

前 言

“牧草与饲料作物栽培学”是草学及其他草学相关本科专业设立的核心专业课，是草业科学主要研究方向之一。20 世纪 50 年代初，我国草原与牧草科学奠基人王栋编著了《牧草学通论》和《牧草学各论》教材，创立了我国牧草学科。1981 年，我国第一部高等农业院校试用教材《牧草及饲料作物栽培学》出版，结束了草原科学专业没有牧草饲料作物栽培学教材的历史，1990 年该教材进行了修订。2001 年，陈宝书主持编写了《牧草饲料作物栽培学》教材，之后由王建光于 2018 年进行了修订。

近年来，随着国内外学者对牧草饲料作物栽培学科及其相关基础学科的深入研究，通过对新方法和新理论的应用，研究人员在牧草饲料作物混播、间套种、复种技术等方面取得了重要创新。在此背景下，我们编写了《牧草与饲料作物栽培学》教材。全书包括绪论及 4 篇 11 章。第一篇牧草饲料作物生物学基础，阐述了牧草饲料作物的起源、分布、类型、区划，详细介绍了植物生长发育的基本概念，禾本科和豆科牧草饲料作物的根系、幼苗、枝条的生长发育，以及生殖器官分化。第二篇牧草饲料作物栽培学理论，阐述了牧草饲料作物种植前的土壤准备和耕作，详细介绍了单播饲草地种和品种选择、常规及特殊播种方法，混播饲草地的混播原理和技术，间套作饲草地的作用、技术特点和主要类型，饲草地复种的基本条件和技术，阐述了新建和成熟饲草地的管护技术，以及种子生产田的建植和管理技术。第三篇牧草各论和第四篇饲料作物各论分别介绍了主要牧草和饲料作物的植物学特征、生物学特性、栽培技术及经济价值。教材核心内容的编写从饲草播种前土地的准备开始，阐述了单播、混播、间套种、复种的建植及管理技术，以及种子生产和管理技术，系统性较强。

本书绪论由孙洪仁撰写；第一章由王铁梅和贾婷婷撰写；第二章由闫艳红撰写；第三章由孙洪仁、荆晶莹、尹学伟撰写；第四章第一和第二节由陈超、郝俊、成启明撰写，第三至第五节由杜文华、张静、赵方媛、赵雅姣、李雪、吕汉强撰写；第五章由孙洪仁、荆晶莹、尹学伟撰写；第六章由谢开云撰写；第七、第八章由杜文华、孙洪仁、陈超、赵方媛、闫艳红、谢开云、张静、荆晶莹、尹学伟、赵雅姣、李雪、吕汉强、郝俊、成启明撰写；第九章由谢开云撰写；第十、第十一章由杜文华、赵方媛、赵雅姣、李雪、吕汉强撰写。初稿完成

后，杜文华、赵方媛、赵雅姣、李雪、吕汉强对稿件进行了认真修改。本书得到了相关单位及领导的大力支持，在此一并表示感谢。

本书的编委为相关高校从事牧草与饲料作物栽培的一线骨干教师，具备丰富的理论和实践经验。在编写过程中，虽然我们注重理论与实践的结合，力争反映本学科最新进展，把最好的教材呈现给读者，但由于水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

《牧草与饲料作物栽培学》编委会

2026年3月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一篇 牧草饲料作物生物学基础

第一章 牧草饲料作物的分布、类型和区划	17
第一节 牧草饲料作物的起源和分布	17
第二节 牧草饲料作物的类型	23
第三节 牧草饲料作物的区划	27
第二章 牧草饲料作物的生长发育	37
第一节 概述	37
第二节 禾本科牧草饲料作物各器官的生长发育	42
第三节 豆科牧草饲料作物各器官的生长发育	47

第二篇 牧草饲料作物栽培学理论

第三章 土地准备	53
第一节 土地规划	53
第二节 土地平整	54
第三节 排灌集蓄调水系统建设	55
第四节 土壤改良	56
第五节 土壤耕作	59
第四章 饲草生产田的建植技术	63
第一节 单播饲草地的建植技术	63
第二节 混播饲草地的建植技术	73
第三节 间套作饲草地的建植技术	80
第四节 饲草地复种技术	86
第五节 饲草地轮作技术	90

第五章 饲草生产田的管理技术	95
第一节 新建饲草田的管护技术	95
第二节 成熟饲草田的管理技术	97
第六章 种子生产田的建植和管理技术	114
第一节 种子生产田的建植	114
第二节 种子生产田的管理	118
第三节 种子的收获	121

第三篇 牧草各论

第七章 豆科牧草	131
第一节 豆科牧草概述	131
第二节 苜蓿属牧草	134
第三节 三叶草属牧草	145
第四节 黄芪属牧草	150
第五节 红豆草属牧草	153
第六节 小冠花属牧草	157
第七节 百脉根属牧草	159
第八节 柱花草属牧草	161
第九节 草木樨属牧草	165
第十节 野豌豆属牧草	169
第十一节 山黧豆属牧草	173
第十二节 胡枝子属牧草	175
第十三节 岩黄芪属牧草	179
第十四节 锦鸡儿属牧草	183
第八章 禾本科牧草	187
第一节 禾本科牧草概述	187
第二节 雀麦属牧草	190
第三节 赖草属牧草	194
第四节 冰草属牧草	196
第五节 早熟禾属牧草	202
第六节 羊茅属牧草	204
第七节 碱茅属牧草	208
第八节 猫尾草属牧草	210
第九节 鸭茅属牧草	212
第十节 披碱草属牧草	213
第十一节 黑麦草属牧草	219

