

劳秀荣 编著

现代草坪 营养与施肥

中国农业出版社

550

688.6
221

现代草坪 营养与施肥

劳秀荣 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代草坪营养与施肥/劳秀荣编著. —北京: 中国农业出版社, 2002.11

ISBN 7-109-07843-4

I. 现... II. 劳... III. ①草坪-植物营养②草坪-施肥 IV. S688.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 065224 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 7.5

字数: 188 千字 印数: 1~8 000 册

定价: 18.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 介 绍

本书共分七章，第一、二、三章介绍草坪植物的营养特性、生长环境的调控及土壤改良与施肥的关系，是草坪绿地施肥的理论基础。第四章介绍了草坪常用肥料及其合理施用技术。第五、六、七章重点探讨了各种类型的城市园林绿化草坪、运动场草坪、特殊用草坪绿地的建植、养护与施肥技术。

该书可作为园艺设计、园林绿化、生态环境、城镇规划、体育教育、土壤肥料等专业师生、科技工作者和从事草坪业生产、经营等方面的重要参考书。

前 言

草坪植被是组成绿色景观、维护生态平衡、净化空气、美化环境、发展体育事业等方面的重要物质基础。草坪建设对经济发展、社会稳定、环境保护具有举足轻重的作用。

现代草坪业的发展水平已成为评价一个国家经济实力和文明程度的重要指标之一。近几十年来，国外草坪建设与研究有了突破性的发展。在现代经济发达的地区和国家，草坪业已发展成为一项重要产业。自 20 世纪 80 年代以来，美国就是世界上草坪业最发达的国家，草坪业以每年 18% 的不变产值高速增长，吸纳近 50 多万人就业，号称美国十大支柱产业之一。澳大利亚、新加坡、韩国、日本等国也把草坪业作为吸引外资、经济持续增长、建设“花园之国”的重要产业。

草坪科学和草坪业在我国还是一门新兴的学科和产业，在不久的将来，也会像发达国家那样发展迅速，在国民经济建设中占有一席之地。目前我国近 500 多个城市中的草坪面积已突破 7 万 hm^2 。北京市以每年 150 万 m^2 的速度扩展。在经济发达的上海，草坪面积以每年新增 230 万 m^2 的速度增长，使上海外商投资居全国之首。上海八运会主会场草坪，是“世界一流，亚洲第一”。大连市现有草坪面积 400 万 m^2 ，城市绿化覆盖率达 60%。2008 年我国举办奥运会，这将为我国运动场草坪业的快速发展注入新的生机。尤其是我国加入世贸组织后，将为我国草坪业与世界接轨带来新的机遇和挑战。

近几年来，伴随着我国草坪业的蓬勃发展，城市与乡村、运

动场与高速公路等造绿工程的迫切需求，从事草种经营、草坪建植、草皮生产和草坪机械生产的企业和就业人数越来越多。由于我国的草坪业发展较晚，基础薄弱，其知识体系不够完善，目前有关草坪建植与管理的专著很少，而草坪营养与施肥的专著就更少。从事草坪业的人员渴求草坪科技知识和肥水管理实用技术。为推动我国草坪业稳步健康发展，以适应当前经济发展和改善环境的急需，我们在总结草坪建植、营养与施肥教学、科研及生产实践经验的基础上，借鉴国内外最新科研成果和有关资料，以理论与实践、科学性与实用性相结合为出发点，编写了《现代草坪营养与施肥》一书。本书可作为从事草坪、园林绿化与草坪经营管理者的工具书，也可作为大、中专院校师生的教学参考书，还可供环保、体育、草业工作者及草坪爱好者参考与使用。

草坪业是我国的新兴产业，其理论和技术有待进一步探索研究。由于作者水平有限，时间仓促，难免有疏漏之处，恳请专家学者和广大读者批评指正。

编 者

2002年5月

目 录

前 言

第一章 草坪植物的营养特性与施肥	1
第一节 草坪植物的特性与施肥	1
一、草坪植物的一般共性	1
二、草坪植物的生理学特性	2
三、草坪植物的生物学特性	3
四、草坪草的生产特性和应用特性	20
第二节 草坪植物的分类与施肥	23
一、草坪分类	23
二、草坪草分类	26
三、草坪品种选择标准	28
第三节 草坪植物的需肥特性与施肥	37
一、草坪草生长发育所必需的营养元素	37
二、必需营养元素的生理功能	39
第四节 草坪植物对养分的吸收与同化	48
一、草坪植物的根部营养	48
二、草坪植物的叶部营养	55
三、无机态养分在草坪植物体内的运输	58
第五节 草坪植物营养失调与诊断	60
一、氮素营养失调与诊断	60
二、磷素营养失调与诊断	62
三、钾素营养失调与诊断	64

