

国家自然科学基金项目
中国科学院地理科学与资源研究所创新领域项目 资助
中国科学院“百人计划”项目



樊江文 陈立波 主编

草地生态系统 及其管理

钟华平 史云威
副主编

中国农业科学技术出版社

69.3
764

国家自然科学基金项目

中国科学院地理科学与资源研究所创新领域项目 资助

中国科学院“百人计划”项目

草地生态系统及其管理

主 编 樊江文 陈立波

副主编 钟华平 史云威

2005年1月16日

中国农业科学技术出版社

— 00986

图书在版编目(CIP)数据

草地生态系统及其管理/樊江文等主编. —北京:中国农业科学技术出版社, 2002. 9

ISBN 7-80167-423-5

I. 草… II. 樊… III. ①草地—生态系统②草地—管理 IV. S812

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 062167 号

责任编辑
责任校对
出版发行

经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

鲁卫泉
马丽萍

中国农业科学技术出版社
(邮编:100081 电话:(010)62189012)

新华书店北京发行所
北京奥隆印刷厂

850mm × 1168mm 1/32 印张:6.75

1 ~ 1 000 册 字数:225 千字

2002 年 9 月第 1 版, 2002 年 9 月第 1 次印刷

30.00 元

《草地生态系统及其管理》编委会

主 编	樊江文	陈立波		
副 主 编	钟华平	史云威		
编写人员	樊江文	陈立波	钟华平	史云威
	梁 飏	邵 彬	牛海山	兰云峰
	索亚林	朝 鲁	贡旭疆	石培礼
	于贵瑞	牛 栋		

前 言

草地生态系统是我国面积最大的陆地生态系统。随着我国大规模生态建设的开展,对草地植被的研究、管理、保护和合理利用都进入了一个新的历史时期。在这种情况下,迫切需要对国内外现有的研究成果、先进的管理方法和成功经验进行系统总结和凝练,以适应我国草地生态学的深入开展,并推动草地生态建设和草地畜牧业的可持续发展。

基于以上认识,我们在长期从事草地生态学研究工作的基础上,编写此书,希望能对草地生态系统研究的成果在推介方面有所贡献,并起到抛砖引玉的作用。

特别需要指出的是,在本书的编写过程中,我们并不刻意追求草地生态系统研究的系统性和完整性,而是针对目前研究的几个热点领域问题进行探讨。全书共分十一章,第一章 草地生态系统中植物与环境的关系,由樊江文、史云威、钟华平编写;第二章 草地生态系统中植物的竞争作用,由樊江文、钟华平、梁飏编写;第三章 草地生态系统植被的多样性及其管理,由陈立波、樊江文、钟华平、兰云峰编写;第四章 草地生态系统生产力研究,由钟华平、樊江文、索亚林编写;第五章 草地生态系统碳循环和碳蓄积,由樊江文、石培礼、钟华平、梁飏、于贵瑞、牛栋编写;第六章 草地生态系统营养元素生态学研究,由钟华平、樊江文、兰云峰、陈立波编写;第七章 草地生态系统植物的水分利用研究,由史云威、钟华平、樊江文、朝鲁、尕旭疆编写;第八章 草地生态系统景观生态学研究,由邵彬编写;第九章 草地生态系统恢复生态学研究,由牛海山编写;第十章 草地生态系统监测与管理,由钟华平、樊江文、尕旭疆编写;第十一章 草地生态学研究方法,由梁飏编写。本书由樊江文、陈立波负责总体构思、组织编写和统稿工作,钟华平、史云威参与了统稿工作。

本专著涉及的研究和编写工作,得到国家自然科学基金项目“草地群落退化演替的植物竞争关系和稳定性调控(39770142)”、中国科学院地理科学与资源研究所创新领域项目“草地生态系统生产力形成的环境动力机制研究(SJ10G-C00-04)”、中国科学院地理科学与资源研究所创新领域主干项目“中国草地和农田植被碳蓄积量的估算与空间格局(CX10G-E01-02-05)和中国科学院“百人计划”项目“生态系统管理的基础生态学过程研究”的经费资助。同时,中国科学院地理科学与资源研究所、中国农业科学院草原研究所、内蒙古乌兰察布盟畜牧科学研究所和四子王旗农业综合开发办公室给予了大力支持。此外,中国科学院地理科学与资源研究所的刘建华、杜占池等同志在收集资料等方面给予了具体帮助,编著者在此表示衷心感谢。