第十二节 牛鞭草属牧草·····	223
第十三节 鹅观草属牧草·····	226
第十四节 藜草属牧草·····	229
第十五节 狗牙根属牧草·····	231
第十六节 结缕草属牧草·····	234
第十七节 狼尾草属牧草·····	238
第十八节 雀稗属牧草·····	242
第十九节 狗尾草属牧草·····	244
第九章 其他科牧草·····	247
第一节 聚合草属牧草·····	247
第二节 松香草属牧草·····	250
第三节 苋属牧草·····	252
第四节 酸模属牧草·····	253
第五节 菊苣属牧草·····	255

第四篇 饲料作物各论

第十章 禾谷类饲料作物·····	261
第一节 玉米·····	261
第二节 燕麦·····	264
第三节 小黑麦·····	266
第四节 黑麦·····	269
第五节 高粱·····	270
第六节 大麦·····	272
第七节 谷子·····	274
第十一章 豆科饲料作物·····	277
第一节 饲用大豆·····	277
第二节 饲用豌豆·····	280
第三节 蚕豆·····	283
第四节 鹰嘴豆·····	285

《牧草与饲料作物栽培学》教学课件索取单

凡使用本书作为授课教材的高校主讲教师，可获赠教学课件一份。欢迎通过以下两种方式之一与我们联系。

1. 关注微信公众号“科学 EDU” 索取教学课件



扫码关注→“样书课件”→“科学教育平台”

2. 填写以下表格，扫描或拍照后发送至联系人邮箱

姓名：	职称：	职务：
手机：	邮箱：	学校及院系：
本门课程名称：		本门课程每年选课人数：
您对本书的评价及修改建议：		

联系人：王玉时 编辑 电话：010-64034871 邮箱：wangyushi@mail.sciencep.com

绪 论

一、牧草和饲料作物的概念

（一）饲用植物

饲用植物是指动物采食的无毒无害的植物。

（二）牧草

牧草是指动物采食的无毒无害的草本植物。自然界中天然生长的牧草称作野生牧草，人类驯化、培育并予以栽培的牧草称作栽培牧草。

广义的牧草亦包括动物采食的无毒无害的藤本、灌木、半灌木等木本植物，与饲用植物大体相当。

（三）饲料作物

饲料作物是指作为饲料栽培的各种作物，包括禾谷类、豆类、块根块茎类、瓜类、叶菜类等诸多类型。

（四）牧草与饲料作物的关系

牧草包括饲料作物，因为饲料作物无毒无害，既可供动物采食，又基本上为草本植物。饲料作物可包括栽培牧草，因为栽培牧草是人类驯化、培育并予以栽培的植物，属于作物。总之，在草牧业生产中一般统称为牧草饲料作物。

（五）饲草

饲草是草本饲用植物。广义饲草的概念与广义牧草的概念相近。狭义饲草的概念为狭义牧草和饲料作物。一般认为，饲草包括牧草和饲料作物。

二、牧草饲料作物的重要意义

（一）牧草饲料作物是草地畜牧业和渔业发展的物质基础

草食畜禽和草食鱼类，是天然食草动物。草食畜禽、鱼类的饲料以牧草和饲料作物为主。牧草和饲料作物是草地畜牧业和渔业发展的物质基础（王建光，2019）。

新中国成立后尤其是改革开放以来，我国经济社会迅速发展，人民生活水平大幅度提高，人们对草食畜禽和鱼类产品的需求日益增长，大量进口牛羊肉和奶粉。我国当前草食家畜实际饲养量约 14 亿羊单位（农业农村部畜牧兽医局和全国畜牧总站，2025），而天然草地理论承载力仅 2 亿余羊单位。显而易见，天然草地牧草产量严重不足，无法满足当前草食畜

牧业和渔业对牧草和饲料作物的需求。为了满足我国草食畜牧业和渔业发展需求，必须大力种植牧草和饲料作物。

（二）人工草地牧草和饲料作物单产水平高、产品一致性好

我国天然草地的干草产量仅约 0.75 t/hm^2 ，而人工草地牧草和饲料作物的干草产量为 $7.5 \sim 15 \text{ t/hm}^2$ ，人工草地单产是天然草地的 $10 \sim 20$ 倍。另外，人工草地牧草和饲料作物产品的一致性良好，便于作为草食畜禽和鱼类配方饲料的原料。

（三）多年生牧草和饲料作物可以减轻水土流失、抑制沙尘暴

我国土地风蚀、水蚀和沙尘暴形势颇为严峻，天然草地和耕地的不合理利用是其重要成因。一年生禾谷类作物因植被覆盖期短、覆盖度低，以及因耕作频繁而致表土松散，耕地—植被系统的固土保水能力较弱。与其不同，多年生草地地表覆盖期长、覆盖度高，地下根系发达且四季存留，土壤因耕作少而不松散，固土保水能力很强，控制水土流失、风蚀沙化和扬尘起沙的效果明显。在风蚀、水蚀严重地区，种植多年生牧草和饲料作物是减轻耕地水土流失、抑制沙尘暴的有效措施。

（四）牧草和饲料作物可以改良土壤

由于强烈的风蚀、水蚀和次生盐渍化作用，我国耕地存在沙化、粗化、贫瘠化、石漠化和盐碱化等诸多问题，荒漠化形势颇为严峻。多年生牧草由于抗风蚀、水蚀和抑制土壤盐分表层聚集能力较强，是抑制耕地荒漠化的有效措施。多年生牧草根系发达，根量较大；加之多年生草地的耕作次数明显少于一年生禾谷类作物，土壤扰动较轻，土壤有机质分解较慢，因而种植多年生牧草可明显提高土壤有机质含量，并进而改善土壤结构。盐碱化耕地种植耐盐碱牧草和饲料作物，既可收获一定饲草产品，同时又能起到改良土壤的作用。种植牧草和饲料作物，可养殖草食畜禽、生产畜产品；同时，畜禽粪肥可作为优质有机肥，返施于荒漠化农田，能有效提高土壤肥力。

