仅大大地提高了当地植被覆盖率，也较大的取得了治理国土的生态效益，而且成倍地提高了草地生产力，使当地牧业经济收入大幅度增长。此外，在粮草结合、林草结合、渔草结合、盐碱地种植碱茅等方面都有很大的进展，先进的地膜覆盖种植玉米的技术，也已开始在牧区运用。

(三) 开展了牧草及饲料作物的引种驯化和选育工作、良种繁育工作取得进展 解放以来，我国各地研究机构、农林院校从国外及国内引种了不少优良品种；调查、征集和整理了我国各地早已引入及各地长期形成的地方品种，对野生牧草资源进行了调查、引种、驯化和试验工作。北方推广了紫花苜蓿、沙打旺、草木樨、羊草、披碱草、老芒麦、无芒雀麦、冰草等，在南方推广了红三叶、白三叶、大翼豆、柱花草、黑麦草、鸭茅、狗牙根等。栽培品种逐渐增多。成立了全国牧草育种委员会，1987年已登记了“中豌一号”等12个牧草及饲料作物品种。目前除建立了国营牧草及饲料作物种子繁殖场60处外，尚有一批群众性的种子生产基地，1985年生产牧草种子3500万公斤。从温带、亚热带到热带，对不同类型草地栽培牧草种子的需要量都达到了自给有余。为了进一步提高牧草种子质量，国家颁布了《牧草种子检验规程》等条例，在不同地区建立牧草种子检验中心（站）12处，从1986年起正式执行牧草种子检验制度。

(四) 建立了相应的管理、研究机构 成立了草原研究所、草原工作站。在人才培养上不少高等农业院校建立了草原专业，从事于牧草及饲料作物育种、栽培的教学，科研队伍已逐渐形成和壮大，开展了不少科研工作，推广了牧草及饲料作物的栽培技术。

但是，我国在牧草及饲料作物栽培方面，同世界畜牧业发达的国家比较，还存在差距。我国目前人工草地面积虽然已达到1亿亩以上，然而仅占我国天然草场总面积的2%，而国

外许多畜牧业发达国家人工草地面积占天然草场均在10%以上,如美国占9.5%,苏联<sup>1</sup>0.6%,加拿大24%,法国32.6%,英国59.1%。而且我国人工草地的单位面积产量偏低,干草产量约为100—300kg/亩,大约相当于西欧国家的1/2—1/5,因此载畜量较低。国外大约1—2亩集约化经营的人工草地养一只羊,而我国大约须5亩地养一只羊。

建立人工的混播牧草草地是先进畜牧业国家的主要方式,但是,我国不同自然条件地区混播牧草的组合、比例、播种方法等,尚无系统研究。目前还缺乏适合我国各自然地理带的混播牧草技术资料。基础理论、栽培技术以及种(品种)特性等的研究尚处于开始阶段。生产中机械化、施肥、灌溉水平等都很低。

因此,为了实现畜牧业现代化,今后要加强组织领导,根据不同地区的自然条件,有计划、有目的地进一步选育当地优良牧草,开展对野生牧草的驯化工作,加强对有价值的优良牧草的繁殖与推广。与此同时,也应注意从各省(区)和国外引进一些适合我国各省(区)栽培的优良牧草品种,在牧区及半农半牧区,对于草料兼收的一年生饲料作物也应予以一定的重视。加强对混播牧草的研究,为尽快地建立大面积混播人工草地提供依据。我国北方地区,建立以上繁豆科牧草和禾本科牧草为主的混播人工割草场为主。因为北方冷季长,人工割草场可以解决冬、春补饲的饲草。在农区,除注意发展多年生牧草、推行粮草轮作外,不要忽视一、二年生豆科牧草的作用;通过间、混、套作和复种等方式,引草入田,过腹还田,以促进农牧业结合、全面发展。

### 三、牧草及饲料作物栽培学的任务及内容

牧草及饲料作物栽培学是研究牧草及饲料作物生长发育规律与环境条件的关系,研究促进牧草及饲料作物实现高产、稳产、优质、低成本的栽培理论与技术方法为主要内容的学科。其主要任务是运用现代生物科学及农业科学技术成就,深刻揭示牧草及饲料作物在各种丰产技术条件综合作用下的变化规律,从而最大限度地发挥丰产因素的作用,为畜牧业生产提供高产、优质的牧草和饲料。

这门学科,是一门紧密联系生产实际的综合性科学,它不仅研究各种牧草及饲料作物的生育状况,更重要的是必须结合各个地区具体情况,弄清其演变规律,并通过综合分析,找出具体的规律及其与之相适应的有效的农业技术措施。