由于我们水平有限,本书肯定存在不少缺点和错误,欢迎同行批评指正,以便今后修改和完善。

编者
2002 年 7 月

目 录

第一章 草地生态系统中植物与环境的关系	(1)
第一节 光照对草地植物的影响	(1)
第二节 温度对草地植物的影响	(5)
第三节 营养和肥力对草地植物的影响	(8)
第四节 水分对草地植物的影响	(15)
第五节 管理利用对草地植物的影响	(16)
第二章 草地生态系统中植物的竞争作用	(24)
第一节 植物竞争的生态学理论	(24)
第二节 植物竞争模型及竞争系数	(27)
第三节 植物竞争研究进展	(31)
第三章 草地生态系统植被的多样性及其管理	(38)
第一节 中国草地植被物种的多样性	(38)
第二节 中国草地植被类型的多样性	(42)
第三节 中国草地地带性分布格局的多样性	(51)
第四节 人类活动对中国草地生态系统植被多样性的 影响	(52)
第五节 草地生态系统植被多样性的持续管理策略	(54)
第四章 草地生态系统生产力研究	(56)
第一节 草地生态系统生产力研究进展	(56)
第二节 中国草地生态系统生产力特征	(63)
第五章 草地生态系统碳循环与碳蓄积	(74)
第一节 草地生态系统碳蓄积研究概况	(74)
第二节 草地生态系统碳蓄积特征与格局	(81)
第三节 影响草地生态系统碳循环与碳蓄积的因素与 作用机制	(83)

第四节	草地生态系统碳蓄积的估算方法	(92)
第六章	草地生态系统营养元素的生态研究	(98)
第一节	草地生态系统营养元素化学特征	(98)
第二节	草地生态系统营养元素吸收、积累与分配	(106)
第三节	草地生态系统的营养元素循环	(112)
第七章	草地生态系统植物的水分利用研究	(117)
第一节	草地植物及群落的水分特征	(117)
第二节	草地植物水分利用(转化)效率研究	(122)
第八章	草地生态系统的景观生态学研究	(127)
第一节	景观与景观生态学	(127)
第二节	景观生态学的基本内容、理论与研究方法	(129)
第三节	景观生态学的应用	(150)
第九章	草地生态系统恢复生态学研究	(152)
第一节	草地退化的类型	(152)
第二节	退化草地的特征、过程及机理	(154)
第三节	草地恢复的过程	(159)
第十章	草地生态系统监测与管理	(161)
第一节	草地资源遥感调查研究	(161)
第二节	草地生态系统监测信息系统研究	(171)
第三节	草地生态系统遥感信息管理	(174)
第十一章	草地生态学主要研究方法	(189)
第一节	第一性生产力的测定方法	(189)
第二节	草原植物光合作用和呼吸作用的测定	(192)
第三节	模型估算研究方法	(196)
第四节	3S 研究方法	(198)

第一章 草地生态系统中植物与环境的关系

第一节 光照对草地植物的影响

一、光照对草地植物生长的影响

光是植物生活必需的基本条件之一,牧草利用太阳辐射能,将从空气和土壤中吸收的二氧化碳和水,通过光合作用转化为简单的糖分子和化学能贮藏起来,产生了植物生命需要的有机物质和能量,建成植物的形态躯体,促进组织和器官的分化。

光照条件的生态意义,常由光的强度和质量的对比而表现出来,并随时间和空间而发生变化,光对植物的作用随地理位置、海拔高度、大气条件、植被组成、季节变化等因素而有所不同,如海拔升高,空气层稀薄,光照条件增加,太阳辐射加强,受强光的抑制,植物发生矮化现象。地形、坡度、坡向对光照的影响也很大,阳坡光照增强,蒸发量增多,使植物的水分条件改变,导致植物种类和群落结构发生变化。

植物在自然分布情况下,不同种类对光的需要程度是不同的。喜光的植物能在全日照或阳光充足条件下生长旺盛。喜阴的植物对光照的要求较低,能在荫蔽的环境中生长。因此,根据植物对光照的要求,常把植物分成阳性植物(如紫花苜蓿、红三叶草及多数一年生和二年生植物)、阴性植物(如酢浆草、紫堇、苔藓植物等)和耐阴植物(如鸭茅等)。

