

三种草坪草的茎、叶解剖结构及其坪用性状

耿世磊 赵晟 吴鸿

(华南农业大学生命科学学院, 广东 广州 510642)

摘要: 利用石蜡制片法, 对台湾草(*Zoysia tenuifolia* Willd. ex Trin.)、海雀稗(*Paspalum vaginatum* Sw.)、狗牙根(*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)三种细叶暖季型草坪草的叶片及茎的解剖结构进行了研究。结果表明: 叶片及茎的解剖结构与植物的耐旱性、耐践踏性和弹性等坪用特性有着密切联系。三种植物中, 台湾草因叶片表皮细胞、泡状细胞、维管束鞘、机械组织及茎中纤维带的特征, 而在耐旱性、耐践踏性和弹性等坪用特性上表现出优于其他二种草坪草; 狗牙根的耐旱性较强, 耐践踏性和弹性一般; 海雀稗则在这几项坪用特性上均较弱。

关键词: 草坪草; 解剖结构; 茎; 叶

中图分类号: Q944.53

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2002)02-0145-07

Anatomical Characters of Stems and Leaves of Three Lawn Grasses

GENG Shi-lei ZHAO Sheng WU Hong

(College of Life Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The stems and blades of lawn grasses, *Zoysia tenuifolia* Willd. ex Trin., *Paspalum vaginatum* Sw. and *Cynodon dactylon* (L.) Pers., were anatomically studied. The structures of grass stems and blades showed close relation to the grass drought and trampling resistances, and elasticity. Among the three grasses, *Z. tenuifolia* was the best in drought resistance, trampling resistance and elasticity in terms of the epidermis, bulliform cells, bundle sheath, sclerenchyma of leaf, and the fibrous girdle of stem; *C. dactylon* was better in drought resistance, but poorer in trampling resistance and elasticity; whereas *P. vaginatum* was the worst in these characters.

Key word: Lawn grass; Anatomy; Stem; Leaf blade

草坪因其具有良好的绿化效果、卓越的水土保持能力和耐践踏性、弹性等功能, 在城市园林绿化中得到越来越广泛的应用。但不同的草种有其自身的生物学特性及坪用性状, 对二者间的相关性进行比较研究将有助于根据不同的建坪目的进行草种选择、栽植管理、品种选育等工作。

有关草坪草的解剖结构与其坪用性状相关性的研究成果尚不多见, 陆静梅等^[1,2]曾就几种牧草的形态解剖特征与其耐干旱、耐盐碱等生理适应的相关性进行了研究; 任文伟等^[3]对不同地理种群羊草的形态解剖结构进行了比较; 肖德兴等^[4]对百喜草和几种

收稿日期: 2001-08-22 接受日期: 2001-12-05

基金项目: 华南农业大学校长基金(4600-K99009)

水保植物营养器官的解剖结构进行了观察;王艳^[5]将结缕草和早熟禾的解剖结构与几个坪用性状进行了对比。以上研究从不同角度阐明了禾本科植物解剖结构与其不同应用特性的相关性,但涉及暖季型草坪草的相关研究资料较缺乏。本文对华南地区常见的三种细叶类暖季型草坪草的解剖结构进行比较,在此基础上对相关的坪用性状进行分析探讨。

1 材料和方法

材料采自华南农业大学校园内栽培的草坪草。选取台湾草 (*Zoysia tenuifolia* Willd. ex Trin.)、海雀稗 (*Paspalum vaginatum* Sw.)、狗牙根 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] 三种植物的成熟、健壮植株,自茎的中下部割取茎和叶片,分别切取节间中部及叶片中部的材料。将供试材料切成长 1 cm 左右的小段,经 FAA 固定,10%氢氟酸软化,酒精系列脱水,石蜡包埋,切片厚度为 8-10 μm ,先经铁矾-苏木精染色,再经番红-固绿双重染色,加拿大树胶封片。在 LEICA DMLB 显微镜下观察并照相。