牧草及饲料作物栽培学在内容上包括牧草生长发育生物学、土壤耕作与栽培技术、豆科牧草、禾本科牧草和饲料作物五大部分。前两部分以研究栽培的豆科和禾本科牧草生长发育生物学以及栽培技术原理为主,并介绍有关基础知识,后三部分重点研究我国北方地区的各种重要栽培牧草及饲料作物的栽培理论及栽培技术。为了学好本门课程,须要掌握普通植物学、植物生理学、植物分类学、植物生态学、牧草遗传育种学以及土壤学、草原保护学、家畜饲养学、数理统计和田间试验设计等。认真学习理论、深入生产实际,“实践、认识、再实践、再认识。”把试验研究、总结我国的经验和借鉴国外先进技术结合起来。在学习和推广国内外先进经验中,坚持具体情况具体分析,一切经过试验和实事求是的科学

态度，正确地贯彻党和国家发展农牧业生产的方针、政策，把我国牧草及饲料作物栽培事业尽快地发展起来，为祖国的四个现代化做出更多、更大的贡献。

(吴渠来)



# 第一篇 牧草生长发育生物学

## 第一章 种子萌发

栽培牧草，多属于禾本科及豆科两大类。禾本科牧草种子，实际上是一个果实，通常称之为颖果，而且这种颖果又常为内外稃所包裹而不易分开；豆科牧草的种子则是植物学上所称的种子。

所谓种子萌发，就是指幼胚恢复了生长，幼根幼芽突破了种皮，并向外伸展的现象。种子萌发实际上并不是一个新的有机体生命的开始，而是一株最幼嫩的植物（胚）重新恢复其正常生命活动的表现。

### 第一节 牧草种子特点及休眠

#### 一、牧草种子特点

栽培牧草种子，尤其是多年生牧草种子，一般都具有小而轻的特点。种子的大小及饱满度，可以用种子的长、宽、厚来表示，但通常也用千粒重来表示。所谓种子千粒重，即通常随机取种子1千粒（大粒种子亦有用200—500粒者），称其重量，数次平均，即为该种或品种种子的千粒重，一般用“g”来表示。关于常用栽培的禾本科及豆科牧草种子千粒重列表1—1—1。

从表1—1—1资料可以看出，大多数栽培牧草种子千粒重都在3g以下，很少超过4g者，豆科牧草中以杂三叶、红三叶、沙打旺等种子为最小，千粒重在0.75—1.52g之间，禾本科牧草种子中以猫尾草、草地早熟禾、小糠草的种子最小，千粒重不超过0.5g。以紫花苜蓿种子与小麦种子比较，小麦种子千粒重约为紫花苜蓿种子千粒重的15—20倍；以草地早熟禾种子与小麦种子比较，小麦种子千粒重约为草地早熟禾种子的190—260倍；谷子是一年生禾谷类作物种子中较小的一种，但其千粒重亦较紫花苜蓿高出1.5—2倍，高出草地早熟禾20—26倍。

栽培的牧草种子不仅小、轻、细碎，而且很多种子还带有荚、颖和芒等附属物，很多种子形状不规则（如扁平、三棱形等），这就影响了种子的流动性，同时在播种时很容易被风吹走，造成播种的不均匀现象。

由于牧草种子小而轻，种子中所贮藏的营养物质也就相应的少一些。种子子叶及胚乳是贮藏营养物质的主要部分，子叶、胚乳愈大，贮藏的营养物质愈多，而小粒的牧草种子

表1-1-1 我国常用栽培牧草种子千粒重

豆科牧草	测定品种数	平均千粒重 (g)	禾本科牧草	测定品种数	平均千粒重 (g)
紫花苜蓿	25	2.05	无芒雀麦	4	3.59
杂种苜蓿	5	1.94	扁穗雀麦	2	13.10
天蓝苜蓿	1	2.20	垂穗披碱草	3	2.87
沙打旺	4	1.60	麦萹草	2	2.98
黄花草木樨	6	2.17	肥披碱草	1	4.40
白花草木樨	5	2.12	蒙古冰草	3	2.02
无味草木樨	3	2.40	栉状冰草	1	2.00
山野豌豆	3	17.07	速生草	1	3.60
野豌豆	11	58.15	老芒麦	4	3.37
毛苕子	3	33.90	披碱草	2	4.31
广布野豌豆	1	17.00	纤毛鹅观草	1	4.40
羊 柴	4	9.33	蒿 草	1	6.80
白花山豆	4	164.00	高燕麦草	1	5.60
红豆草	4	19.10	草地羊茅	2	1.90
红三叶	2	1.80	多年生黑麦草	1	2.40
杂三叶	1	0.75	猫尾草	1	0.40
白三叶	1	0.6	草地早熟禾	2	0.31
埃及三叶草	1	2.30	小糠草	1	0.15
达呼里胡枝子	1	2.20	苏丹草	11	12.69
柠 条	2	37.93			