一般温带植物在光照20 000~30 000勒克斯之间即出现光饱和现象,而热带禾草在光照达到60 000勒克斯或更高时,仍可继续同化作用和生长。

光对绿色植物的形态和构造有明显影响,阳性植物在强烈的光照下,植株矮小,幼芽短,节间缩短,叶子常分布为根叶丛型。而阴性植物

常常植株细长、节间长、叶子较少,常由于机械组织发育不良而发生倒伏现象。

植物受地理位置、光照条件的影响,形成了对光期的不同反应,由此可以把植物分为三类,即短日照植物、中日照植物和长日照植物。

二、光照对草地生产力的影响

光照是决定牧草生产的重要因素之一,因为牧草生长量的高低,实际上就是牧草通过光合作用利用和固定光能的多少。

Smetham(1990)曾指出,草地的生产主要受气候条件的影响,如温度、降水等。但在草地生产管理中能够较容易控制的主要自然因子是光照。通过刈割、采食、施肥及牧草组成结构的调整加强草地对光能的利用率,从而提高牧草产量是较实际有效的增产手段之一。

草地的密度显然会影响牧草对光能的利用。草地密度大,达到最适叶面积系数的时间也较早。但在实际生产中,增加植物密度很快会导致牧草对光竞争作用的增加,并引起叶面积/叶重比率的上升,而根/叶比率下降。这一现象正引起许多学者对光照作用和营养物质积累对牧草再生重要性的不同看法。有些学者认为,牧草再生速率主要取决于利用后剩余的叶面积(Brougham 1956; Davidson 等, 1958; Langer 1959);有一些学者认为,茎和根部贮藏的碳水化合物比剩余叶面积对牧草再生速率的影响更大(Smith 1962; Dobrez 1966),还有人认为剩余叶面积和贮藏碳水化合物对牧草再生的重要程度与牧草种有关,如亚热带禾草(如鸭茅)生长对叶面积的依赖性比碳水化合物更大(Humphreys 等, 1966);另外一些学者认为,在其他环境条件相同的情况下,禾草的产量主要与分蘖有关,而不是与光照辐射有关。牧草接受太阳光,进行光合作用所产生的能量,有很大一部分通过呼吸作用及叶和其他组织器官的死亡而损失。这表明,通过利用等形式,减少牧草的呼吸和死亡量就可以有效提高草地的净生产力。

三、光照对混播草地牧草的影响

混播草地是目前世界上利用最广泛的放牧草地,它以其较高的生

产力、较好的营养价值和适口性以及经济有效的固氮价值而越来越受到人们的重视。同时,禾本科和豆科牧草混播草地良好的草群结构,使之对光能的利用率较高。

在混播草地中,豆科牧草和禾本科牧草的生长习性不同,导致它们对光照的利用特性也有所不同。豆科牧草,如白三叶的叶片呈水平方向排列,同时具有向光性运动的特点,使得叶片总是和太阳光呈直角,所以,相对而言比禾本科牧草在较低的叶面积系数情况下,即可获得较充足的光能。禾本科牧草叶片细长,且呈锐角排列,使叶片在叶冠区对光线的拦截较多。豆科和禾本科牧草在草群中的高度差异也造成了这两种牧草对光照利用情况的不同。一般禾本科牧草对光照的吸收和拦截作用强于豆科牧草。Brougham(1958)曾对黑麦草和白三叶进行了比较,发现在中夏正午,黑麦草的叶面积系数为6.5~7.1,而白三叶仅为3.5。虽然豆科牧草在混播草地中基本都分布于禾本科牧草的下部,但一般认为它们并不耐遮荫,在光照条件较好的情况下生长更趋良好,所以,在未采食或刈割的草地上,它们的比例成分较少,而且很难补播,而在利用后的草地上,由于改善了光照条件,它们的比例大为提高。周寿荣(1981)试验表明,白三叶不仅有十分明显的向光性运动特点,而且随光照量增加,白三叶的花序数、小花数、花序种子数及千粒重等都明显增加。这说明,在混播草地中创造良好的光照环境对促进豆科牧草的生长发育和比例的提高是十分必要的。

遮荫不仅影响豆科牧草的生长和在草地中的比例成分,而且会降低豆科牧草的竞争力和固氮能力。其原因有人认为可能是遮荫降低了土壤表面的温度,从而影响牧草的生长,而并非光照本身的作用。Brougham(1958)对杂种黑麦草、多年生黑麦草、猫尾草、白三叶和白三叶-黑麦草混播草地进行观测,发现在中夏正午它们的叶面积系数依次为7.1、7.1、6.5、3.5和4.5,其中杂种黑麦草的最大叶面积系数值可达9.5,多年生黑麦草8.8,猫尾草10.8,白三叶5.5,混播草地7.3。由此可见,白三叶-黑麦草混播草地对光照的拦截和吸收率比单播白三叶草地高得多。

