

草类纤维

(禾本科)

中国科学院植物研究所编著

科学出版社

内 容 简 介

本书系从国产的禾本科植物中,挑选了在我国制浆造纸工业上已经利用的和尚未广泛利用但分布较广、产量较大或纤维质量较好的种类,共 69 种,其中禾草类 54 种、竹类 15 种。书中对这些种植物的产地、用途、外部形态、内部结构、纤维形态及化学成分等项作了描述,每种并附有内部结构或组成分子的照片。为了便于读者参阅,书末附有名词解释和禾本科植物纤维形态特征及纤维长度分布频率一览表。

本书可供制浆造纸、人造纤维等生产部门及有关科研工作者和大专院校师生参考。

四
乙

草 类 纤 维

(禾 本 科)

中国科学院植物研究所编著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1973 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/18

1973 年 5 月第一次印刷 印张:6 1/3 插页:42

印数:1—600

字数:252,000

印数:1—7,400

统一书号:13031·91

本社书号:190·13—8 /

定 价: 道林本 3.10 元
报纸本 2.80 元

前 言

解放以来,我国制浆造纸工业部门的广大革命职工,遵照伟大领袖毛主席关于“人民群众有无限的创造力。他们可以组织起来,向一切可以发挥自己力量的地方和部门进军,向生产的深度和广度进军,替自己创造日益增多的福利事业”的教导,发扬自力更生和敢想敢干的革命精神,在发掘和利用我国非木材纤维原料造纸方面,取得了很大的成绩。

我国幅员广大,气候温和,供造纸用的草类植物(本书所指的“草类植物”系包括各种禾草和竹子,均属禾本科)纤维原料极为丰富。目前,造纸工业上已使用的草类纤维原料达几十种,象芦苇、毛竹、龙须草、大叶章、小叶章、茭草、荻、芒等野生植物及稻草、麦秆、蔗渣、高粱秆、玉米秆等,都已成为造纸的好原料。其中有不少种类,在生产上已得到了广泛的利用。从造纸工业多年来的生产实践证明,就纤维形态和性能来说,有的非木材纤维优于或相当于木材纤维,有的虽然次于木材纤维,但经适当的工艺处理后,可以克服某些缺点而合乎造纸的要求。例如:龙须草经适当处理,可以制成很好的复写原纸、高级印刷纸及工业技术用纸等;芦苇可用来制造印刷纸、有光纸和新闻纸等。这些草类植物纤维原料,现在已大量地代替了化学木浆,制造出各种用纸。对于以前认为一定要用木材纤维才可以制造的工业技术用纸,现在也可以用或掺用部分草类纤维原料制造。另外,某些草类纤维,不仅是造纸的重要原料,而且也是人造棉和人造丝的原料来源之一。因此,充分利用草类纤维原料,广泛开辟我国丰富的纤维植物资源,对促进我国造纸和纺织工业的发展可以起到很大的作用。

在造纸工业中所采用的原料基本上都是植物性的,目前我国在造纸制浆中采用草类原料的比重很大,其种类和数量也在日益增多。但并非任何草类植物都适合于造纸,只有那些纤维较长,长宽比值较大,纤维素含量较高,杂质(如木质素等)较少的植物,才是良好的造纸原料。为了扩大制浆资源,满足人民需要,可从广泛的草类植物中,根据其合乎制浆的要求选取适用的原料。因此,很有必要对草类纤维的性状进行各方面的研究。

《草类纤维》编写的目的,就是希望通过对我国近七十种蕴藏量较大、分布较为普遍的一些草类纤维植物的描述,植物组织结构的说明,纤维形态的比较以及部分化学成分含量的分析等,为各地因地制宜,就地取材,选用合适的造纸原料和寻找新的纤

维植物资源提供参考。此外,也可作为鉴定纸张、纸浆原料及利用何种原料较适于制造何种纸浆的一些依据。我们希望本书的出版,在当前大力发展和利用我国丰富的草类纤维资源中,能起到一定的作用。

参加本书编著工作的有胡玉熹、桂耀林、刘淑琼和李正理同志。书中植物形态描述部分是由我所植物分类研究室刘亮和汤彦承同志帮助审阅的;此外,书中所引用的国内外书刊中有关资料均未一一注明,特此表示感谢。

由于我们学习毛泽东思想不够,加之缺乏实践经验,所以书中一定还有许多缺点和错误,欢迎读者随时提出批评和建议,以便今后修改提高。

目 录

前 言	i
总 论	1
一、植物细胞与细胞壁的一般概念	1
1. 细胞的基本形态	1
2. 细胞壁的结构与植物纤维	3
3. 细胞壁的化学组成	4
二、禾本科植物茎和叶的组织结构	7
1. 禾本科植物茎的结构特征	7
2. 禾本科植物叶子的形态和结构	9
三、显微制片的一般方法	11
1. 竹材制片	11
2. 徒手切片	11
3. 表皮和纤维的离析与测量	11
各 论	13
1. 茭菰草 <i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski	13
2. 羊草 <i>Aneurolepidium chinense</i> (Trin.) Kitag.	15
3. 赖草 <i>Aneurolepidium dasystachys</i> (Trin.) Nevski	15
4. 野古草 <i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	16
5. 刺芒野古草 <i>Arundinella setosa</i> Trin.	17
6. 芦竹 <i>Arundo donax</i> L.	18
7. 野燕麦 <i>Avena fatua</i> L.	19
8. 燕麦 <i>Avena sativa</i> L.	20
9. 孝顺竹 <i>Bambusa multiplex</i> (Lour.) Raeuschel	21
10. 白羊草 <i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng	22
11. 旱雀麦 <i>Bromus tectorum</i> L.	23
12. 拂子茅 <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	24
13. 假茅拂子茅 <i>Calamagrostis pseudophragmites</i> (Hall. f.) Koel.	26
14. 方竹 <i>Chimonobambusa quadrangularis</i> (Fenzi) Makino	27
15. 河北隐子草 <i>Cleistogenes hancei</i> Keng	28
16. 薏苡 <i>Coix lacryma-jobi</i> L.	29
17. 扭鞘香茅 <i>Cymbopogon tortilis</i> (Presl) A. Camus	30