2 观察结果

2.1 叶片结构

三种植物的叶片均由表皮、叶肉和叶脉三部分组成。上、下表皮各由一层细胞构成,并具有不同程度和密度的乳状突起,上表皮中有泡状细胞分布。叶肉组织较简单,由一层围绕维管束排列的薄壁细胞组成,只是狗牙根的叶片在主脉下的叶肉组织有多层细胞。叶脉维管束分布于叶肉中,数目不等,有主脉和细脉之分,主脉两端均有较发达的厚壁细胞,有的种细脉维管束两端也有厚壁细胞分布。维管束鞘 1-2 层,与外围放射状排列的叶肉组织形成“花环状结构”,鞘细胞内叶绿体明显较大,表现出典型的“C₄植物”的特征。但三种植物的叶片结构在各部分又有较明显的差异。

台湾草 叶片厚 105-120 μm ;上、下表皮厚度分别为 8-10 μm 和 10 μm ;表皮细胞较小,上、下表皮细胞外切向壁均具较厚的角质层,分别为 4-5 μm 和 1.5-2 μm ,且上表皮的外切向壁形成明显的乳状突起,长 4-9 μm ,较密集(图版 I:2);泡状细胞嵌入于每 2 个维管束间的叶肉组织中(图版 I:3),达到叶肉宽度的 4/5,形成所谓的“绞合细胞”^[6]。叶肉细胞 1 层,较小,围绕叶脉维管束鞘分布。叶脉维管束共 22 条,其中主脉 5 条,细脉 17 条。主脉维管束鞘细胞 2 层,外层鞘细胞明显比叶肉细胞大,叶绿体也较大,内层鞘细胞为厚壁细胞,无叶绿体,而主脉两端的机械组织则较为发达,与上、下表皮相连。细脉维管束鞘细胞一层,明显比叶肉细胞大,叶绿体也较大,维管束两端有少量机械组织分布(图版 I:1-3)。

狗牙根 叶片厚 80-90 μm ;上、下表皮厚度均约 10 μm ;表皮细胞较小,具较薄的角质层,厚约 2-2.5 μm ;上、下表皮的外切向壁均具乳状突起,长度分别为 8 μm 和 10 μm ;泡状细胞嵌入于每 2 个维管束间的叶肉组织中,形成“绞合细胞”,达叶肉的 3/5(图版 I:4)。叶肉细胞较小,1 层,围绕叶脉维管束鞘分布。叶脉维管束 17 条,其中主脉 5 条,细脉 12 条。主脉维管束鞘细胞 2 层,外层鞘细胞明显大于叶肉细胞,且含较大的叶

绿体,内层鞘细胞为厚壁细胞,维管束两端的机械组织则较为发达,与上、下表皮相连。细脉维管束鞘细胞一层,明显比叶肉细胞大,叶绿体也较大,维管束两端无机机械组织分布(图版 I: 4, 5)。

海雀稗 叶片厚 143–154 μm ; 上、下表皮厚度分别为 13–23 μm 和 15–28 μm ; 表皮细胞较大,上、下表皮细胞外切向壁角质层极薄或几无,厚度最多为 1.5 μm ; 上表皮细胞常突起形成乳突,长达 13–36 μm ; 泡状细胞位于 2 主脉间下陷成凹槽(图版 I: 7),成扇形,达叶肉的 1/3。主脉周围的叶肉组织 2 层,细脉周围的叶肉组织则 1 层,放射状排列。叶脉维管束 35 条,其中主脉 17 条,细脉 18 条; 维管束鞘细胞 1 层,稍小于叶肉组织细胞,但所含叶绿体明显较大。主脉两端的机械组织不甚发达,细脉两端则无机机械组织(图版 I: 6,7)。