现代草坪营养与施肥

四、钙、镁、硫营养失调与诊断·····	65
五、微量元素营养失调与诊断·····	70
第二章 草坪绿地环境调控与施肥 ·····	78
第一节 气候因子的调控与施肥 ·····	78
一、光照调控与施肥·····	79
二、温度调控与施肥·····	81
三、大气环境调控与施肥·····	85
第二节 草坪绿地土壤环境调控与施肥 ·····	88
一、土壤组成对草坪草的影响·····	88
二、土壤质地对草坪草的影响·····	90
三、土壤结构对草坪草的影响·····	91
四、土壤通气性对草坪草的影响·····	93
五、土壤水分对草坪草的影响·····	94
六、土壤温度对草坪草的影响·····	94
七、土壤酸碱反应对草坪草的影响·····	95
第三章 草坪土壤的改良与施肥 ·····	98
第一节 草坪土壤的理化性状 ·····	98
一、草坪土壤的物质组成·····	98
二、草坪土壤与草坪草生长的关系·····	99
三、草坪土壤的热特性 ·····	101
第二节 草坪绿地土壤的改良与培肥 ·····	102
一、土壤物理性状的改良 ·····	103
二、土壤化学性状的改良 ·····	104
第四章 草坪绿地常用肥料及其合理施用 ·····	111
第一节 草坪绿地常用肥料 ·····	111
一、有机肥料 ·····	112
二、无机肥料 ·····	116
第二节 草坪绿地计量施肥 ·····	159

一、计算施肥量	160
二、施肥时间和次数	163
三、施肥方法	164
四、施肥机械	165
第五章 城市园林绿化草坪施肥	167
第一节 城市综合性公园绿地草坪施肥	167
一、坪床土壤的改良与施肥	167
二、草坪建植与施肥	170
三、草坪的养护与施肥	171
第二节 庭院草坪绿地的施肥	172
一、庭院草坪绿地的建植与施肥	172
二、居住区草坪绿地的建植与施肥	173
第三节 广场和街道草坪绿地施肥	175
一、广场草坪绿地的建植与施肥	175
二、街道草坪绿地的建植与施肥	176
第六章 运动场草坪绿地施肥	178
第一节 高尔夫球场草坪绿地施肥	178
一、新建草坪的施肥	179
二、成坪后的养护与施肥	183
第二节 足球场草坪绿地施肥	191
一、草坪的建植与施肥	192
二、成坪后的养护与施肥	195
三、草坪季节性管理与施肥	196
第三节 草地网球场草坪绿地施肥	198
一、草坪的建植与施肥	198
二、草坪的养护与施肥	200
第四节 赛马场草坪绿地施肥	201
一、草坪的建植与施肥	202
二、成坪后的养护与施肥	204

现代草坪营养与施肥

三、比赛后的管理与施肥	204
第五节 棒球与垒球场草坪绿地施肥	205
一、草坪的建植与施肥	205
二、成坪后的养护与施肥	206
第六节 曲棍球场草坪绿地施肥	208
一、草坪的建植与施肥	208
二、成坪后的养护与施肥	211
第七节 草地保龄球场草坪绿地施肥	211
一、草坪的建植与施肥	212
二、成坪后的养护与施肥	214
第八节 橄榄球场草坪绿地施肥	215
一、草坪的建植与施肥	215
二、草坪的养护与施肥	220
第七章 特殊用草坪绿地施肥	222
第一节 高速公路边坡草坪绿地施肥	222
一、草坪建植的特点	222
二、护坡草坪的建植与施肥	223
三、护坡草坪绿地的养护与施肥	226
第二节 飞机场草坪绿地施肥	226
一、草坪的建植与施肥	226
二、草坪的养护与施肥	227
第三节 河堤水坝护坡草坪绿地施肥	228
一、河堤水坝护坡草坪的建植与施肥	229
二、流域陡坡草坪的建植与施肥	229
主要参考文献	231