18. 牡竹 <i>Dendrocalamus strictus</i> (Roxb.) Nees	32
19. 小叶章 <i>Deyeuxia angustifolia</i> (Kom.) Chang	33
20. 大叶章 <i>Deyeuxia langsdorffii</i> (Link) Kunth	33
21. 野青茅 <i>Deyeuxia sylvatica</i> (Schrad.) Kunth	35
22. 老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i> L.	36
23. 知风草 <i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) Beauv.	37
24. 蔗茅 <i>Erianthus fulvus</i> Nees	37
25. 四脉金茅 <i>Eulalia quadrinervis</i> (Hack.) Kuntze	39
26. 金茅 <i>Eulalia speciosa</i> (Debeaux) Kuntze	40
27. 龙须草 <i>Eulaliopsis binata</i> (Retz.) C. E. Hubb.	40
28. 牛鞭草 <i>Hemarthria compressa</i> var. <i>fasciculata</i> (Lam.) Keng	43
29. 黄茅 <i>Heteropogon contortus</i> (L.) Beauv.	43
30. 裸麦 <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> Hook. f.	44
31. 白茅 <i>Imperata cylindrica</i> var. <i>major</i> (Nees) C. E. Hubb.	45
32. 大箬竹 <i>Indocalamus migoi</i> (Nakai) Keng f.	46
33. 粉单竹 <i>Lingnania chungii</i> (McClure) McClure	47
34. 臭草 <i>Melica scabrosa</i> Trin.	49
35. 五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i> (Labill.) Warb.	49
36. 荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	50
37. 芒 <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	52
38. 紫芒 <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Anderss.) Matsum.	53
39. 类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i> (Kunth) Keng	53
40. 稻 <i>Oryza sativa</i> L.	55
41. 稷 <i>Panicum miliaceum</i> L.	56
42. 狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	57
43. 白草 <i>Pennisetum flaccidum</i> Griseb.	59
44. 藨草 <i>Phalaris arundinacea</i> L.	59
45. 芦苇 <i>Phragmites communis</i> Trin.	60
46. 卡开芦 <i>Phragmites karka</i> (Retz.) Trin.	64
47. 刚竹 <i>Phyllostachys bambusoides</i> S. et Z.	64
48. 淡竹 <i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i> (Mitf.) Stapf ex Rendle	65
49. 毛竹 <i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel ex H. de Lehaie	66
50. 苦竹 <i>Pleioblastus amarus</i> (Keng) Keng f.	68
51. 茶秆竹 <i>Pseudosasa amabilis</i> (McClure) Keng f.	69
52. 斑茅 <i>Saccharum arundinaceum</i> Retz.	70
53. 甘蔗 <i>Saccharum officinarum</i> L.	71
54. 甜根子草 <i>Saccharum spontaneum</i> L.	72
55. 沙罗单竹 <i>Schizostachyum funghomii</i> McClure	73
56. 黑麦 <i>Secale cereale</i> L.	73
57. 小米 <i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.	74

58. 倭竹 <i>Shibataea chinensis</i> Nakai	75
59. 箭竹 <i>Sinarundinaria nitida</i> (Mitford) Nakai	76
60. 麻竹 <i>Sinocalamus latiflorus</i> (Munro) McClure	78
61. 绿竹 <i>Sinocalamus oldhami</i> (Munro) McClure	79
62. 高粱 <i>Sorghum vulgare</i> Pers.	80
63. 油芒 <i>Spodiopogon cotulifer</i> (Thunb.) Hack.	81
64. 狼针草 <i>Stipa baicalensis</i> Roshev.	82
65. 大针茅 <i>Stipa grandis</i> P. Smirn.	82
66. 黄背草 <i>Themeda japonica</i> (Willd.) C. Tanaka.	83
67. 菅 <i>Themeda villosa</i> (Poir.) A. Camus	85
68. 小麦 <i>Triticum aestivum</i> L.	86
69. 玉米 <i>Zea mays</i> L.	86
名词解释	88
附表一 禾本科植物纤维长度分布频率总表	95
附表二 禾本科植物纤维形态特征总表	96
图 版	103
中名索引	185
拉丁名索引	188

总 论

一、植物细胞与细胞壁的一般概念

1. 细胞的基本形态

细胞是构成植物体的基本结构单位。一个生活的细胞，由外面的细胞壁和为它所包含的原生质体所组成。胞壁内的原生质中有许多不同的形态和结构的物质，如细胞质、细胞核、质体、粒线体等。在植物的细胞中，一般说来，除了细胞壁以外，里面最为明显的部分，就是细胞质中的各种细胞器和细胞核(图 1)。