2.2 茎的结构

三种植物茎的结构可分为表皮、基本组织、机械组织和维管束四部分。表皮细胞 1 层,较小,排列紧密,具厚或薄的角质层。基本组织由多层薄壁细胞组成,紧接表皮往往有 2–3 层厚角细胞分布。在基本组织中部则形成多层厚壁细胞组成的纤维带,呈一圆环排列。维管束大致成 2 轮排列,分布于纤维带和茎内部基本组织中。维管束鞘 1 层,由厚壁细胞组成。茎中部为基本组织和髓腔。

台湾草 表皮细胞的角质层薄; 表皮下厚角组织不发达,1–2 层,距表皮 38–40 μm 处,形成宽约 64 μm 的纤维带。维管束分 2 轮排列,外轮维管束有的稍小,完全分布于纤维带中,有的则一部分陷于纤维带中,另一部分位于基本组织中,二者几成相间排列。内轮维管束则零散分布于茎中部基本组织中(图版 I: 8)。

狗牙根 表皮细胞外切向壁被较厚的角质层; 表皮下的厚角组织 2–3 层,距表皮 128 μm 处,形成宽约 51 μm 的纤维带。维管束分 2 轮排列,外轮维管束近外方者较小,分布于纤维带中,近内部者维管束明显较大,其韧皮部位于纤维带中,而木质部则分布于基本组织中。内轮维管束分散于基本组织中(图版 I: 9)。

海雀稗 表皮细胞的角质层较薄; 表皮下厚角组织 3–4 层,距表皮 166 μm 处,形成宽 26–38 μm 的纤维带。维管束分 2 轮排列,外轮维管束有的木质部为纤维带中的厚壁细胞所包围,而韧皮部则处于基本组织中,有的维管束的韧皮部为纤维带中的厚壁细胞所包围,而木质部则处于基本组织中。内层维管束分散于基本组织中(图版 I: 10)。

3 讨论

3.1 叶片结构与抗旱性

禾本科卷叶类植物的旱生特性主要表现在叶上,如表皮角质层厚度、表皮突起、泡状细胞、维管束鞘、机械组织、叶肉排列等方面的特征均能在一定程度上反映出植物抗旱能力的大小^[7]。

叶表皮发达的角质层可以有效地减少水分的蒸腾散失,还具有较强的折光性,可以防止过强日照引起的伤害^[9]。本文所观察的三种植物中,台湾草叶片的表皮角质化程度

最高, 而海雀稗的表皮角质化程度最浅, 上表皮角质层几不可见, 下表皮角质层厚仅 $1.25\ \mu\text{m}$ 。加之, 台湾草上表皮含硅质细胞的硅质常常向外突出形成密集的齿或刚毛, 使叶片的保水、抗旱能力得到进一步加强^[7]。

泡状细胞是禾本科植物叶片上表皮所具有的一种特殊结构, 是这类植物最大的旱生特性。当水分供应不足时, 泡状细胞首先失水收缩, 使叶片卷曲成筒状以减少蒸腾作用; 当有水分供应时, 细胞充水, 使叶片展平, 故泡状细胞又称为运动细胞。本文所观察的三种植物均具有泡状细胞, 但台湾草和狗牙根的泡状细胞下陷于叶肉中, 形成“绞合细胞”, 更增大了叶片卷叠运动的幅度^[6,7]。其中尤以台湾草的泡状细胞下陷程度为甚, 几达下表皮, 而海雀稗的泡状细胞位于细脉的上方, 分布于略微凹陷的表皮层, 使卷叠运动的幅度受到一定影响^[2]。