第一章 草坪植物的 营养特性与施肥

草坪草是各类适于建植草坪植物的总称。草坪绿地系指具有特定功能的、在有规律修剪条件下形成的人工植被。草坪草起源于牧场草。牧场草地在满足放牧需要的同时，也为人们的户外活动提供了场所。因此，一些优势草种，在经得起高强度践踏后，进而被人们训化为庭院美化、娱乐、休闲的运动设施——草坪绿地。

第一节 草坪植物的特性与施肥

草坪植物的特性包括生物学特性、生理生态特性、生产特性和应用特性，其生物学特性与生理生态特性是基础的、首要的，它直接影响其他的几个特性。

草坪植物是构成草坪的基本元素，其性质和特性决定着草坪的品质和利用价值。因此，深入了解草坪草的特性，对草坪的建植和维护是至关重要的。

一、草坪植物的一般共性

草坪草种资源极其丰富，而特性各异，但它们都有一定的共性。草坪草绝大多数是禾本科植物，也有少量豆科或其他科植物。禾本科植物具备作草坪草的特点很多，但主要有以下几点：

(1) 地上部生点低位，且有坚韧叶鞘的多重保护。因此，在修剪时所受的机械损伤较小，修剪有利于再生。由于生长点受叶鞘的保护，可减轻因踏压而引起的物理危害。

(2) 叶片密生，叶型小而细长，直立。细而密生的叶适宜建植地毯状草坪。直立细长的叶有利于透光通气，草坪的下层叶很少发生黄化枯死现象，因而草坪修剪后不显色斑。

(3) 植株多为低矮的丛生型或匍匐茎型，覆盖力强，易形成草坪状覆盖层。

(4) 对不良生态环境适应性强。禾本科植物适应于各类环境而广为分布，特别是在贫瘠的、干燥的、多盐分的生育条件下的种类较多，因而易从中选育出适应各类土壤条件的种类。

(5) 繁殖力强。一般自繁种量大，发芽率高，广群生。蘖茎分生和向周围空间扩展的能力强。因此，易于建植大面积草坪。

适于建坪的豆科植物再生能力强，有些种类具匍匐茎、耐瘠薄等特点。

二、草坪植物的生理学特性

植物的绿色部分通过光合作用，利用 CO_2 和 H_2O 合成了含 C、H、O 的化合物。由于植物利用养分的途径不同，所以，最初的光合产物对碳的固定方式也不同。冷季型草是典型的 C_3 循环植物。在 C_3 循环中， CO_2 被连接成为五碳糖，然后经过进一步转化而形成含有 6 个碳的葡萄糖。暖季型草通过 C_4 循环来固定由 C_3 循环形成的中间产物。

通常 C_4 植物的光合效率要高于 C_3 植物。 CO_2 的光补偿点在 C_4 植物中是 $5\mu\text{l/L}$ 或更少，在 C_3 植物中是 $30\sim 70\mu\text{l/L}$ 。这部分归因于 C_4 植物的光呼吸消耗较 C_3 植物低。在通常条件下，空气中 CO_2 的浓度是 $300\mu\text{l/L}$ 。因此，通过比较 C_4 植物和 C_3 植物的光补偿点，可以理解 C_4 植物比 C_3 植物光合效率高的原因。同时， C_4 植物对 CO_2 的固定率随温度和光照度的增加而提高，而 C_3 植物对超过 $3\ 000\text{lx}$ 的光照度反应不敏感（晴朗的白天，光照度可以达到 $10\ 000\sim 12\ 000\text{lx}$ ）。光合作用生成可以供植物利用的碳水化合物，并提供呼吸所需的能量，同时为植物的生长提供

物质和能量。呼吸作用将碳水化合物氧化，并释放出能量供代谢活动利用。植物中发生的其他生物化学反应，通过各种变化将包括根部吸收的矿物质在内的一些简单的碳水化合物合成在一起。