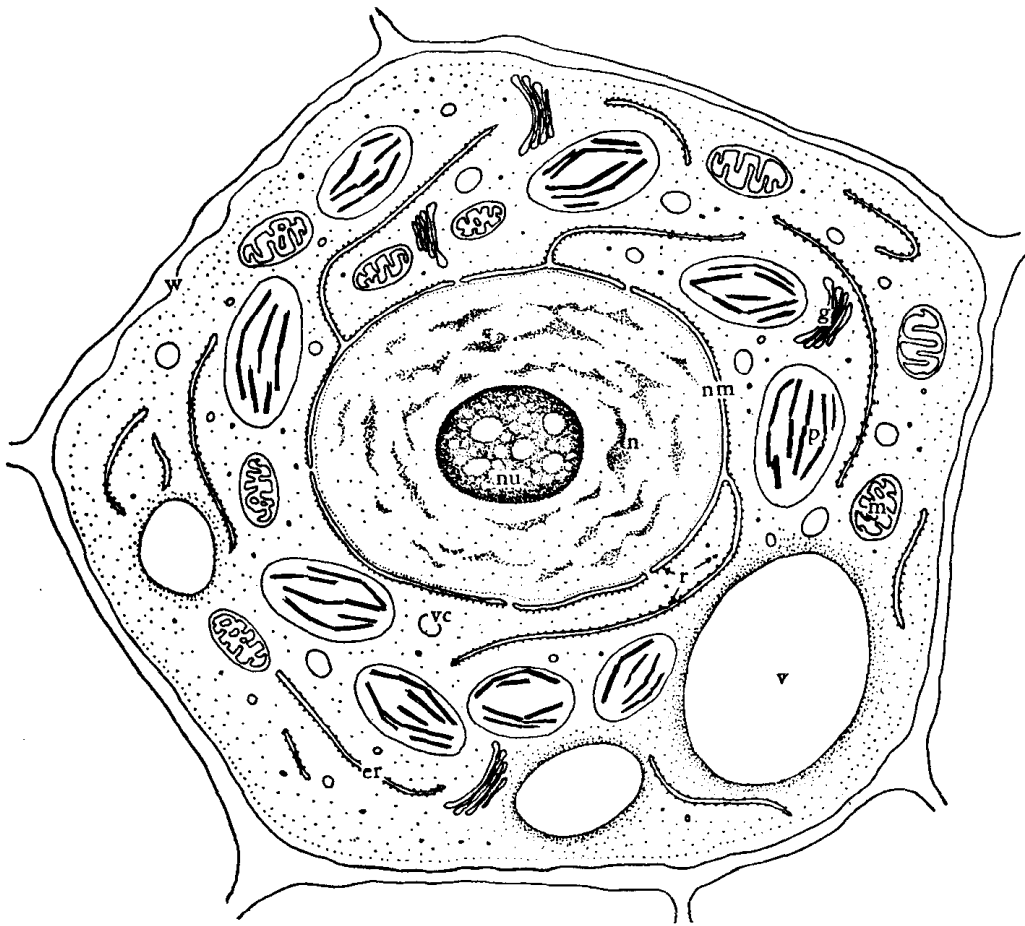


图 1 在电子显微镜下所见的植物细胞结构示意图

n. 细胞核; nu. 核仁; nm. 核膜; v. 发育中的液泡; m. 线粒体; p. 质体; er. 内质网;
r. 核糖蛋白体; g. 高尔基体; vc. 小液泡; w. 细胞壁。

构成植物体的细胞，基本形状为一个多面体。但由于植物体内随着细胞的生长和分化，以及细胞在植物体内存在的位置和作用的不同，它们有着各种不同的大小与形状（图 2）。它们的形态是多种多样的，一般可分为薄壁细胞和厚壁细胞两大类。

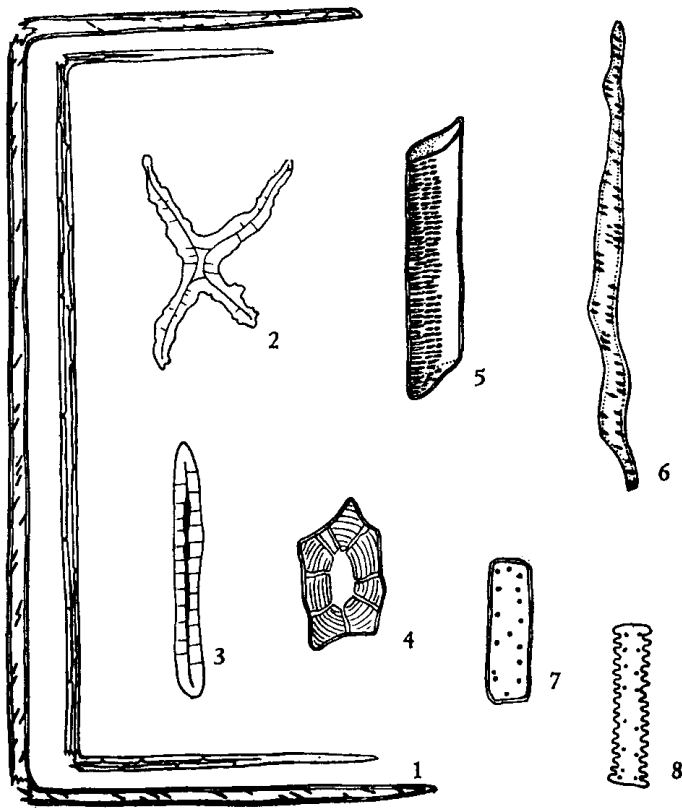


图 2 植物细胞各种形态示意图

1. 纤维； 2—4. 石细胞； 5. 导管； 6. 管胞； 7. 薄壁细胞； 8. 表皮细胞。

薄壁细胞是指一类有不同形态和生理分化的生活细胞。它们的共同点是：细胞壁较薄、多具有原生质和大小不等的液泡。有些薄壁细胞组成为薄壁组织。薄壁组织是植物体中进行光合作用、呼吸作用、贮藏、分泌等活动的主要场所。在形状上，它们可成为多边形或细长形的细胞。近乎等径的细胞，其直径一般由 0.015 毫米到 0.066 毫米，细长形的细胞长度则变化较大。

厚壁细胞，多指细胞壁有明显的次生加厚，并且往往木质化的一类细胞。在成熟的时候，它们常缺乏生活的原生质。在植物体内，它们主要起机械作用，使植物能抵抗各种伸长、弯曲、重量、压力等引起的强力，保护或支持体内的各种较柔软的薄壁细胞。厚壁细胞在形状、构造、起源和发育上都有很大差异，其中最常见的为纤维和石细胞。纤维为两端尖锐的长形细胞，而石细胞则形状较不规则，一般可成细短或分枝的细胞。纤维有的很长，例如苧麻的韧皮纤维，一般细胞的直径只有 0.04—0.08 毫米，但长度则可达到 550 毫米，其长度几乎超过了直径的一万倍。

2. 細胞壁的结构与植物纖維

草类植物用于造纸,主要是利用植物的细胞壁。所以,要更有效地利用植物纤维,对纤维的一般形态与结构,特别是细胞壁的各层组成等要有一些必要的了解。这对制浆过程中的化学加工,具有一定的实际意义。