混播草地不同结构层需要经常清理才能保证处于下部的牧草正常

生长。如对于禾草 - 白三叶 - 百脉根混播草地,如果不进行频繁采食刈割,不仅白三叶的生长受到影响。同时百脉根将受到严重抑制而导致衰退。

其他管理条件,如施肥、灌溉,都能明显改善植物的生长发育状况和对光能的利用率。但在混播草地中,由于不同牧草种对管理条件要求的不一致,而产生相互竞争,使植物的光照条件更为复杂化。Stern等(1962)在对白三叶和黑麦草混播草地施氮肥后,观测了牧草对光照的反应情况,发现在低氮情况下,三叶草占优势;在高氮情况下,禾草占优势。禾草对氮肥的明显反应增加了其叶量生长,从而影响和减少了三叶草对光照的吸收,降低了三叶草的生长速率。经过分析,他们指出,在混播草地中禾本科和豆科牧草的竞争主要表现在对光照的吸收上,而不是主要发生在根系。

虽然禾本科和豆科牧草混播草地的竞争研究都表明,在光照竞争中,豆科牧草处于劣势,禾本科牧草占优势,但一般认为豆科牧草和禾本科牧草组合在利用光照方面是较适宜的,至少要比豆科牧草单播或豆科牧草与其他双子叶植物混播组合对光照的利用更有效,而豆科牧草与其他双子叶植物混播在光能利用上是最不经济的。Brougham(1965)曾比较了单播白三叶和白三叶 - 红三叶混播两种草地刈割后再生情况,在刈割 30 天后,混播草地白三叶的叶面积系数比单播白三叶低 25%。

从理论上讲,禾草 - 豆科牧草混播草地的最佳叶面积系数在 3 ~ 9 范围内。保持最佳叶面积系数的草地,植物生长速率最大,产量最高。因而在建设混播草地时,应考虑不同牧草种对光能利用的效率和特点,选择最佳的搭配组合方案,同时经常通过管理方法改善和调整草群各结构成分的光照环境,使之最大限度地利用光能。

四、刈割和采食对牧草光能利用的影响

植物叶子的功能常随生长期的增长而下降,因此,草地必须定期收获,以防止由于衰老和腐烂而受到损失,而且有利于减少不必要的呼吸和营养物质及水分的消耗,保持植物的最佳生长状态。另一方面,叶子

拦截光照的能力在很大程度上取决于叶子的定向,叶子趋于伸向水平方向的白三叶最佳叶面积系数较低,而叶较直立的禾本科牧草叶面积系数较高,叶子直立程度越大,最佳叶面积系数就越高,植物的生长速度就越快。因而经常清除禾草中因衰老平卧的叶和豆科牧草相互重叠覆盖的叶,可以使叶面积系数保持在最佳水平。

此外,对于混播草地,经常采食刈割能有效增加草群下部结构层的光照机会,对促进它们的生长显然是十分有利的。

家畜采食对草地光能利用的影响与放牧强度有关,随放牧强度降低,草地叶面积系数增大,叶量丰实,导致光合作用增强。以后由于草地生物量高,呼吸作用增加,并产生大量死枝、死叶,使草地净生产力下降,家畜利用量减少。

放牧强度高,叶面积系数小,导致光合作用降低。但是,由于草地总生物量减少,牧草呼吸作用降低,死枝、死叶量较少,因而草地净生产力较高,家畜的利用量也有所增加。

从上述分析可以看出,放牧草地的利用率并不是在叶面积系数较大时较高,而是在叶面积系数减少时较高,因为此时生产光合物质的叶和动物消耗的叶处于平衡状态。

由于刈割或采食对提高草地光合作用效率的重要作用,新西兰采用了“秋季清理放牧”(Autumn clean-up grazing)管理方案,通过家畜采食清除草地春季和夏季的残余积累物,以促进牧草来年迅速生长。

在草地管理实际中,应综合考虑采食和牧草营养贮存的关系,为了保证牧草的最大再生速率,使牧草获得必要的贮备能量是必要的,特别是在晚秋,需要提早刈割或采食,充分保证牧草越冬的能量贮备。