许多碳水化合物被贮存在不同的植物器官中（主要是茎），以便植物将来转化利用，常被称为可再利用碳水化合物或非结构碳水化合物。

其他形式的非结构碳水化合物，包括单糖（葡萄糖、果糖）和非糖物质，这些被认为是雏形的中间产物，与多聚糖、淀粉相比没有聚合。在植物光合产物不足的情况下，非结构碳水化合物，对于维持植物的生命和产生新的组织具有非常重要的作用。由于季节和管理水平的不同，草坪中贮存的非结构碳水化合物的数量也不同。在光照比较强而枝叶生长比较缓慢的季节，非结构碳水化合物的积累最多。在枝叶生长最快的季节积累少，原积累的部分甚至被消耗掉。因此，环境和管理因素导致的草坪快速生长的同时，也降低了非结构碳水化合物的积累。草坪灌溉不足可导致草坪草中积累的碳水化合物减少，此时草坪在受到损伤或病害以后，将不会再恢复过来。碳水化合物贮存不足的一个症状，就是在呼吸作用和蒸腾作用强烈的时候，草坪草幼根的脱落。另一个表现是冷季型草在夏季强化管理下会休眠。由于根的生长依赖于叶片光合作用所制造的养分，所以，在碳水化合物被快速利用的情况下，茎的生长会超过根的生长，这通常被称作徒长。碳水化合物来源于具有光合能力的叶片。因此，一旦叶片停止光合作用，一些碳水化合物供应受限的植物器官将会老化。在这种情况下，根的生长会停止，大部分根系也会脱落。最后，由于根不能吸收充足的水分和养分，整个植株便会死亡，在不良的环境中这一问题更加严重。

三、草坪植物的生物学特性

在草坪学中，生物学特性包括植物学特性和遗传学特性。遗

传学特性直接关系到繁育和生产种子，而植物学特性对于草坪草的识别、鉴定有着至关重要的作用。它是指草坪植物属多年生或一年生，是草本或木本（几乎所有草坪草均为草本），茎秆结构和高度，叶片结构及特征，花序类型结构，种子特点，根系结构及繁殖方式等。

草坪个体植株是由种子长出的根、茎、叶和不同的营养繁殖体组成的。这些器官的形态结构及其生长习性，构成了草坪建植与养护管理的基础。欲维持草坪生态系统的动态平衡，维持复杂的草坪群落，了解草坪草的生物学特性，及其生长发育规律，掌握科学施肥技术是十分重要的。