在高等植物中,通常除了少数一些细胞(例如生殖细胞)以外,都具有细胞壁。细胞壁当初是原生质体的一部分,后来逐渐在化学组成和结构上不断地分化,产生了不同的层次(图 3)。根据它们的发生先后和结构组成等,高等植物的细胞壁基本上可以分为三个部分:胞间层或中层、初生壁及次生壁。中层,介乎相邻两个细胞的初生壁之间,好象将各个相邻细胞粘结在一起;次生壁则位于初生壁的内面,直接贴靠细胞腔(图 4)。

中层(胞间层) 由一种无定形的称为果胶化合物的胶体物质所组成。这层在偏振光显微镜下观察为无旋光性(为各向同性)。在后来木质化的一般组织中,这层最后也可木质化。在次生壁很发达

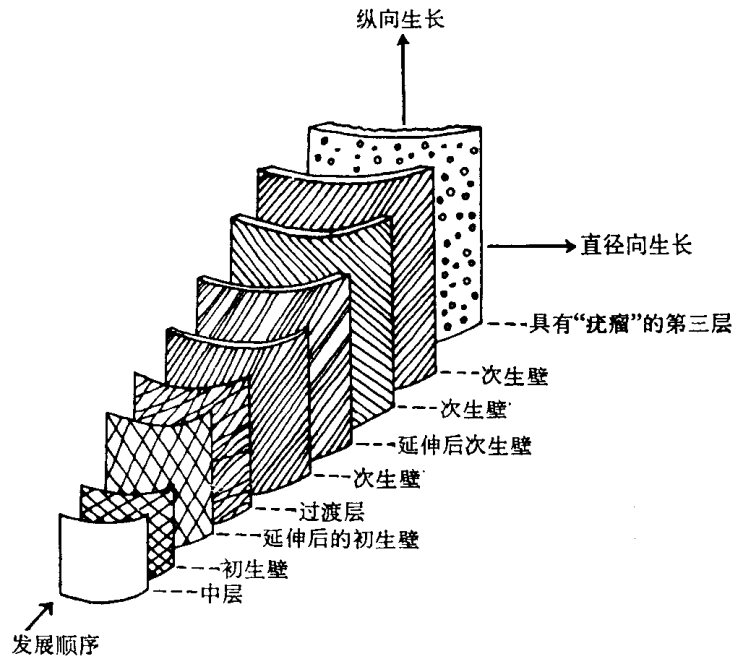


图 3 管胞或纤维细胞壁各层发展的顺序(引自 Mühlethaler, 1961)

的细胞里,如纤维细胞和管胞,中层后来往往与初生壁结合在一起。因此,在植物解

剖学中,就把两个相邻的初生壁与中层一起合称为“复合中层”。但是,在偏振光显微镜下(图 5,见 101 页插图)或者用钨红染色,仍可明显地将它们分开。

初生壁 是细胞发育过程中早期形成的壁。初生壁由纤维素及果胶化合物组成,常常还含有一些非纤维素多糖类。在某些组织中,初生壁后

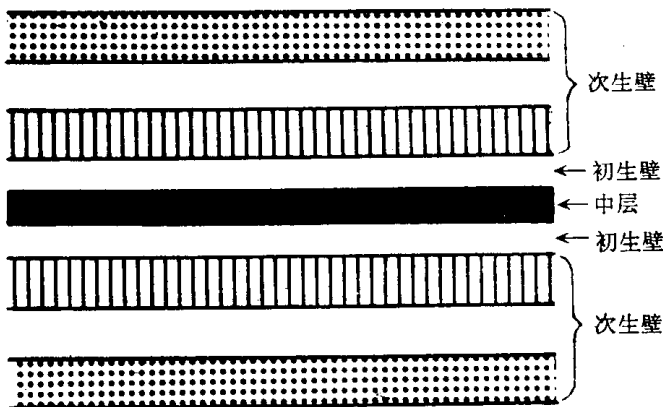


图 4 表示两个细胞的细胞壁之间的各层位置

来也可以木质化。在偏振光显微镜下,初生壁与中层相反,为各向异性。

次生壁 为细胞停止增长后,在初生壁上增添的一层层细胞壁。它的成分除了纤维素和半纤维素以外,还含有大量的木质素。由于次生壁上含有大量的纤维素,故在偏振光显微镜下也具有高度的各向异性。图 5 是纤维细胞在光学显微镜和偏振光显微镜下所看到的分层情况。

在次生壁形成的过程中,次生壁的各部分加厚并不是均匀的,有些部分并未加厚。因而,在成熟的次生壁上就留下了许多窝陷或凹处,这些凹处称之为纹孔。从其功能来说,纹孔是使相邻的两个细胞腔相通,以利于营养物质的互相运输;而从制浆上讲,纹孔对蒸煮纸浆时,药液向细胞壁内扩散有很大的作用。

植物纤维一般是一种长纺锤形或梭状的死细胞,两头尖锐,端部有时可成分叉。普通纤维细胞长度较大,胞壁普遍加厚,胞腔狭窄。单个纤维细胞的直径(或宽度)虽只有几微米到几十微米,但它的长度往往可达几毫米或几十毫米,甚至几百毫米。因此,其长宽比值可达 1000—10000 倍。植物纤维的长宽比值,对于制浆造纸的优劣有很大的关系,一般纤维长宽比值愈大或纤维愈细长,胞壁较薄的,所制成的纸质愈好。平常认为棉、麻纤维所制成的纸质特佳;而木材(如松、杉)所制的纸浆,则多利用来制造各种一般用纸。草类植物(禾草类)纤维,则介于上述二者之间(表 1),如果应用适当方法,也可以制出优良的用纸。