三种植物的叶脉维管束鞘可分为二种类型: 台湾草和狗牙根的主脉维管束鞘 2 层, 外层鞘细胞为大型含叶绿体的薄壁细胞, 内层鞘细胞小, 不含叶绿体, 细胞壁加厚, 而细脉维管束鞘只有一层薄壁细胞。海雀稗则主脉和细脉均只有一层薄壁细胞。通常认为具双层鞘的植物更具抗旱性^[7], 而具双层鞘在 C_3 植物中更为典型^[1,6,7]。台湾草和狗牙根的细脉均表现出典型的 C_4 植物特征^[8], 其主脉虽然也具 C_4 植物典型的“花环状结构”, 但同时又具有厚壁的内鞘细胞, 似是一种介于 C_3 到 C_4 之间的结构, 这种结构既保证了极高的光合效率, 又在一定程度上增强了叶片的耐旱性。

叶片内机械组织的分布、叶肉细胞排列的紧密程度, 在某种程度上也影响着植物的抗旱能力。三种植物中, 叶片内机械组织的发达程度依次为: 台湾草、狗牙根、海雀稗。台湾草和狗牙根的叶肉细胞较小, 围绕叶脉维管束紧密排成一层, 细胞间隙小, 而海雀稗的叶肉细胞排列疏松, 有较大的细胞间隙。这些特征又从另一角度说明了台湾草和狗牙根的抗旱能力优于海雀稗。

一般来说, 华南热带、亚热带地区生长的草坪草在多雨湿润的季节均能良好生长, 表现出翠绿、美观的观赏特性。但在高温干燥的旱季, 植物抗旱能力的强弱则成为其能否良好生长的限制因素。上述三种草坪草中, 海雀稗在旱季茎、叶往往易失绿、枯黄、脱落, 严重地影响其观赏性。因此, 它在解剖结构上缺乏耐旱性特征似是重要的因素, 但抗旱生理方面的特征尚需进一步的研究。

3.2 茎叶结构与耐践踏性和弹性

草坪草的耐践踏性和弹性是栽植管理运动型、休闲型等功能性草坪时要重点考虑的因素之一。从解剖学角度看, 这些特性应与植物体内机械组织的分布以及表皮角质层、硅质细胞的发达程度等特征有着密切的联系^[5]。

据研究^[6], 机械组织中纤维的抗拉力最强, 厚角组织次之, 远远大于维管组织。纤维每平方毫米能承受 15-22 kg 的荷重, 而一平方毫米的厚角组织也能承受 10-12 kg 的重量, 比位于它的同一半径方向的整个维管束大 2-4 倍。厚角组织的弹性比纤维小得多, 纤维即使每平方毫米受过 15-20 kg 拉力之后还能恢复它原来的长度, 但厚角组织束每平方毫米受到 1.5-2 kg 拉力, 就超过了它的弹性限度, 其伸展就保持原样而不复原。

就叶片解剖结构而言,台湾草的机械组织最为发达,其叶脉维管束两端均有成片的纤维分布,并与上下表皮相接,主脉维管束鞘内层细胞亦由厚壁细胞组成,叶缘则全由纤维束构成(图版 I:1)。所有这些特征使得台湾草具有极强的耐践踏性和弹性,而且对维管束也起着坚实的保护作用。此外,其表皮细胞发达的角质层和密集的硅质突起也使得它的耐磨性大大增强。狗牙根纤维束主要分布于主脉两端,细脉处则不明显,角质层及硅质突起也不如台湾草发达。海雀稗的纤维束仅分布于主脉两端的表皮下,不与维管束相连,且数目较少,亦无厚壁的维管束内鞘细胞,角质层及硅质突起均不发达,应是三种草坪草中耐践踏性和弹性最差的草种。

草坪草的弹性(受外力压迫后的回复能力)的强弱,更多的是反映在茎机械组织的特征上。这三种植物茎中均具环绕茎中部的纤维带,但纤维带的宽度却有着明显的差异。台湾草的纤维带最为发达,狗牙根的次之,而海雀稗的则明显较窄。但由于海雀稗茎表皮下的厚角组织较为发达,亦能承受相当大的外力压迫。由此而言,狗牙根茎的耐践踏能力与海雀稗相比似无太大差异,但海雀稗的弹性应是最差的。毫无疑问,三者相比,无论在耐践踏性还是弹性方面台湾草是最优异的草种。