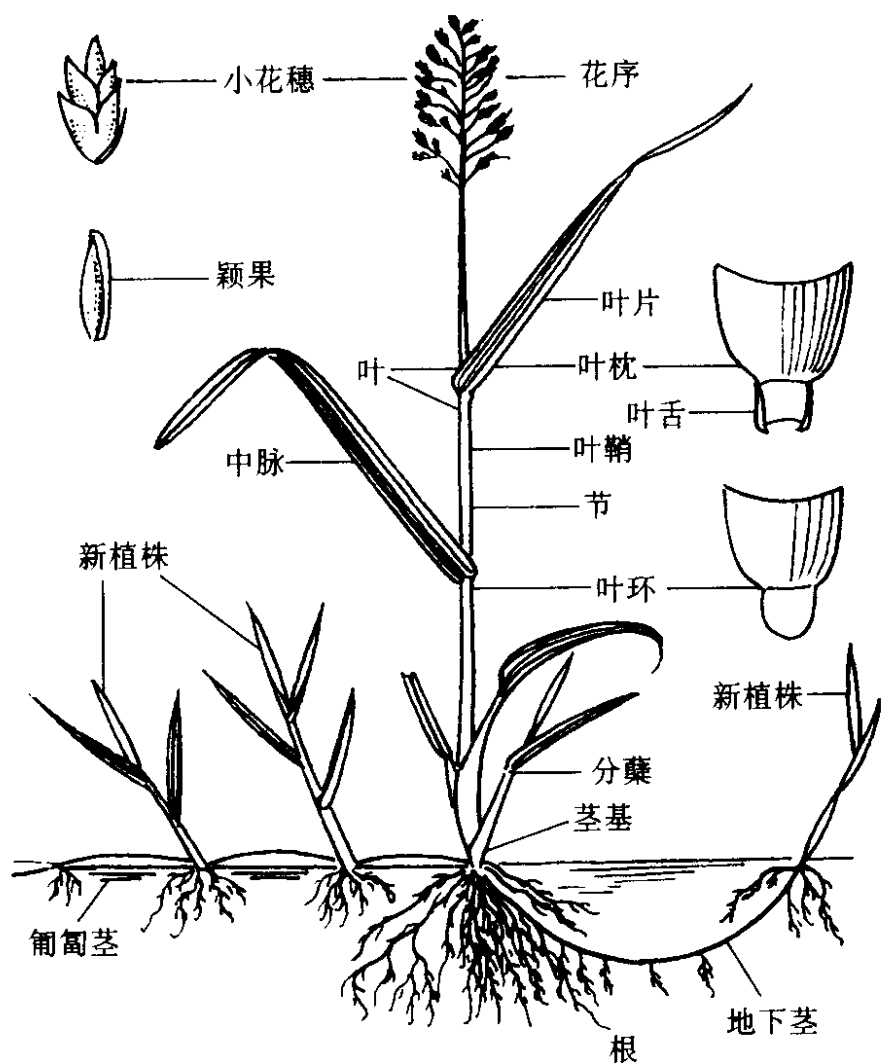


图 1-1 草坪草株型结构示意图

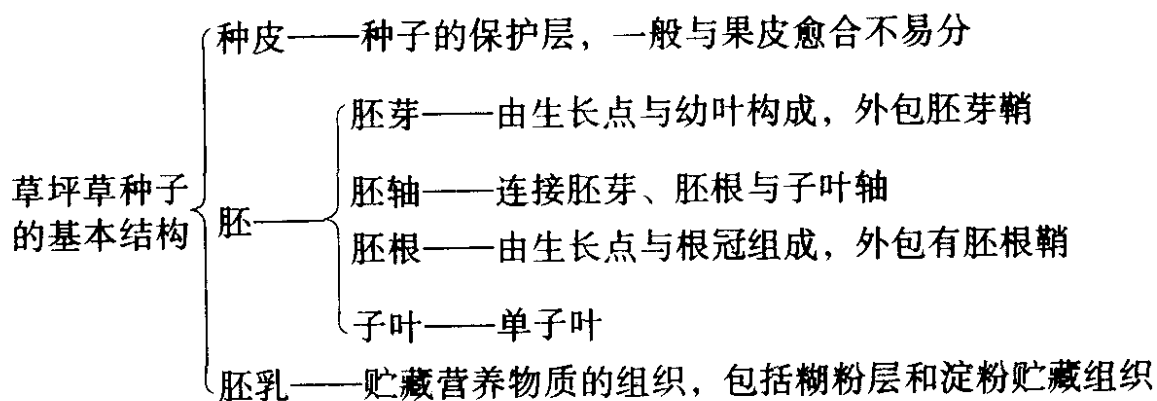
在结构和生长模式上，生长较慢的禾本科草坪草种与典型的双子叶草坪草种差异显著。现分述如下。

(一) 禾本科草坪植物的形态特征 较典型的禾本科草坪草株型结构见图 1-1。

1. 禾本科草坪植物的种子

(1) 种子的形态与结构。草坪草花序上成熟的小花穗通常被称为草籽。小花穗是由外稃、内稃和生长在其中的颖果组成。在内稃的基部是一种很短的类茎小穗轴。颖果在种子外面紧紧地包裹着一层果皮，果皮和种皮紧密愈合，不易分离。紧靠种皮的内部是糊粉层，在种子萌发过程中起重要作用。种子内部有胚（植株的雏形）和胚乳。从种子萌发阶段到草坪草，依靠自身光合作用合成营养物质以前，胚乳将为幼苗提供营养。

种子的外面为种皮所包围，种皮对种子起着保护的作用。草坪禾草种子的基本结构简示如下：



(2) 种子的萌发与幼苗生长。种子吸足水分以后便进入萌发阶段，几个生物化学过程最终促使了幼苗的发育。由于盾片中激素的作用，糊粉层中产生了水解酶，在水解酶的作用下，胚乳中的碳水化合物被盾片吸收运输到胚根、胚芽、胚轴等部位。幼苗的各个部分都是由胚芽发育而来的。

在萌发过程中，最初的形态变化是细胞伸长引起胚根鞘增大，形成一种根毛状的结构，然后穿过胚根鞘从土壤中吸收水分和养分。与此同时，胚芽鞘向上伸展，直到露出土壤表面。在许

多品种的草坪草中，胚芽鞘向上生长的幅度与位于盾片和胚芽鞘之间的节间——中胚轴的伸长有关。中胚轴的长度又与种子的埋深有关。光照可以刺激胚芽鞘的生长，但与之相反，中胚轴只能生长在黑暗中，光照对它有抑制作用。因此，中胚轴的伸长起始于胚而终止于土表，与播种深度无关。有些草坪品种，由于缺乏中胚轴，胚芽鞘的生长只能依赖于自身的伸展。因此，要保证这种草坪的直播建植成功，须保证较浅的播种深度。