表 1 几类造纸用植物细胞的长宽度

植物种类	细 胞 的 长 度 与 宽 度				细 胞 的 长 宽 比	
	长 细 胞 (管胞或纤维)		短 细 胞		长 细 胞 (管胞或纤维)	短 细 胞
	长 (毫米)	宽 (微米)	长 (微米)	宽 (微米)		
松	2.0—3.0	22—50	650	100	60—90	6.5
杉	3.1—3.5	19—50			70—160	
杨	1.5	25			60	
禾 草 类	1.5	13	120—600	7—60	115	3—16
棉 纤 维	12—50	9—23			1000—4000	
亚 麻	10—36	11—20			1100—1200	

除了纤维的长宽度以外,杂细胞的多少也是鉴定纸浆优劣的一个标准。要求制出优良纸浆,纤维的长宽比是愈大愈好,杂细胞是愈少愈好。

通常在制浆造纸工业中,“纤维”一般包括的范围较为广泛,例如管胞、纤维管胞、纤维状长细胞、韧型纤维和木材纤维等统称为“纤维”。

3. 细胞壁的化学组成

植物纤维细胞壁的主要成分是纤维素 (C₆H₁₀O₅)_n, 其他还有木质素、半纤维素、果胶质以及单宁、树脂和某些矿物质等。几类纤维植物的主要成分大致含量如表 2:

表 2 几类纤维植物主要成分的含量

类 别	α -纤维 素 (%)	半纤维素和其他多糖 (%)	木 质 素 (%)
木 材	40—50	12—34	20—30
棉 花	88—96	6 (主要是果胶质)	—
亚 麻	65—70	15—21	2—5
禾 秆	31—40	35—48	15—25

研究细胞壁的化学组成,分析各种成分的含量,对合理地利用造纸原料有很大的价值。例如:从纤维素的含量情况,可以预测原料在制浆时的收获率;从木质素的含量多少,可以估计蒸煮时所需化学药品的用量;半纤维素的含量与类别可以影响制浆时化学药品用量与成纸的白度和透明性;灰分含量的高低,可以知道它对纸的绝缘性及人造丝浆的过滤性影响等等。因此,在对细胞壁成分的研究中,不但特别要对纤维素加以注意,同时对半纤维素、木质素及其他少量物质也应当了解。

纤维素 纤维素为一种复杂的多糖化合物,分子结构和淀粉相似,也由葡萄糖分子(葡萄糖残基)集合而成。它较难于水解,遇碘-氯化锌呈蓝紫色,在氯化铜的氨溶液中溶解。

近代对纤维素性质的研究,对组成纤维素的纤维素链分子间的结构有了进一步的认识。根据X光衍射的研究,认为纤维素的基础是由葡萄糖分子组成的单位晶格构成。此种单位晶格也称为晶格或晶胞。纤维素即由这些具有晶格的结晶区和无定形区组成。在晶格中,相邻较近的葡萄糖残基(有的相距仅 $2.5 \text{ \AA}$)的两个羟基分子之间就产生了吸引力。如图 6 所示,一个氢原子起了两个氧原子之间的桥梁作用,从而形成了氢键。在纤维素中,氢键主要是横向的链锁,对纸的强度特性起很大的作用。如打浆中促使纤维帚化,使小纤维呈露更多的羟基。这样,当此纤维在纸机上成纸、干燥时,就可以使纤维间的结合力增加。

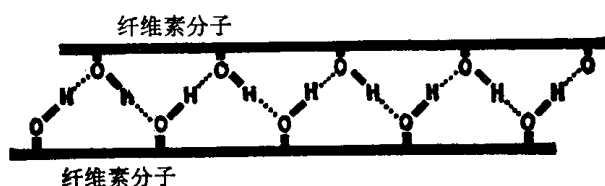


图 6 两个纤维素分子之间的氢键结合

在纤维素的无定形区内,仅仅亲水的羟基部分为氢所束缚。平均每一个葡萄糖残存的两个羟基与水作用,使其能自由渗透。由于无定形区内纤维素链分子的排列无一定形状,其间不规则的间隙也多,彼此结合力较弱,故在受力时易于伸长变形,具弹性和延展性。

进一步说,纤维素的结晶区可作为一个分子团(micellae)的不连续的实体。但现在认为,它们很少有明确的界限,从有秩序的(结晶的)状态向无秩序(非定形区)状态的过渡是连续的。在大分子最致密的地方,它们平行排列,定向良好,并构成纤维素的定向部分(或区域);当致密度较小时,则大分子间的结合程度亦较弱,有较大空隙

部分,分布在不完全平行,成为纤维无定形的非定向部分(或区域)。单独的纤维素大分子,可以部分的存在于纤维素的定向区域,而另一部分则位于无定形部分或通入其他定向区域。简言之,即它可以通过几个结晶区和无定形区而连续贯穿。

根据连续结构理论,也认为纤维分子的大分子群结构有结晶区(或定向区)和无定形区(或非定向区)的存在。

利用电子显微镜对纤维素纤维结构的研究,可以看到具有纤维素的纤维有十分复杂的结构。在水解或其他方式的作用下,纤维解体为一些不同形状与大小的小片。这些小片在纤维中不与轴平行排列,而是成螺旋状。在习惯上把这些小片叫做微纤丝(microfibril)。

微纤丝也可以说是纤维素大分子群的聚集体,由微纤丝再构成纤丝(fibril)。所以,微纤丝又是纤维的结构形态单位。微纤丝经化学方法处理后,即可以分为更小的结构单位——分子团。分子团的长度比个别纤维素大分子的长度更短,有人认为分子团是纤维素大分子的定向部分。图7(见102页插图)是说明管胞(或纤维)的结构与其各级组成关系的光学和电子显微镜照片。从图中可以看到由多条微纤丝组成纤丝,由这种纤丝构成了纤维壁。

木质素 象纤维素一样,木质素也是植物细胞壁的主要成分之一。它主要在次生壁,在某些细胞后期的初生壁与胞间层(中层)中也可发现。

对于木质素,目前仍无简单明确的定义。可以认为,经水及苯醇抽提之后的残渣除去多糖(即纤维素和半纤维素)以后的物质就是木质素。木质素为具有芳香族结构的物质,是一种高分子的化合物。对于植物组织或含机械浆的纸浆中木质素的鉴定,通常采用下面两种方法:

(1) 间苯三酚试剂,用一克间苯三酚溶于50毫升酒精,再加25毫升的浓盐酸配成。木质素与试剂作用后呈现紫红色。

(2) 硫酸苯胺试剂,由一克硫酸苯胺溶于50毫升水中即可。木质素与本试剂作用显出黄色。

半纤维素 是一类与纤维素性质相似的多糖,但它们具有溶于碱液和容易被酸水解的特性。半纤维素主要由聚戊糖、聚己糖及聚糖醛酸组成。其水解产物主要是木糖、甘露糖及半乳糖等。

细胞壁中还有其他的一些物质,如果胶质、蜡、树脂等。

化学浆制造中的一项重要工作,就是要从植物纤维原料中除去木质素等物质,而尽量保存纤维素及半纤维素(制人造丝浆时,半纤维素也要求尽量去掉)。因此,供造纸和制人造丝用的纤维原料,纤维素含量越高越好。否则,非纤维素成分含量太高,则化学药品就将消耗得多,在制浆中就不经济。象那些木质素、单宁和色素含量高的纤维原料,还为制浆漂白增加不少技术上的困难,所以对制浆是不利的。至于半纤维素,因在纸浆中可以增进纤维水化膨胀能力,容易打浆,并有利于提高纸浆的交织能力和增进纸张的强度,根据纸张性质的要求,有时可以尽量予以保留。

表3为我国常用的一些草类植物原料的化学组成:

表 3 我国常用的一些草类原料的化学成分

植物种类	水分 %	灰分 %	抽 出 物				果 胶 %	多 缩 戊 糖 %	蛋白质 %	木质素 %	纤维素 %
			冷水	热水	乙 醚	1 % NaOH					
芦 苇	14.13	2.96	2.12	10.69	0.74	31.51	0.25	22.46	3.40	25.40	43.55
荻	13.86	2.06	4.58	12.30	0.68	27.15	0.21	26.82	4.50	23.90	40.20
小 麦 秆	10.65	6.04	5.36	23.15	0.51	44.56	0.30	25.56	2.30	22.34	40.40
玉 米 秆	9.64	4.66	10.65	20.40	0.56	45.62	0.45	24.58	3.83	18.38	37.68
甘 蔗 渣	10.35	3.66	7.63	15.88	0.85	26.26	0.26	23.51	3.42	19.30	42.16
稻 草	9.87	15.50	6.85	28.50	0.65	47.70	0.21	18.06	6.04	14.05	36.20
高 粱 秆	9.43	4.76	8.08	13.88	0.10	25.12	—	24.40	1.81	22.52	39.70
芨 芨 草	11.12	2.95	8.30	10.54	1.69	39.62	1.08	25.98	—	16.52	49.14
毛 竹	12.14	1.10	2.38	5.96	0.66	30.98	0.70	21.12	—	30.67	45.50

从表 3 可以看出,它们的特点是:

- (1) 灰分含量比木材高,尤以草类的叶部含量更高,在灰分中有 50% 是 SiO_2 ;
- (2) 热水与 1% NaOH 抽出物数量比木材高,稻草、麦秆等几达 40—50%;
- (3) 木质素含量比木材低;
- (4) 多缩戊糖含量比针叶树高,接近或超过阔叶树的含量;
- (5) 纤维素含量除稻草外均与针叶树的含量接近。

根据我国草类植物纤维原料化学组成的这些特点,在选择蒸煮方案时,就可以考虑它们可能存在的问题及如何合理应用加工的方法。

二、禾本科植物茎和叶的组织结构

1. 禾本科植物茎的结构特征

禾本科植物的茎,由于没有次生分生组织,所以不能继续加粗。而茎的增大,主要靠初期细胞的增长。在维管束和其他初生构造部分分化完成以后,茎也就不再加粗了。

在茎的横切面上,有三种组织:表皮、基本薄壁组织和维管组织。

表皮 它是茎外面的一层细胞,常角质化或矿质化(如常有硅质细胞),以防止水分的过度蒸发和病菌的侵入,对茎起到保护作用。在横切面上,这一层表皮由扁平状的细胞组成,细胞之间无胞间隙。表皮上有些细胞分化为气孔,但茎表皮上的气孔则比叶子上少得多,排列也较稀疏。

基本薄壁组织 此组织是茎中占比例较大的一部分。它们大都由薄壁细胞组成,在细胞间往往有明显的胞间隙。靠近表皮部分的基本薄壁组织细胞,常含有叶绿体,故幼茎也常呈绿色。

维管组织 分布在基本薄壁组织中的维管束,在横切面上极为显著。通常禾

本科的维管束是外韧的,即韧皮部在外,木质部在内,木质部部分地紧包着韧皮部,在横切面上呈现“V”字形结构。在维管束的外面,被一圈纤维细胞组成的维管束鞘所包围。韧皮部由伴胞和筛管组成。在木质部中,可以看到两个很大的导管,而稍靠下面的原生木质部导管,在茎成熟后多被挤毁,形成了一个明显的空腔。筛管与导管是植物运输养料和水分及无机盐的通道(图 8)。