（五）牧草和饲料作物可以提高自然资源利用率、增加生态系统生物多样性

林木、果树的行间种植牧草和饲料作物，可以提高林地、果园的光温水热和土地等自然资源利用率，实现林果、饲草双收。与单作相比，林草间作、果草间作使林地、果园生态系统生物多样性明显增加，既可提高观赏性，又能减轻病虫杂草危害。

（六）季节性闲田种植牧草和饲料作物可以增加产出

一些地区由于水热条件限制，种植粮食作物一季有余、两季不足，或两季有余、三季不足，如果引草入田可增加耕地利用期 $1 \sim 5$ 个月。季节性闲田复种、套种牧草和饲料作物，可以充分利用光温水热和耕地等自然资源，增加种植系统的产出。

（七）发展草地农业，实施农牧结合，可以增加农牧业系统产出

农区、半农半牧区种植牧草和饲料作物，养殖草食家畜，发展草地农业，使农牧结合，可以让粮食和经济作物的秸秆变废为宝，成为草食家畜的粗饲料，进而增加肉奶皮毛等畜产品产出。农牧结合，种养循环，既经济又环保，利于农牧业可持续发展。草田轮作，可以减轻病虫杂草危害（孙洪仁等，2008）。

三、国内外牧草和饲料作物栽培的历史进程

(一) 国外牧草和饲料作物栽培历史

孙启忠(2018)报道,伊朗考古遗址中发现炭化苜蓿(*Medicago*)种子,说明人类栽培苜蓿的历史可追溯到八千年以前。土耳其的考古挖掘中发现,约三千三百年前当地人就用高营养苜蓿饲草饲喂家畜。公元前1300年赫梯人和公元前700年巴比伦人的著作中,对苜蓿进行了论述。公元前1000年,波斯人广泛种植紫花苜蓿(*Medicago sativa*)。古希腊伟大的剧作家阿里斯托芬、哲学家和科学家亚里士多德、植物学家泰奥弗拉斯托斯,都曾对苜蓿进行过记述。公元前146年,罗马人从希腊获得苜蓿种子,并广为种植。

从区域来看,美国自然资源禀赋优越,耕地面积约为2亿 hm^2 ,栽培草地面积约为5000万 hm^2 ,大多为多年生混播草地,紫花苜蓿面积约为800万 hm^2 ,青贮玉米(*Zea mays*)面积为250余万 hm^2 。加拿大国土辽阔、人烟稀少,人工草地面积为1240万 hm^2 ,480万 hm^2 放牧利用,30万 hm^2 用于牧草种子生产,730万 hm^2 刈割利用,刈割草地中60%为紫花苜蓿或紫花苜蓿混播草地。澳大利亚地广人稀、草地资源丰富,栽培草地面积约为3000万 hm^2 ,以放牧利用为主。新西兰草地畜牧业发达,栽培草地面积为1000余万 hm^2 ,约为天然草地的3倍,以放牧利用为主。欧洲草地大多数进行了改良和培育,白三叶(*Trifolium repens*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*)混播草地比例较高,青贮玉米约为530万 hm^2 ,德国和法国最多,分别约为200万 hm^2 和140万 hm^2 。

(二) 我国牧草和饲料作物栽培历史

1. 夏商周和春秋战国时期 我国牧草和饲料作物栽培历史源远流长。郭沫若先生对殷墟卜辞的考证表明,至少在商代,我国先民已经开始种植和收获饲草,最古老的农田为种植刍秣之田;周代,设置“牛田”“菜田”种植饲草,以养公家之牛;春秋战国时期,服牛乘马数量大增,饲草种植日益增加(洪绂曾,2011)。

2. 两汉魏晋南北朝时期 汉武帝时期,“张骞凿空”,联结西域,苜蓿与葡萄(*Vitis vinifera*)、汗血宝马一道自中亚之大宛国引入我国,始种于肥饶之地,离宫别馆近旁尤多。司马迁《史记·大宛列传》曰:“宛左右以蒲陶为酒,富人藏酒至万馀石,久者数十岁不败。俗嗜酒,马嗜苜蓿。汉使取其来,於是天子始种苜蓿、蒲陶肥饶地。及天马多,外国使来众,则离宫别观旁尽种蒲陶、苜蓿,极望”(孙启忠,2018;2024)。两汉魏晋南北朝时期,以关中平原为中心,苜蓿种植区域迅速扩大,陕西、宁夏、甘肃、新疆、青海东部、内蒙古西部乃至黄河中下游地区皆有种植(孙启忠,2016;2020)。种草肥田之记载始于这一时期。郭仪恭《广志》曰:“苕草色青,黄紫花,十二月稻下种之,蔓延殷盛,可以美田,叶可食”。贾思勰《齐民要术》记载,夏绿肥有绿豆(*Vigna radiata*)、赤小豆(*Vigna umbellata*)、芝麻(*Sesamum indicum*)等,“为春谷田,则亩*收十石。其美与蚕矢熟粪同”。^①

3. 隋唐宋元时期 隋唐宋元时期,朝廷对苜蓿种植颇为重视。隋代设有掌管苜蓿种植的部门。唐代为了保障高达数十万匹军马和驿马的饲草供应,以律令制度对苜蓿种植进行了规定,并建立了众多以苜蓿为主的饲草生产基地。《新唐书·百官志》曰:“凡驿马,给地四顷,蒔以苜蓿”。《新唐书·兵志》云:“八坊之田,一千二百三十顷,募民耕之,以给刍

* 1 亩 $\approx 666.7 \text{ m}^2$ 。

秣”。《陇右监牧颂德碑》刻：“苜蓿麦、苜蓿一千九百顷，以芡蓄御冬”。北宋沿用唐制，置监以牧国马。全国建立牧监 116 所，牧马兼种饲草。同时，设置专门机构负责饲草生产，大量种植苜蓿等饲草。元代设置上林署掌管种植苜蓿以饲驼马，并发布政令，“仍令各社布种苜蓿，以防饥年”（洪绂曾，2011；孙启忠，2020）。