在胚芽鞘露出地面以后的生长过程中，第一片叶子从胚芽鞘顶部的小孔中伸展出来。叶子变绿以后，光合作用开始制造养分并代替胚乳为幼苗提供必要的营养物质。此时，幼苗已经从种子营养转为根部营养。如果播种太深，在幼苗可以进行光合作用制造养分之前，耗尽胚乳中的所有养分，就可能导致幼苗柔弱甚至死亡。

由于幼苗的生长点包在胚芽鞘之中，因此，包裹于第一片叶子当中的第二片叶子也在胚芽鞘中生长。在幼苗出土不久，胚芽鞘枯萎，只留下叶子。以后的每片叶子都是从老叶中长出来的。

不定根是由新茎基部节上发育而来的。在新建植的草坪中，常看到种子根和不定根同时存在，但最终种子根会死亡，在成坪的草坪中只有不定根组成完整的根系。

种子的萌发和幼苗的生长发育受多种因素的影响，如播种深度、湿度、温度、光照以及胚乳中储存的养分。幼苗对水极为敏感，在幼苗形成较发达的根系可以从土壤中吸收足够的水分之前，如果不能保证表面土壤湿润，幼苗将会因脱水而死去。在一个遮荫环境中，幼苗可能因光照不足，不能通过光合作用合成自身生长所需要的营养物质。当胚乳中养分耗尽时，幼苗便会死去。如果播种太深或使用了生命力已经下降的陈种子，也会发生这种现象。

2. 禾本科草坪植物的根 根是长期适应陆地生活而发展起来的器官，与地下茎一起构成草坪禾草的地下部分。根的主要功

能是固定植株，并从土壤中吸收水分和养分，经过转运供给草坪草株体利用。同时，根还具有合成营养物质的功能。

根的外部形态和内部结构与生理功能相适应，在一定程度上又会因环境条件的影响而改变。研究根的发生及其形态结构与功能的相关性，对于水肥管理和草坪建植具有重要意义。

(1) 根的发生及根系的类型。当禾草种子萌发时，胚根先突破胚根鞘，向下伸入土壤吸收养分。因其是由胚根的原分生组织，即顶端分生组织发育而成的第一条根，故又叫初生根。初生根长出后，接着在胚轴基部陆续生出不定根(次生根)。初生根生长较缓慢，并在草坪建植当年即死亡。不定根在茎基部不断地长，各条不定根上又能产生自己的侧根，植物学上叫次生根。根系中各条根粗细相差无几，呈丛生状态。主根生长缓慢或停止，主要由不定根组成的根系，称为须根系(图 1-2)。草坪禾草的须根系使其能牢固地固着在土壤表层。

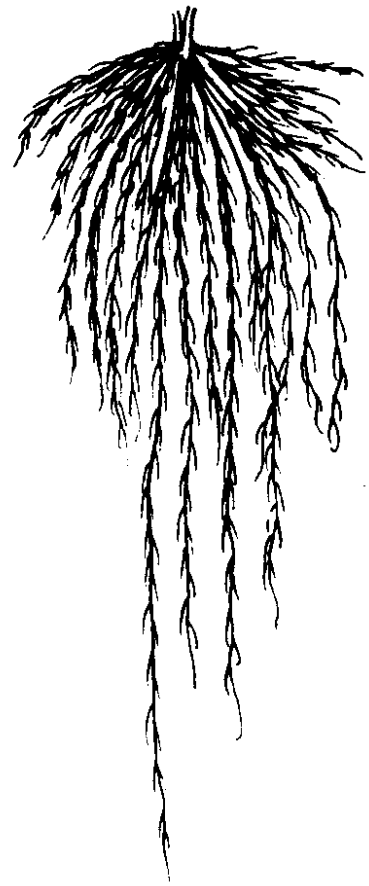


图 1-2 禾草的须根系

有根状茎的禾草如草地早熟禾，在其地下匍匐茎生长延长的同时，其节上产生出大量的次生根，因而早熟禾建植的草坪，其地下部分除了具备根的生理功能的“真根”外，还有相当数量的根状茎。根状茎与根的主要区别在于根无节存在，而根状茎有明显的节和节间(图 1-3)。

草坪禾草的根系既是植株吸收水分和矿物养分的营养器官，又是形成草皮、增加草坪弹性的主要物质。多数草坪禾草属于中生或中-湿生类群，其地下部分的数量与地上部分相当，主要分布于 0~10cm 的土层中，难以吸收利用深层土壤中的水分和矿