参考文献:

- [1] 陆静梅,李建东,景德章,等. 星草 *Puccinellia tenuiflora* (Turcz.) Scribn. et Merr. 解剖研究[J]. 东北师范大学学报(自然科学版), 1994, (1): 63-66.
- [2] 陆静梅,张常钟,张洪芹,等. 单子叶植物耐盐碱的形态解剖特征与生理适应的相关性研究[J]. 东北师范大学学报(自然科学版), 1994, (2): 79-82.
- [3] 任文伟,钱吉,吴霆,等. 不同地理种群羊草的形态解剖结构的比较研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 1999, 38(5): 561-564.
- [4] 肖德兴,赖小荣,曲雪艳,等. 百喜草和几种水保植物营养器官的解剖研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(4): 488-494.
- [5] 王艳,张绵. 结缕草和早熟禾解剖结构与其抗旱性、耐践踏性和弹性的对比研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2000, 27(4): 372-375.
- [6] 李正理,张新英. 植物解剖学[M]. 北京:高等教育出版社, 1983. 63, 267-276.
- [7] 王勋陵,王静. 植物形态结构与环境[M]. 兰州:兰州大学出版社, 1989. 57-69.
- [8] Metcalfe C R. Anatomy of the Monocotyledons, I. Gramineae [M]. Oxford: Oxford University Press, 1960. 124-126, 539-540.
- [9] Fahs A. Plant Anatomy [M]. Third ed. Oxford: Pergamon Press Ltd., 1982. 229-232.

图版说明

Bc.: 泡状细胞 Bulliform cells; Ch.: 绿色组织 Chlorenchyma; Fb.: 叶脉纤维束 Fibrious bundle of vein; G.: 纤维带 Girdle of fibres; Is.: 具厚壁细胞的维管束鞘内层 Inner layer of bundle sheath with sclerenchyma; Lv.: 主脉 Large vein; Op.: 具薄壁细胞的维管束鞘外层 Outer layer of bundle sheath with parenchyma; Sv.: 细脉 Small vein; Vb.: 维管束 Vascular bundle