因广为种植，随处可见，兼具饲用、菜用、药用、肥用、观赏和芳香等多种用途，苜蓿受到文人雅士、达官显贵、贤达隐士等的青睐，成为他们笔下宠儿。于是，承继两汉魏晋南北朝之风，隋唐宋元时期诞生了众多具有苜蓿风格、苜蓿情怀、苜蓿精神的诗词歌赋和以苜蓿为意象的成语、典故，如苜蓿生涯、苜蓿堆盘、春盘苜蓿等。

隋唐宋元时期关于苜蓿的诗词颇多，许多文豪大家，如王维、杜甫、岑参、刘禹锡、温庭筠、李商隐、贯休、司马光、苏轼、苏辙、黄庭坚、王安石、陆游、范成大、朱熹、元好问、耶律楚材、赵孟頫等，皆有佳句流传至今。如王维诗曰：“绝域阳关道，胡沙与塞尘。三春时有雁，万里少行人。苜蓿随天马，葡萄逐汉臣。当令外国惧，不敢觅和亲。”杜甫有两首诗分别写道：“一县蒲萄熟，秋山苜蓿多。关云常带雨，塞水不成河。”“崕峒使节上青霄，河陇降王款圣朝。宛马总肥春苜蓿，将军只数汉嫖姚。”岑参诗云：“苜蓿峰边逢立春，胡芦河上泪沾巾。闺中只是空相忆，不见沙场愁杀人。”（孙启忠，2017）。

4. 明清时期 明清时期，苜蓿种植得到长足发展。明代苜蓿主要种植于黄河流域。因在生产生活中具有重要作用之故，关于苜蓿之许多农事活动，皆为经典要籍、明皇帝实录和地方志书所记载。清代苜蓿种植范围颇为广大，华东、华中、华北、东北、西北乃至川陕鄂比邻地区皆有种植。乾隆年间，河南《汲县志》曰：“苜蓿每家种二三亩”。《康熙字典》和《畿辅通志》等诸多重要典籍都收录和记载了苜蓿（孙启忠，2016；2020）。

明代绿肥种类颇多，广为种植者首推紫云英（*Astragalus sinicus*），鲜草产量高，“一亩草，能壅三亩田”。

明清时期涉及苜蓿之诗词可谓不计其数，刘基、朱元璋、解缙、于谦、欧大任、王世贞、胡应麟、郑板桥、纪昀、魏源等名人巨匠，亦对苜蓿偏爱有加。如朱元璋《征东至潇湘》诗曰：“马渡沙头苜蓿香，片云和雨过潇湘。东风吹醒英雄梦，不是咸阳是洛阳。”于谦《祈雨蔬食》诗云：“苜蓿盘中意味长，经旬不近酒杯香。亦知厚禄惭司马，且守清斋学太常。”（孙启忠，2017）。

5. 民国时期 民国时期苜蓿广泛种植于华东、华中、华北、东北、西北各地，亦草亦菜，天灾年份则为救荒作物。许多地方志书，如河北《景县志》、山东《莱阳县志》、甘肃《重修灵台县志》和《新疆志稿》等，皆有记载。

抗日战争期间，中国共产党领导的陕甘宁边区对牧草种植颇为重视。1941 年，陕甘宁边区发布了在延安、榆林、庆阳等地大力种贮牧草的指示。1942 年，毛泽东在《经济问题和财政问题》报告中号召大力开展牧草生产。陕甘宁边区还在盐道两旁广种苜蓿等牧草，以保障运盐牲畜之饲草供应（洪绂曾，2011；孙启忠，2020）。

6. 新中国成立以来 新中国成立以来，人民政府坚强有力，人民军队英勇无畏，人民群众刻苦勤勉，外御强敌，一雪前耻，内无战乱，国泰民安，经济社会高速发展，生活水平大幅提高。随之而来的是人口数量亦成倍增加，由 1949 年的 5.4 亿增至当今的约 14 亿。但受限水资源之严重不足，耕地面积仅增加 30%，由 1949 年的 1 亿 hm^2 增至当今的约 1.3 亿 hm^2 ，且约半数耕地为旱作雨养农田。由于科技长足进步和投入大幅增加，粮食总产量和人均占有量分别由 1949 年的 1.1 亿余 t、近 210 kg 增至当今的 6.8 亿 t、470 余 kg，人均占有量

超过了联合国粮食及农业组织规定的人均粮食安全标准线 400 kg。然而，与人民群众对美好生活不断增长之巨大需求相比，缺口依然很大，因此近年来每年进口粮食约 1.7 亿 t，其中约 1 亿 t 为大豆（*Glycine max*），余者杂粮居多。若欲避免风险，实现全部自给，则需增加耕地约 0.7 亿 hm^2 。

新中国成立之初的 30 年，由于化肥十分缺乏等原因，政府和群众皆十分重视绿肥种植，面积一度高达 1300 万 hm^2 。当今我国绿肥种植面积约为 450 万 hm^2 。

目前我国栽培草地面积约为 800 万 hm^2 ，年产折合干草约 1 亿 t。其中青贮玉米约为 360 万 hm^2 ，产量近 6000 万 t；紫花苜蓿约为 170 万 hm^2 ，产量约 1500 万 t；饲草燕麦（*Avena sativa*）为 50 余万 hm^2 ，产量约 420 万 t（农业农村部畜牧兽医局和全国畜牧总站，2025）。

当前我国草食家畜饲草需求量折合干草约 8 亿 t/年。天然草地野生牧草年产约 2 亿 t，合理利用率平均不宜超过 50%，理论可利用牧草近 1.5 亿 t；栽培饲草年产约 1 亿 t；二者合计约 2.5 亿 t。饲草供需缺口高达 6.5 亿 t 之多，占比约 75%。于是，我国草食家畜每年采食作物秸秆近 5 亿 t，超量采食天然草地野生牧草数千万吨，消耗谷物饲料数千万吨，消耗进口优质苜蓿和燕麦干草约 200 万 t。