第二节 温度对草地植物的影响

一、牧草对温度的适应

温度是牧草生长发育及草地生产的最基本因素之一,牧草的生长发育需要有充足的温度保证才能进行。

首先,牧草种子的萌发需要适宜的温度。植物种子萌发是物质代谢的结果,与一切酶促反应一样,明显的要受温度的影响。Hampton (1987)曾研究了几种豆科牧草在 $5^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 范围内达到75%以上发芽率的情况。结果表明,不同牧草种萌发对温度的要求是不同的,甚至品种间也有差异。一般苜蓿和白三叶对温度的要求较低,而百脉根和红三叶在较高温度下需要比其他种较长的时间完成萌发过程,在较低温度下所需的时间则更长。

从Charlton(1986)对几种禾本科牧草在不同温度条件下种子发芽率和所需时间的试验也证实,当温度降低,所有牧草种的发芽率都下降,所需天数增加。黑麦草在不同温度条件下的发芽率比其他禾草都高,相对而言,它对温度的要求不十分严格。鸭茅种子达到75%发芽率的时间最长,在 20°C 条件下需2周,在 5°C 条件下需7~8周。苇状羊茅、雀麦等在 20°C 时发芽率迅速增加;而在 5°C 时需6~9周才能达到75%的发芽率。

豆科牧草和禾本科牧草种子发芽对温度的要求是不相同的,一般在相同温度下,豆科牧草种子的萌发更迅速,如在 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围内白三叶种子达到75%发芽率需8天左右,而黑麦草需13天,雀麦需26天左右。有资料表明,一般热带植物种子的最大萌发率出现在 $15^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$,温带植物为 $8^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$,高山植物 $5^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

牧草生长需要一定的温度条件,不同的牧草种在生长发育时对温度条件的要求是不相同的,但它们都有一个最适生长温度,例如,在豆科牧草中,白三叶在 23.9°C 时生长速度最快,而地三叶则在 18.9°C 时生长速度最快,且它的固氮作用在 $22^{\circ}\text{C} \sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间最适宜,而在 5°C 时它的固氮作用仅为 18°C 时的10%~17%。在禾本科牧草中,多年生黑麦草和鸭茅在 $13^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$ 时生长最迅速,而雀麦则在 30°C 左右时生长速度最高。一般来说,温带植物的最适温度约为 20°C ,当温度降至 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 时仍能生长,而热带植物的最适温度在 $30^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间,温度低于 15°C 时往往不能生长。

二、温度对草地生产的影响

温度对牧草的影响还表现在其生长模式上,在大部分水分条件良好的温带草地中,牧草的生长模式和草地生产能力一般受季节温度的控制,也就是说,季节性的温度变化是影响草地生产力的最重要因素之一。

一般来说,牧草的生长模式受季节温度的变化影响而呈二次曲线特征。在春季,随温度升高,牧草生长逐渐加快,生物量积累迅速。在夏季,温度达到最高,此时牧草生长速率减缓,有些地方由于高温,牧草还停止生长。在秋季随温度下降,牧草生长速率也逐渐降低,最后停止生长。

季节温度的变化也会对草地植物的植物学和生物学特性产生明显影响,樊江文(1991)对不同时期红三叶和鸭茅植物的日增高进行了观测,结果牧草在5~6月生长最为迅速,日增高最大,以后逐渐下降。

三、温度对植物分布的影响

植物生长发育需要一定的温度和适应于一定的温度变幅。能适应较大温度变幅的植物称为广温植物(eurytherm),这类植物分布范围广,是广布种。还有一种植物只能生活在很窄的温度范围内,不能适应温度有较大的变动,这类植物称之为窄温植物(stenotherm),窄温植物对温度要求严格,生活在特定的温度条件下,分布范围狭窄。

温度能限制植物的分布,当然也能影响牧草的引种。因此,牧草引种工作必须注意以温度为主导的气候条件特点,遵循气候规律,以保证引种工作的成功。根据长期实际引种经验,有几方面问题应引起注意:①气候相似性原则。气候相似性原则就是把牧草引种到气候条件(主要是温度条件)相似的地方栽种比较容易成功。气候相似性不仅指本地带内,也包括在不同地带中气候相似的地区,如可以把低纬度高海拔地区生长的牧草引种到高纬度低海拔地区去。②北种南引(或高海拔引到低海拔)要比南种北引(或低海拔引种到高海拔)容易成功。③草本植物比木本植物引种容易成活,少年生牧草比多年生牧草容易引种成功。