其子叶及胚乳占种子重量比例小，因而贮藏的营养物质数量相对的就少。例如红三叶种子子叶重量占总重量的50%，种皮占总重量的34%，胚占16%；紫花苜蓿相应为55%、31%及14%；羽扇豆相应为71%、27%及2%；野豌豆相应为85%、13%和2%。野豌豆、羽扇豆种子其营养物质含量必定比红三叶及紫花苜蓿含量多。

种子中贮藏的营养物质主要供种子萌发及早期生长之用。小粒种子所贮藏的为数不多的营养物质，在种子萌发过程中又大部分耗于萌发时，因而牧草种子萌发后所留下的供幼芽和幼根继续生长的营养物质也就很少了。关于这一点可以引用苏联学者费立蒙诺夫的试验资料来说明（表1-1-2）。

由下表可以看出，三叶草种子经萌发后，营养物质损失占种子总重的50%左右，而野豌豆只损失30%，刀豆则仅损失20%，由此可见，牧草种子经萌发后所留下供幼根及幼芽继续生长的营养物质就很少了。种子萌发后所剩余营养物质的多少，对于幼芽的出土、定

表 1-1-2 三种豆科植物种子萌发时干物质损失比较

牧草类别	试验用种子粒数	萌发前种子重 (g)	幼芽干重 (g)	萌发后重量的损失 (g)	损失占种子原重 (%)
红三叶	1000	1.71	0.88	0.83	48.5
野豌豆	200	15.11	10.42	4.66	31.3
刀 豆	100	65.71	52.05	13.33	20.7

植及生长均具有重要意义。

## 二、牧草种子的休眠

牧草种子中，尤其是多年生牧草种子，虽然在形态学上已达到成熟并且具有生活能力，但在给予适宜萌发条件时，它们常不萌发，视牧草种类、品种不同，往往需要数十天，数月或数年之后，才具有萌发的可能性，这种现象称之为种子的休眠。

种子的休眠是植物在长期历史发展过程中形成的一种适应性，它可以使植物抵抗不良的环境条件，保证其种的延续。因此，从植物本身来讲，休眠具有一定的意义；从农业生产角度来看，如果种子具有一定的休眠时期，若成熟及收获时遇到阴雨连绵的天气，成熟的种子不致于在植株上发芽，使生产少蒙受损失。但事物无不具有两重性，种子休眠也是这样。休眠的种子，特别是休眠期较长时，也会给生产带来一定的困难，用这种种子作为播种材料，常因不出苗或出苗不齐而造成缺苗、断垄的现象，同时也会给生产管理、收获带来困难，最终造成减产。具有休眠的种子，在播种时，由于不能确定其种用价值，无法计算合理的播种量，因而不易保证合理的密度。有些种子由于具有较长的休眠时期，往往在若干年后萌发而沦为田间杂草。

关于种子休眠的原因，归纳起来有如下几点：

(一) 胚未成熟 有些植物的种子，种熟而胚未成熟，为了进一步发育，种子必须吸收水分，并保持在有利的温度下，其所需时间，视种类不同，需要10天至几个月。

(二) 光敏感的种子 光对种子萌发的效应，是受光敏色素控制的，所谓光敏色素，是一种可能固定在质膜、核膜上的光吸收物质。有两种形式，一种是Pfr型，它在远红光处(735nm)有最大的吸收带，另一种是Pr型，它在红光(660nm)处有最大吸收带。Pr型吸收红光后变成Pfr型，Pfr型有生理活性，它有使种子萌发的作用。Pfr型吸收远红光后在暗处可变成Pr型，Pr型的光敏色素无生理活性，它抑制种子萌发。一般Pr型变成Pfr型比Pfr型变成Pr型容易。在太阳光下，植物体内的Pfr型比Pr型多，因此喜光种子在太阳光下能够萌发。蓝光下Pr型和Pfr型的数量大致相当。在黑暗中，种子里的光敏色素几乎是Pr型的。

(三) 种皮不透性 有些植物的种子坚硬致密，造成不透水、不透气，因而内部代谢很弱，使种子长期处于休眠状态。

(四) 种子未完成成熟 这些种子的胚早已成熟，但内部还缺乏萌发时所必需的营养物质，因而不能萌发。

(五) 抑制物质的作用 有些种子本身因含有某些能抑制种子萌发的化学物质，影响种子萌发，使种子处于休眠状态。已知抑制种子发芽的物质有脱落酸、氨、氰氢酸、乙烯、芳香油类、芥子油类、植物碱类、不饱和酸类等。例如，白花草木樨，含有邻位香豆酸(O-coummaria acid)的 $\beta$ -葡萄糖苷，在 $\beta$ -葡萄糖苷酶的影响下，水解成香豆酸，再乳化成为抑制剂香豆素。这样当种子吸收水分时，香豆素便产生了。假如有足够的水分，