根据维管束排列的方式,可以把

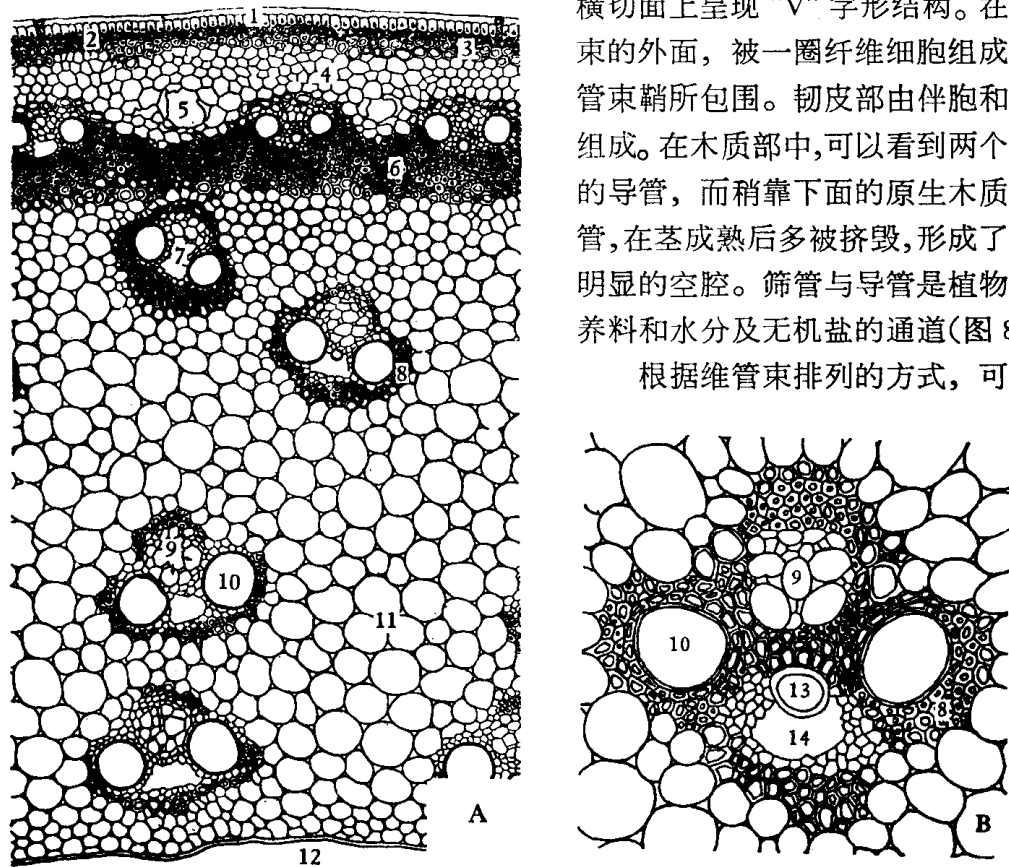


图 8 芦苇茎秆横切面(A)及单个维管束放大(B)

- 1.表皮层; 2,3.皮下层; 4.薄壁组织; 5.气室; 6.纤维组织带; 7.维管束; 8.维管束鞘;
9.韧皮部; 10.后生木质部导管; 11.基本薄壁组织; 12.髓腔; 13.原生木质部导管;
14.原生木质部腔隙。

它们归为两类:即维管束排成两圈的和维管束星散分布并不规则地排成两圈以上的(图 9)。

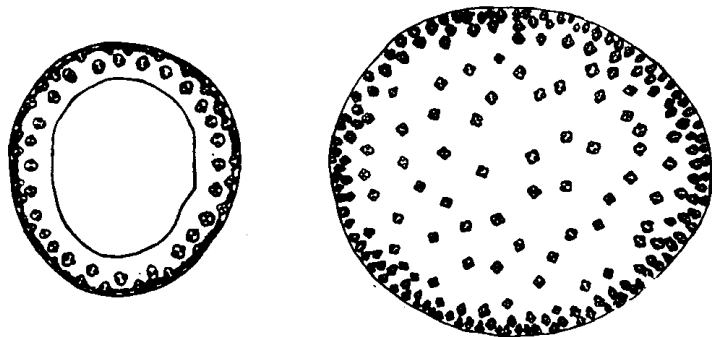


图 9 禾本科植物茎秆结构的两种类型
左:小麦; 右:高粱。

其中有的里面嵌埋着小维管束。因此,在横切面上常可见含有叶绿体的薄壁细胞形成带状与纤维细胞群交替排列。这一类型的髓部,在茎秆成熟后多变成空腔。

在维管束星散分布的类型中,如玉米、高粱、甘蔗、孝顺竹等,从茎的横切面上看,分布在外围的每个维管束,外面多具有显著的“维管束鞘”,这些“维管束鞘”之间,有时还形成不规则的并合,并且靠近表皮的几层基本组织细胞也常厚壁化。这一类型的成熟茎秆里,髓部有的也形成中空的髓腔(如毛竹),但是大部分是实心的,没有明显的髓部(如玉米、甘蔗等)。

由于茎秆表皮层的组成分子与叶子的基本相似,因此表皮结构的详细描述,将在叶子结构的叙述中加以说明。

2. 禾本科植物叶子的形态和结构

叶子是植物接受阳光,进行光合作用,制造食物的主要器官。禾草类植物的叶子,具有窄长的叶片及基部包着茎秆的叶鞘。有时叶鞘和叶片分界的地方有一个突出的薄片(或成毛状)叫叶舌。另外,在叶鞘与叶片连接处的边缘部分,还往往有一种突起,有的还可把茎包住,只在末端弯曲分离,这种结构称为叶耳(图 10-1)。

竹类的叶子可分两种:一种为进行光合作用的正常叶子,着生于最后分枝的小枝上。每叶可分为叶片和叶鞘两部分,叶片下方具短的叶柄。在叶鞘与叶片的接触处,常向上延伸成一边缘,在内侧的边缘有时较高,成为一舌状突起称内叶舌(即相当于一般禾草类的叶舌),而外侧的边缘,特称外叶舌,这为竹类所特有。在叶鞘顶端口部的两侧,常具流苏状的繸毛,有时也有明显的叶耳。另一种着生在主秆上的叶子,通称为箨(俗称笋壳),无明显中脉,非光合作用的主要器官。箨也可分为箨鞘、箨叶(即缩小叶)、箨舌和箨耳等部分。竹箨各部分的特征,对鉴定竹类植物的属种时具有很大的参考价值(图 10-2、3)。