第三节 营养和肥力对草地植物的影响

肥力是土壤的重要特性之一,贮存着植物生长必需的营养物质,植物可以从土壤中吸收大量养分以维持其生命活动。另一方面,施肥是改善草地土壤条件,提高牧草产量的最有效手段之一,同时,不同肥种、施量和施肥方法都会对牧草生长产生不同的深刻影响。

一、氮

1. 牧草对氮的反应

氮是构成植物蛋白质的主要元素,也是叶绿素、酶、核酸、维生素及生物碱等的主要成分。氮肥促进叶绿素的形成,增强光合作用,促进分蘖。当氮素缺乏时,植物叶片变黄,生长受到抑制,叶小,茎细小,影响牧草的产量和质量,氮素供应过多,易使植物徒长,引起倒伏,种子成熟延迟。不同的牧草种对氮素的反应是不一致的,一般来说,禾本科牧草对氮的反应明显,而豆科牧草则反应不明显。究其原因,有人认为是由于豆科牧草具固氮能力,因而它对土壤中氮素的吸收力很微弱,增施氮肥会直接影响它的固氮能力而使其生长受到限制。Harris(1987)认为,在混播草地中施用氮肥,增加了禾本科牧草的竞争力,从而抑制了豆科牧草。Blackman(1938)则指出,光是决定混播草地中禾本科和豆科牧草生产力的主要竞争因子之一,施用氮肥促进了禾本科牧草的生长,增加了禾草对豆科牧草的遮荫,从而限制了豆科牧草的生长,而氮肥本身对豆科牧草的影响并不明显。

牧草对氮肥的反应一般呈二次曲线规律,随施氮肥量增加,牧草产量首先增加迅速,之后趋于平缓,在达到最高生物量后,又呈逐渐下降趋势。所以,从经济角度考虑,施氮肥应在牧草生产量较低的情况下进行,此时牧草对氮肥的反应极为明显。当干物质产量接近最大值时,施肥的经济效益很低。

关于禾本科牧草对氮肥反应的试验报道,国内外都所见甚多。Reid(1966)对黑麦草+猫尾草草地采用33%的施肥比例,施肥量从0~

986kg/hm²。当施氮肥量在 168kg/hm² 时,施氮肥增加的牧草干物质产量可达 26kg 干物质/kgN,在施氮肥量为 224~280kgN/hm² 时,每公斤氮所获得的干物质产量减少到 13kg,当施氮肥量超过 560kgN/hm² 时,每公斤氮生产的牧草干物质少于 1kg。

牧草粗蛋白产量稍有不同,直到施肥量为 336kgN/hm² 时,草地粗蛋白产量仍然很高,约 370kg/hm²,只有施肥量超过 672kgN/hm² 时,每公斤氮生产的粗蛋白产量才下降到 1kg 以下。

随施氮肥量增加,牧草中水溶性碳含量逐渐降低,硝态氮含量逐渐增加,而全氮、钾和钠含量则呈二次曲线特点,即在施氮量较低时,其含量随施氮量增高而增加,在达到最高后,又随施氮量增加而降低。

不同的禾草种和混播草地对不同水平氮肥回收的效益(即牧草吸收氮占施入氮的百分比)是不相同的,一般施氮的回收率在一定范围内随施氮水平的提高而有所提高,但在较高施氮条件下,回收率则随施氮量的增加而降低。Cowling 等(1967)的试验表明,鸭茅、混播草地和猫尾草对施入氮肥的回收率较高。

由于禾本科牧草对氮肥反应的显著性,国内外大多数试验都侧重进行禾本科牧草的施氮研究,而氮肥对豆科牧草影响的报道却不多见。Wheeler(1958)的试验结果表明,随施氮肥量的增加,三叶草在混播草地中的比例逐渐降低。同时,若考虑家畜粪便含氮量对牧草的影响,三叶草在草地中的比例下降得更快。

Robinson(1947)的试验表明,随施氮肥量增加,豆科牧草在草群中比例下降的规律,同时在土壤水分少和刈割高留茬的情况下,施氮肥后豆科牧草在草群中的比例下降更迅速。

有试验表明,在禾草-白三叶草地中,每施氮肥 1kg/hm²,可生产 10~15kg/hm² 牧草干物质,同时,混播草地施氮肥水平在 100~200kg/hm² 以下,即使有白三叶草存在,草产量仍然增加,而施肥量再高,由于白三叶草生长受到限制,总牧草产量则可能有所下降。

施氮肥对混播草地的影响与草地中豆科牧草的数量及刈割、管理、水分供应等因素有关,因而在施肥实践中应综合考虑这些因素的影响。