作物秸秆适口性差、营养价值低，为了提高草食家畜生产效率，降低作物秸秆饲喂比例乃是必然趋势。减轻天然草地超载过牧压力，恢复和强化天然草地的生态功能已经成为全民共识，解决超量采食天然草地野生牧草问题势在必行。粮食安全问题举国关注，减少草食家畜谷物饲料消耗的呼声已然响起。尽管苜蓿和燕麦干草进口数量不是很大，但已经受到政府关注，一度化身为中美贸易战的一颗子弹。面对上述重大现实需求，发展牧草和饲料作物栽培任重而道远。

四、我国牧草与饲料作物栽培科学技术

（一）古代

1. 土地准备 西汉时期，司马迁《史记·大宛列传》记载，“天子始种苜蓿、蒲陶肥饶地”。说明苜蓿种植于肥沃土地。

北魏时期，贾思勰《齐民要术·种苜蓿》说，在黄河中下游地区，灌溉苜蓿要求“地宜良熟”，“畦种水浇”，“铁耙耨土令起”；“旱种者，重耨耩地，使垄深阔”（孙启忠，2020；2024）。种植苜蓿要求选择好地、熟地；灌溉苜蓿需要作畦打埂；雨养苜蓿要求精心整地、宽深起垄。

唐代，孙思邈《千金翼方·种苜蓿法》曰：“老圃多解，但肥地令熟，作垄种之，极益人”（孙启忠，2020）。肥沃土地、熟化土壤，结合垄作，利于苜蓿生长。

宋代，沈括《梦溪笔谈》曰：“苜蓿，择肥地，耨令熟，作垄种之，极益人”。种植苜蓿要求选择肥沃土地，熟化土壤，并采取垄作。陈直《寿亲养老新书》亦有类似记载。晁补之《视田五首赠八弟无斁》诗云：“择高种苜蓿，不湿牛口涎”（孙启忠，2020；2024）。种植苜蓿宜选择高寒之地。

明代，刘基《多能鄙事》和徐光启《农政全书》，引述了贾思勰《齐民要术·种苜蓿》的内容。

清代，蒲松龄《农桑经》曰：“苜蓿，野外有隙田，可种以饲畜”。苜蓿可种植于贫瘠土地。张宗法《三农纪》说，苜蓿“芟之不歇，其根深，耐旱，盛产北方高厚之土，卑湿之处

不宜其性也”。苜蓿宜种植于地势高亢、土层深厚之地，应避开低湿之地。郭云升《救荒简易书》曰：“祥符县老农曰，苜蓿性耐碱，宜种碱地，并且性能吃碱，久种苜蓿能使碱地不碱”；“苜蓿沙地能成，冀州及南宫县有种苜蓿于沙地者”；“苜蓿性喜冷寒，宜种于又冷又寒石地”；“一劳永逸，生生不穷，苜蓿有此力量，种于刚硬淤地，刚硬不能为害也”（孙启忠，2020；2024）。苜蓿可种植于盐碱、沙石、淤硬土地。

2. 播种技术

（1）播种期 东汉时期，崔寔《四民月令》说，在洛阳地区，阴历正月和七八月皆适宜苜蓿播种；正月“牧宿子及杂蒜，亦可种，此二物皆不如秋”。苜蓿秋播优于春播。北魏时期，贾思勰《齐民要术·种苜蓿》曰：“七月八月，可种苜蓿”。隋代，杜台卿《玉烛宝典》记载，苜蓿可在阴历二月、七月播种。唐代，韩鄂《四时纂要》说，苜蓿宜于阴历正月、七月、八月播种。宋代，吴恽《种艺必用》记载，阴历正月播种苜蓿。明代，刘基《多能鄙事》“种苜蓿项”说，阴历“七月种之”。王象晋《群芳谱》曰：“苜蓿种植：夏月取子和荞麦种”；戴羲《养余月令》说，阴历四月，“苜蓿，是月取子，和荞麦种之”。苜蓿可夏播，应与荞麦混播。徐光启《农政全书》，引述了贾思勰《齐民要术·种苜蓿》内容。清代，陈淏子《花镜》说，在江浙一带，苜蓿宜于阴历七八月播种。郭云升《救荒简易书》曰：“田地背阴，四时可种苜蓿”；“五月中苜蓿和黍混播”；“苜蓿宜于五六月种，假借草之阴凉”；“苜蓿菜七月种，必须和秋荞麦而种之”（孙启忠，2020；2024）。在适宜区域，苜蓿一年四季皆可种植；与黍、荞麦混播，或借助杂草遮阴，苜蓿可以夏播或秋初播种。

（2）播种方法 北魏时期，贾思勰《齐民要术·种苜蓿》曰：“穹瓠下子，批契曳之”。采用点播的方法播种苜蓿，使用批契覆土。明代，徐光启《农政全书》，引述了贾思勰《齐民要术·种苜蓿》内容。

唐代，韩鄂《四时纂要》曰：“苜蓿，若不作畦种，即和麦种之不妨，一时熟”。秋播苜蓿，可以冬小麦作为保护作物，与其同期混播。

明代，王象晋《群芳谱》曰：“苜蓿种植：夏月取子和荞麦种，刈荞时，苜蓿生根，明年自生”；戴羲《养余月令》说，阴历四月，“苜蓿，是月取子，和荞麦种之，刈荞时，苜蓿生根，明年自生，三年极盛”。夏播苜蓿宜与荞麦混播，以其作为保护作物。