图版 I

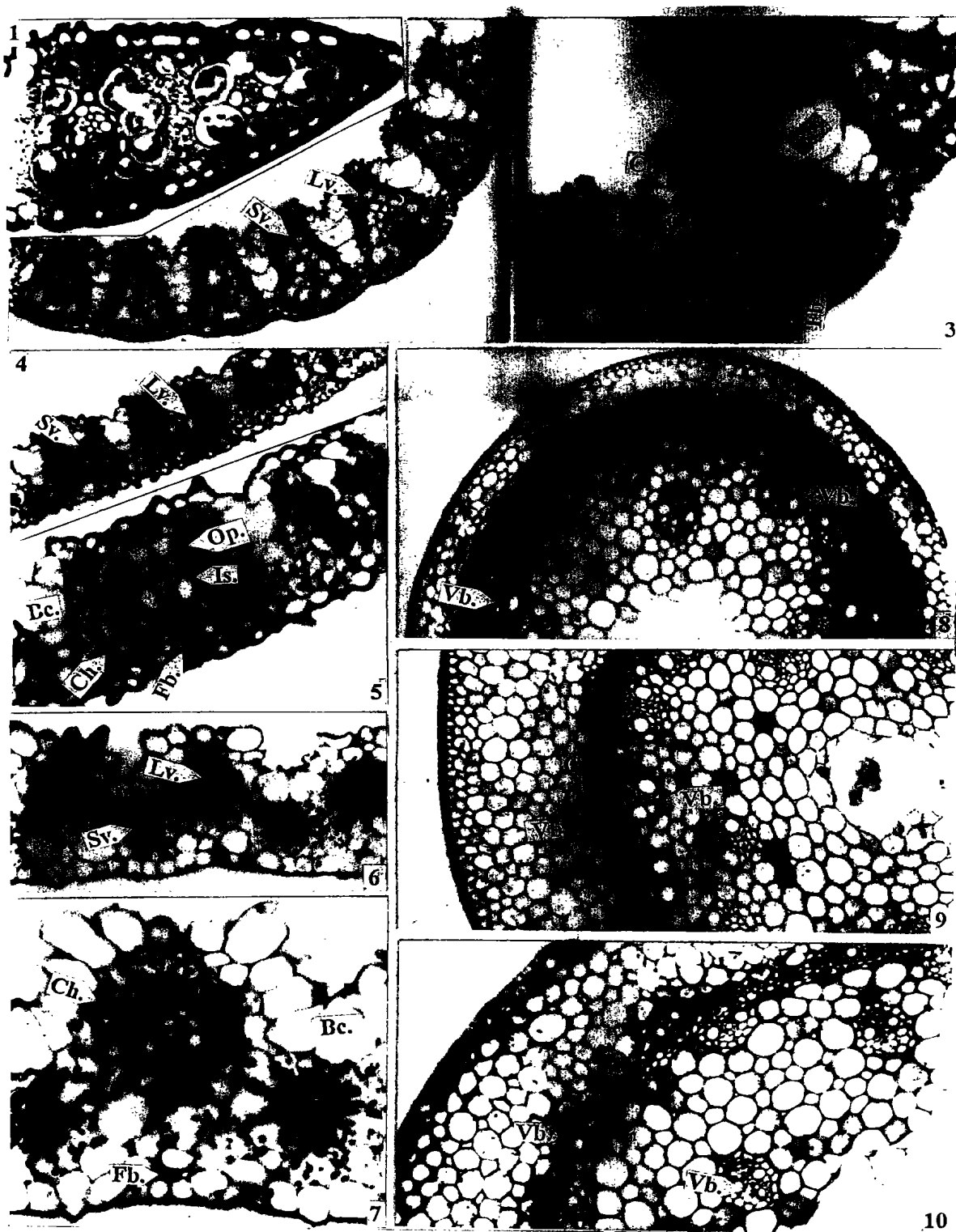
- 1-3. 台湾草叶片横切面。1. 示叶缘的结构, $\times 280$; 2. 示叶片中部的结构, $\times 120$; 3. 示主脉和细脉的详细结构, $\times 280$;
- 4-5. 狗牙根叶片横切面。4. 示叶片中部的结构, $\times 120$; 5. 示主脉和细脉的详细结构, $\times 280$;
- 6-7. 海雀稗叶片横切面。6. 示叶片中部的结构, $\times 120$; 7. 示主脉和细脉的详细结构, $\times 280$;

8-10. 茎横切面, 示纤维带和维管束的分布, $\times 120$ 。 8. 台湾草; 9. 狗牙根; 10. 海雀稗。

Explanation of plate

Plate I

1-3. Transverse sections of blade in *Zoysia tenuifolia*. 1. showing the structure of blade margin, $\times 280$; 2. the middle part of the blade, $\times 120$; 3. detailed structures of large vein and small vein, $\times 280$; 4-5. Transverse sections of blade in *Cynodon dactylon*. 4. showing the middle part of the blade, $\times 120$; 5. detailed structures of large vein and small vein, $\times 280$; 6-7. Transverse sections of blade in *Paspalum vaginatum*. 6. showing the middle part of the blade, $\times 120$; 7. detailed structures of large vein and small vein, $\times 280$; 8-10. Transverse sections of stem, showing the distribution of fibrous girdle and bundle, $\times 120$. 8. *Zoysia tenuifolia*; 9. *Cynodon dactylon*; 10. *Paspalum vaginatum*.



耿世磊等: 图版 I

GENG Shi-lei et al.: Plate I