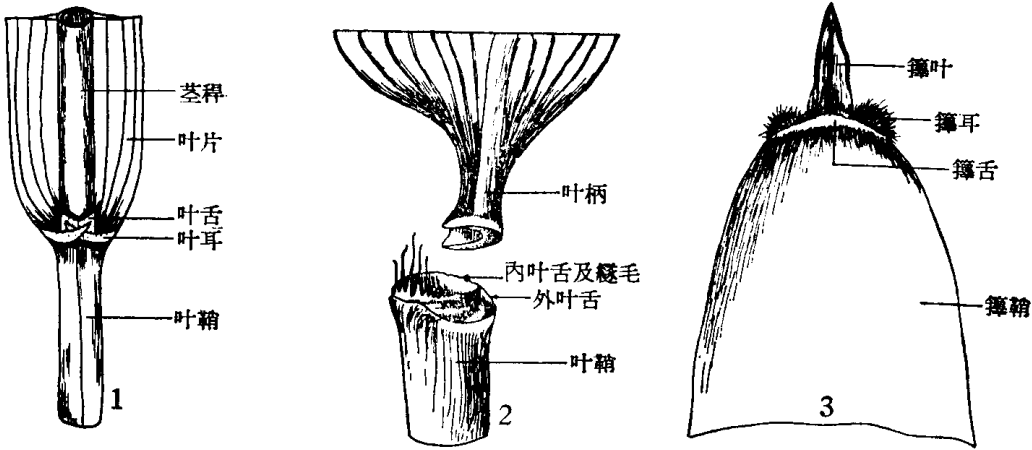


图 10 禾本科植物叶子各部分示意图

1. 禾草类叶片、叶舌、叶耳和叶鞘等部分; 2. 竹类叶子基部,示叶柄与叶鞘的连接处具有外叶舌及内叶舌两部分; 3. 竹类箨的腹面及各部分。

禾草类植物叶子的一般构造:表皮层外面常覆盖了一层角质层,表皮上还可见到刺状或毛状等结构。表皮细胞分两种,一种较长的叫长细胞,另一种较短的叫短细

胞。短细胞又可分为硅质细胞和栓质细胞。硅质细胞常为单个的硅质体所充满，而栓质细胞则是一种细胞壁木栓化的细胞，并常含有有机物质。在表皮上多为一个长细胞与两个短细胞(一个栓质细胞和一个硅质细胞)交替排列，有时也可见五个以上的短细胞聚集在一起。在不同种植物中，长细胞与短细胞的形状、数目及相对位置等均有变化。

表皮层上的气孔是植物体与外界交换气体的通道。禾本科植物的气孔器是由两个哑铃状的保卫细胞及它外面两个付卫细胞所组成。在外形上它们很易与表皮层的长细胞及短细胞相区别(图 11)。

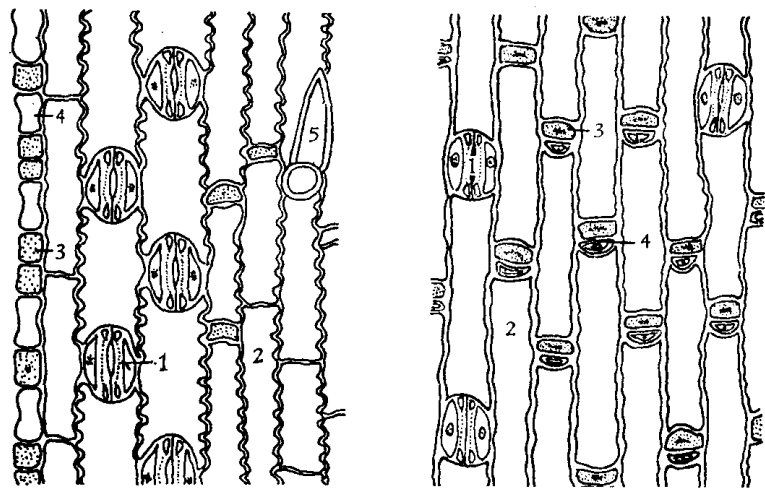


图 11 禾草类植物叶子(左)和茎(右)的表皮层(表面观)
1.气孔器； 2.长细胞； 3.栓质细胞； 4.硅质细胞； 5.表皮毛。

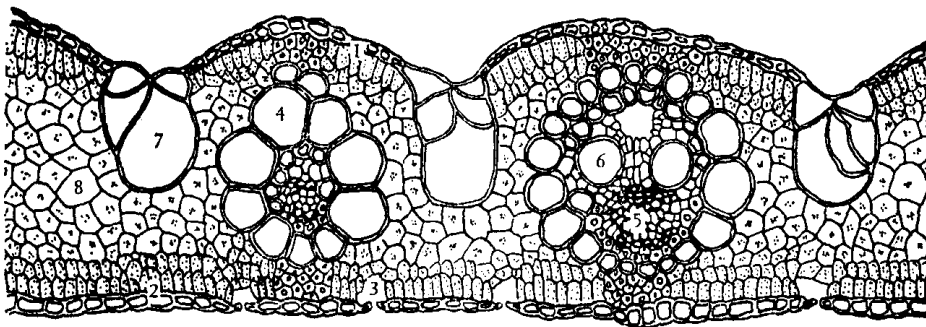
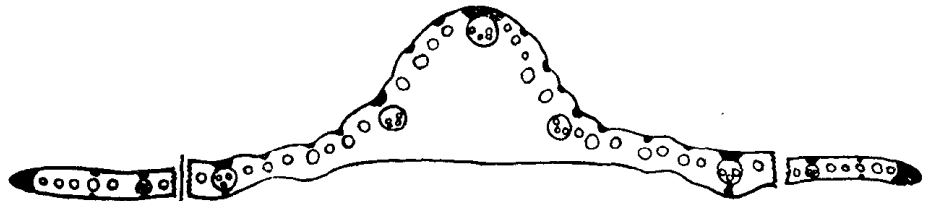


图 12 禾草类植物叶子横切面的结构：上图表示整个横切面；下图是横切面的部分放大。
1.上表皮； 2.下表皮； 3.气孔； 4.维管束鞘； 5.韧皮部； 6.木质部； 7.泡状细胞； 8.叶肉细胞。