清代，蒲松龄《农桑经》、鄂尔泰等《授时通考》、丁宜曾《农圃便览》、张宗法《三农纪》，皆引述了王象晋《群芳谱》内容。郭云升《救荒简易书》曰：“五月中苜蓿和黍混播”；“苜蓿宜于五六月种，假借草之阴凉，以免烈日晒杀，使其因祸为福，化害为利”；“闻直隶老农曰：苜蓿菜七月种，必须和秋荞麦而种之，使秋荞麦为苜蓿遮阴，以免日晒杀”（孙启忠，2020；2024）。夏播或秋初播种苜蓿，应以黍（*Panicum miliaceum*）、杂草、荞麦（*Fagopyrum esculentum*）等作为保护植物。

（3）种子处理 明清两代农书记载，播种前要对苜蓿种子进行碾压磋磨，以提高其发芽率。

3. 水肥管理 北魏时期，贾思勰《齐民要术·种苜蓿》说，灌溉苜蓿，“畦种水浇，一如韭法，亦一剪一上粪，铁耙耨土令起，然后下水”。苜蓿管理，如同种植韭菜（*Allium tuberosum*）一样，刈割一茬追肥一次；先打畦埂，然后灌水。

唐代，韩鄂《四时纂要》曰：“种苜蓿，畦种一如韭法，亦剪一遍，加粪，扒起，水浇”。孙思邈《千金翼方》云，苜蓿“每一剪，加粪，锄土拥之”。

宋代，沈括《梦溪笔谈》说，苜蓿“每剪加粪”。陈直《寿亲养老新书》曰：“每剪加

粪，锄土拥之”。

明代，刘基《多能鄙事》“种苜蓿项”曰：“畦种水浇，悉如韭法，一剪一上粪，耙耨立起，然后下水”。徐光启《农政全书》，引述了贾思勰《齐民要术·种苜蓿》内容。

清代，王树枏《新疆小正》曰：“宿麦始苏，苜蓿灌漑”（孙启忠，2020；2024）。

4. 刈割制度 东汉时期，崔寔《四民月令》说，苜蓿一年刈割3次，农历五月青饲，七月和八月制作干草。

北魏时期，贾思勰《齐民要术·种苜蓿》曰：“一年三刈，留籽者一刈则止”。

唐代，韩鄂《四时纂要》指出，苜蓿六月收获。孙思邈《千金翼方》云，苜蓿“还须从一头剪，每一剪，加粪，锄土拥之”。

宋代，沈括《梦溪笔谈》说，“还须从一头剪，每一剪，加粪，锄”。

明代，刘基《多能鄙事》“种苜蓿项”曰：“一年三刈，其留籽者一刈即止”。王象晋《群芳谱》说，苜蓿“三年后便盛，每岁三刈，欲留种者止一刈”。

清代，杨岫《鹵风广义》记载，从春夏之间到秋末，苜蓿可以数次刈割。张宗法《三农纪》记载，与荞麦混播苜蓿，荞麦收获后，苜蓿自生，“来年只可一刈，三年后更茂，每岁二刈，留种者止一刈”。鄂尔泰等《授时通考》亦有类似记载。黄辅辰《营田辑要》曰：“苜蓿，七八月种……岁可三刈，欲留种者止一刈。此物长生，一种之后，明年自生，可一刈，久则三刈”（孙启忠，2020；2024）。

5. 更新复壮 北魏时期，贾思勰《齐民要术·种苜蓿》曰：“每至正月，烧去枯叶。地液辄耕垄，以铁齿耙之，更以鲁斫断其科土，则滋茂矣”。每到阴历正月，火烧苜蓿枯枝残叶；土地化冻后，耕作培垄，以铁齿耙耙地，用鲁斫碎土，则苜蓿繁茂。

唐代，韩鄂《四时纂要》说，阴历十二月，“苜蓿之地，此月烧之，讫，二年一度，耕垄外，根斩，覆土掩之，即不衰”；冬季火烧苜蓿枯枝残叶，两年进行一次断根、覆土，可使苜蓿长盛不衰。

元代，官修《农桑辑要》曰：“烧苜蓿之地，十二月烧之讫”。王祯《王祯农书》则将“烧苜蓿”列为正月的农事操作。

明代，刘基《多能鄙事》“种苜蓿项”云，“每至正月，烧去枯叶”；“地液，即耨耕，斫断其科土，则不瘦”。王象晋《群芳谱》说，苜蓿“六七年后垦去根，别用子种”。徐光启《农政全书》曰：“苜蓿七八年后，根满，地亦不旺，宜别种之”。苜蓿种植六至八年后，应该重新种植其他作物。

清代，张宗法《三农纪》说，苜蓿“五六年后根结，宜垦去另植”。黄辅辰《营田辑要》曰：“苜蓿，六七年后，去其繁根便茂”（孙启忠，2020；2024）。苜蓿种植六七年后，去除根颈顶部之老朽部分，可以令其由衰转盛。

6. 草田轮作 明代，王象晋《群芳谱》说，苜蓿“若垦后次年种谷，必倍收，为数年积叶坏烂，垦地复深，故三晋人刈草三年即垦作田，亟欲肥地种谷也”（孙启忠，2020；2024）。种植苜蓿三年后轮作谷类作物，产量翻番。

孙启忠（2020）指出，明清时期，咸阳及周边地区，小麦（*Triticum aestivum*）与苜蓿轮作，种植苜蓿五六年后，接茬连种三四年小麦。关中民谚曰：“一亩苜蓿三亩麦，连种三年劲不散”。

清代，蒲松龄《农桑经》说，“苜蓿……六七年后去根另种。若垦后种谷，必大收”；在山东淄川及其附近，“六月合收麦种”，苜蓿“宜于七八月种”。苜蓿种植六七年后，轮作谷类，

定然丰收；小麦农历六月收获之后，宜于农历七八月接茬轮作苜蓿。

杨秀元《农言著实》曰：“挖苜蓿根要细心，叫伙计靠镢子挖。有苜蓿处，不待言也。即无苜蓿处，亦要用心挖。有土壅，务必打碎拨平，过底方妥。所以然者，何也？得雨后，就要种秋田禾。不如，日晒风吹，地不收墒；兼之没挖到处，定行不长田禾。牢记！牢记！”

谢树森和谢广恩《镇番遗事历鉴》曰：“若地力过疲，易之苜蓿，阅二三年，遽成上上之地，盖亦农家经验也”。农田地力衰退后，改种苜蓿两三年，即可成为上等良田。

陈恢吾《农学纂要·轮栽停种》曰：“凡轮栽，当先栽深根之物，以吸下层养质，次栽中根浅根”；“豆、苜蓿后，宜麦、粟类，后宜萝卜、薯蓣等”（孙启忠，2020；2024）。作为豆科深根植物，苜蓿在轮作时宜排在禾谷类作物之前。

《增订教稼书》说，盐碱地“宜先种苜蓿，岁夷其苗食之，四五年后去其根，改种五谷蔬菜，无不发矣”（洪绂曾，2011）。

7. 林草间作 清代，郭云升《救荒简易书》曰：“田地向阴，或山所遮，或林所蔽，农民辄叹棘手，若种苜蓿菜，必能茂盛”（孙启忠，2020；2024）。林间隙地可种植苜蓿，实施林草间作。

（二）近代

1. 草种选择 1907年，奉天农业试验场从国外引种牧草数十种（洪绂曾，2011）。1914—1945年，伪满公主岭农事试验场从国外引种牧草数十种。1934—1935年，新疆引进紫花苜蓿、红三叶（*Trifolium pratense*）、猫尾草（*Phleum pratense*）等草种，在塔城、伊犁、乌鲁木齐、布尔津等地试种。20世纪三四十年代，中央农业实验所和中央林业实验所，引种紫花苜蓿、红三叶、杂三叶（*Trifolium hybridum*）、绛三叶（*Trifolium incarnatum*）、百脉根（*Lotus corniculatus*）、野豌豆（*Vicia sepium*）、黑麦草（*Lolium*）、苏丹草（*Sorghum sudanense*）等草种逾百份。1942—1948年，农林部甘肃天水水土保持实验区，叶培忠先生等引种牧草300余种，筛选推广68种，以草木樨（*Melilotus suaveolens*）、狼尾草（*Pennisetum alopecuroides*）、野牛草（*Buchloe dactyloides*）最为著名。1946年，中央政府将获自联合国之21个草品种种子，分发给全国78个农业实验站、畜牧试验场和教育机构，供其试种（洪绂曾，2011；孙启忠，2018）。

2. 土地准备 1934年，李嘉猷指出，种植苜蓿应“注意突然排水，要求土壤理学状况良好，使根瘤菌活动完善”；“层层耕耘土地以增进土壤菌之固定力”。1947年，汤文通指出，“紫花苜蓿不能耐淹，若土壤排水不良，便将受害”；“土若有石灰，则生长茂盛”；“我国西北部及北方诸省雨量少，土壤富含石灰质，紫花苜蓿之栽培甚为普遍”；“南部雨量多，土壤大部为酸性，栽培较不适宜，然排水佳良之旱地，施以相当之石灰，亦未尝不可以栽培”；“土壤种类对于根系形式影响甚大，坚滞之土壤妨碍根部之发展，支根殊少，若土质轻松，则支根非常发达”。

3. 播种技术 齐如山曰：“近代华北种苜蓿”“不用耨耩，只用手撒散种子于地便妥”；“不过布种时须注意，因籽粒太小，土不能太松，因籽粒倘被土埋上，则虽生芽亦顶不出来；土皮太硬当然更不合适，地皮须平而软，雨后用手撒于地上便妥”。

4. 水肥管理 1934年，李嘉猷指出，种植苜蓿，“缺乏腐殖质土壤，当补施有机肥”；“不宜再施或多施氮素肥料”；“大量磷酸肥及钾肥最宜施之于土，盖不独与微生物营养有裨，尚同时为豆科植物本身所必需也”；“土壤为酸性时，宜施碱性肥料中和之，为碱性

时,宜施酸性肥料中和之,则适宜者,不碍菌之发育”。

5. 刈割制度 20 世纪 40 年代初,王栋先生在陕西省以春播新建紫花苜蓿为试验材料开展了刈割间隔试验,结论为间隔 6 周最佳。

6. 草粮间套作 苏北盐垦区,“在久垦之熟地,虽有种植豆麦者,亦仍保留苜蓿,于五六尺宽行中,种豆麦一条而已”(孙启忠,2020;2024)。

7. 草田轮作 陕西,苜蓿与小麦轮作倒茬;江浙一带,南苜蓿与棉花、水稻轮作。1932 年,绥远省五原农事试验场利用苜蓿试行推广粮草轮作。1939 年,伪满开拓总局实施“北满改良农法”,推行以苜蓿、燕麦为主栽作物的草田轮作制(孙启忠,2020)。

8. 科技传播 1897 年,《农学报》创刊;尔后,《农事月刊》《农林新报》《农科季刊》《农译》《西北农林》《畜牧兽医月刊》等刊物纷至沓来;这些刊物登载了许多牧草栽培技术方面的文章。1937 年,孙醒东先生在中央人民广播电台连续做了 4 次苜蓿讲座。20 世纪三四十年代,伪满公主岭农事试验场出版了《紫花苜蓿的栽培》《紫花苜蓿——栽培法》等图书和刊物(孙启忠,2018)。

(三) 现代

新中国成立以来,国家十分重视牧草和饲料作物栽培科学技术研究,文章专著汗牛充栋,择其要者简述如下。

1. 中国饲用植物研究 1980 年,以贾慎修先生为主编的《中国饲用植物志》编写委员会成立。逾百位知名学者、历经十八年艰苦努力,在 1997 年完成了全部六卷的出版工作(中国饲用植物志编辑委员会,1987;1989;1991;1992;1995;1997)。编写过程中,贾慎修先生于 1988 年不幸逝世,祝廷成先生、陈默君先生等众位编委坚持以贾慎修先生为主编,完成《中国饲用植物志》编写工作。《中国饲用植物志》所收植物种类包括 85 科 943 种,主要包括形态特征、地理分布、生物学与生态学特性、饲用价值、栽培要点。生物学与生态学特性部分,包含饲用植物生长发育规律及其与环境因子的关系,是饲用植物栽培的重要基础。栽培要点部分,包括品种选择、土地准备、播种技术、水肥管理、病虫杂草管理、刈割制度等,是饲用植物栽培的全部内容。

考虑到《中国饲用植物志》收录植物种类略少,六卷均各自分科排列、不便查阅,同时一些重要饲用植物研究取得新进展,陈默君先生决心将其统编为一部,并增补饲用植物种类及最新研究进展内容。2000 年,陈默君先生获得国家自然科学基金委员会学术著作出版基金资助。在原《中国饲用植物志》编委的支持下,《中国饲用植物》于 2002 年出版(陈默君和贾慎修,2002)。《中国饲用植物》所收植物种类包括 104 科 657 属 3680 种。陈默君先生克服重重困难,呕心沥血,完成《中国饲用植物》出版工作的核心动力有两个,一是推进草业科学和技术发展的事业心、责任感和情怀,二是完成亦师亦友的贾慎修先生的遗愿。

2. 中国多年生栽培草种区划研究 1984 年,农牧渔业部畜牧局下达“全国主要多年生栽培草种区划研究”重点科研项目。洪绂曾先生作为总主持人,组织协调全国 350 个科研、教学、生产单位的 1100 余人,历时五年,完成该项目,并先后出版了《中国多年生栽培草种区划》和《中国多年生草种栽培技术》两本专著(洪绂曾等,1989;1990)。《中国多年生栽培草种区划》将全国草种划分为 9 个大区、40 个亚区,每个大区 and 亚区皆确定了当家草种及辅助草种。《中国多年生草种栽培技术》介绍了 40 余个重要草种的植物学特征、生物学特性、栽培技术、饲用价值、利用技术等内容。《中国多年生栽培草种区划》为我国牧草栽培

的草种选择奠定了重要基础。《中国多年生草种栽培技术》为我国牧草栽培和利用提供了有力支撑。

3. 牧草和饲料作物测土推荐施肥系统研究 2002 年开始, 孙洪仁研究团队致力于牧草和饲料作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究。2014 年, 孙洪仁研究团队成功创建了由“零散试验数据整合法”“土壤养分丰缺分级改良方案”和“养分平衡-地力差减法新应用公式”构成的“作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究新方法”(孙洪仁等, 2014a, 2014b, 2014c; 孙洪仁和王显国, 2020; 孙洪仁等, 2020b)。该新方法有效地克服了作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统研究存在的工程庞大、投资巨大、投入强度颇高的困难。利用该新方法, 孙洪仁研究团队成功建立了我国青贮玉米(孙洪仁等, 2020b)、紫花苜蓿(孙洪仁等, 2022)、饲草燕麦(孙洪仁等, 2024)、高粱(*Sorghum bicolor*)、谷子(*Setaria italica*)、大麦(*Hordeum vulgare*)、甜菜(*Beta vulgaris*)和马铃薯(*Solanum tuberosum*)等牧草和饲料作物土壤养分丰缺指标推荐施肥系统。

利用“养分平衡-地力差减法新应用公式”和“土壤养分丰缺分级改良方案”, 孙洪仁研究团队进一步拓展研制了普遍适用于各种作物和各种养分的“不同丰缺级别土壤作物适宜施用养分量通用检索表”。利用该通用检索表, 孙洪仁研究团队进一步深入探索获得两个新发现, 一为土壤养分收支平衡点及其与养分当季利用率的关系, 二为土壤有效养分丰缺级别终极趋向点(孙洪仁等, 2014c; 孙洪仁和王显国, 2020; 孙洪仁等, 2020a)。

五、我国牧草与饲料作物栽培教学发展史

(一) 课程开设

20 世纪 30 年代末, 孙逢吉先生在浙江大学率先开设牧草学课程。1942 年开始, 王栋先生先后在西北农学院(今西北农林科技大学)、中央大学农学院和南京农学院(今南京农业大学)讲授牧草学。1943 年开始, 贾慎修先生在西北技艺专科学校(后拆分并入西北畜牧兽医学院和西北农学院)讲授饲料作物学和牧草学。1946 年开始, 蒋彦士先生、贾慎修先生先后在北京大学农学院讲授牧草学。

1949 年, 新中国成立后, 牧草和饲料作物栽培教学得到迅速发展。1952 年, 全国高等学校院系调整后, 依据国家统一教学计划, 农业院校普遍开设牧草学和饲料生产学课程。如: 孙凤舞(1950 年)和董玉晨(1951 年)在东北农学院(今东北农业大学)分别讲授饲料作物学和牧草学; 何敬贞(1951 年)和杜逸(1952 年)在四川大学(今四川农业大学)先后讲授牧草学; 叶培忠(1952 年)在武汉大学农学院(今华中农业大学)讲授牧草栽培学; 朱懋顺(1952 年)在八一农学院(今新疆农业大学)讲授牧草饲料作物生产学; 卢得仁(1953 年)在西北畜牧兽医学院(今甘肃农业大学)讲授饲料生产学; 孙醒东(1953 年)在河北农学院(今河北农业大学)讲授牧草学和饲料生产学。

1958 年, 我国第一个草原专业于内蒙古畜牧兽医学院(今内蒙古农业大学)成立, 牧草和饲料作物栽培学成为草原专业及后来的草业科学专业的核心骨干课程(洪绶曾, 2011)。

(二) 教材编写

1950 年, 王栋先生编写的《牧草学通论》(上编, 下编)问世(王栋, 1950a; 1950b), 此乃我国第一部与牧草和饲料作物栽培学密切相关的教材。1956 年, 王栋先生主编的《牧草学各