

土壤水分

植物生理与肥料学

陈兴业 冶林茂 张 砾 主编

TURANG SHUIFEN

ZHIWUSHENGLI YU FEILIAOXUE



 海洋出版社

土壤水分 植物生理与肥料科学

陈兴业 冶林茂 张 砾 主编

海洋出版社

2010 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤水分植物生理与肥料学/陈兴业, 冶林茂, 张
砾编著. —北京: 海洋出版社, 2010. 8

ISBN 978 - 7 - 5027 - 7755 - 5

I. ①土… II. ①陈… ②叶… ③张… III. ①土壤含
水量—研究②肥料学—研究 IV. ①S152.7②S14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 117872 号

责任编辑: 白 燕

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京盛兰兄弟印刷装订有限公司印刷 新华书店经销

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 27

字数: 643 千字 定价: 68.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

肥料学既包括农业栽培植物需求养分理论，又包括工业规模管理生产。肥料学是个发展快、系统性强的学科，随着人们生活质量的提高，对肥料技术理论及产品有了更高的要求。为了使农产品提高产量和质量，无机肥料工业、复合肥料工业、有机肥料工业、生物肥料工业等新技术、新产品都在不断发展。本书介绍了无机肥料、复合肥料、有机肥料、生物肥料等基本理论知识和相应管理规定，为了更好地促进种植水平的提高、为科技下乡服务，本书也涉及到植物生理学、细胞学、生物化学、土壤学等学科的基础理论及土壤水分检测技术，本书将专业学术和实际操作结合，适合从事农业方面的农技人员、求知欲很强的种植业者、农村干部以及农民朋友、在校学生等阅读参考。在编写本书过程中，笔者觉得很为难，因为本书涉及的学科门类过多，而且肥料发展速度很快，最终成书的目的是为了提高肥料科技水平意识。笔者由于专业限制及时间仓促，在本书中难免会出现一些问题和不足之处，敬请各位同行、专家学者、农技人员及农民朋友提出宝贵意见和建议！

编者

目 次

第一章 生物体组分与生命基础物质概论	(1)
第一节 组成生物体的化学元素及生物体化合物	(1)
第二节 糖 类	(5)
第三节 脂类	(8)
第四节 蛋白质	(12)
第五节 核酸	(16)
第二章 植物细胞的结构与功能	(24)
第一节 植物细胞的结构与组成	(25)
第二节 细胞壁的结构与功能	(28)
第三节 生物膜的结构与功能	(30)
第四节 植物细胞亚微结构与功能	(32)
第五节 植物细胞的基因表达	(38)
第三章 植物的营养吸收	(40)
第一节 植物体内水分向地上部分的运输概况	(40)
第二节 合理灌溉的生理基础	(41)
第三节 植物对矿质元素的吸收与运输	(43)
第四章 植物的光合作用	(49)
第一节 光合作用的重要性	(49)
第二节 叶绿体及其色素	(50)
第五章 植物的抗性生理	(55)
第一节 抗逆生理概论	(55)
第二节 植物的抗冷性	(58)
第三节 植物的抗冻性	(61)
第四节 植物的抗热性	(65)
第五节 植物的抗旱性	(67)
第六节 植物的抗涝性	(70)
第七节 植物的抗盐性	(72)

第八节 植物的抗病性	(73)
第六章 氮磷钾元素肥料	(77)
第一节 氮肥简介	(77)
第二节 含磷元素的化学工业肥料	(83)
第三节 钾素营养与钾肥	(86)
第七章 含钙镁硫元素肥料	(93)
第一节 钙肥	(93)
第二节 镁元素肥料	(97)
第三节 含硫元素肥料	(101)
第八章 含铁锰锌铜硼钼氯元素肥料	(106)
第一节 铁元素肥料	(106)
第二节 锰素营养与锰肥	(109)
第三节 含锌元素肥料	(112)
第四节 铜素营养与铜肥	(117)
第五节 硼元素肥料	(120)
第六节 钼素营养与钼肥	(125)
第七节 氯素营养	(129)
第九章 复合性肥料	(131)
第一节 复合性肥料系列品种的概念	(131)
第二节 相关肥料的规定标准	(132)
第三节 复混肥料的特点积类型	(134)
第四节 掺混复肥的生产	(135)
第五节 复合性肥料配合使用原则	(138)
第六节 复合性肥料的发展趋势	(140)
第十章 有机肥料	(142)
第一节 有机肥料资源和意义	(142)
第二节 有机肥料的作用	(145)
第三节 有机肥料的主要类型	(149)
第四节 堆沤有机肥料的腐熟与技术流程	(160)
第五节 有机肥料的利用及其问题与对策	(168)
第十一章 氨基酸肥料和腐植酸肥料	(171)
第一节 氨基酸的生物学作用	(171)

第二节	含氨基酸水溶肥料的行业标准	(173)
第三节	氨基酸微肥的应用方法和效果	(175)
第四节	腐植酸及腐植酸肥料	(176)
第五节	腐植酸肥料的制造及行业标准	(177)
第六节	腐植酸肥料的作用	(178)
第十二章	生物类肥料	(181)
第一节	生物肥料的概念	(182)
第二节	生物肥料的分类	(183)
第三节	生物制剂的小单孢菌发酵肥料实例	(184)
第四节	微生物肥料研究概况	(186)
第五节	微生物肥料的种类和作用机理	(188)
第六节	微生物肥料的工业生产	(194)
第七节	微生物肥料的正确使用和效果评价	(198)
第八节	微生物肥料产品行业标准	(200)
第九节	应用中存在的问题及发展生物肥料的意义	(202)
第十三章	肥料安全使用的必要性	(206)
第一节	滥施肥料存在的问题及危害	(206)
第二节	中国农业非点源污染的原因	(212)
第三节	解决肥料污染问题及合理施肥方法	(214)
第四节	农业种植的标准化和精准化技术的推广	(217)
第十四章	植物的组织培养	(221)
第一节	植物组培发展过程	(221)
第二节	组织培养的意义和分类	(223)
第三节	组织培养的步骤	(224)
第四节	移栽培育	(234)
第五节	植物组培的应用前景	(236)
第十五章	育苗基质	(239)
第一节	常用育苗基质的种类与性能	(240)
第二节	常用基质的理化性质	(246)
第三节	无土栽培基质中的微生物及其对作物生长发育的影响	(254)
第四节	育苗基质的配制	(259)
第五节	基质消毒	(261)

第六节	基质栽培设施系统	(263)
第七节	基质栽培的配套灌溉设施	(269)
第十六章	耕地土壤结构	(273)
第一节	土壤和肥料的概念	(273)
第二节	土壤的基本物质组成	(274)
第三节	土壤生物与土壤有机质	(281)
第四节	土壤空气	(288)
第五节	土壤热量	(290)
第六节	土壤结构性	(291)
第十七章	土壤水分	(297)
第一节	土壤水分的保持	(297)
第二节	土壤水分的类型和性质	(297)
第三节	土壤水分状况与作物生长	(299)
第四节	土壤水分常数	(300)
第十八章	土壤含水量监测	(302)
第一节	土壤水分测定种类	(302)
第二节	土壤水分状况的测定方法	(303)
第十九章	土壤墒情预报方法	(311)
第一节	概 述	(311)
第二节	土壤墒情监测站网的布设	(313)
第三节	区域干旱指标	(316)
第四节	土壤墒情预报模型	(319)
第二十章	自动土壤水分观测仪	(323)
第一节	土壤水分自动监测仪器的概况	(323)
第二节	FDR 自动土壤水分观测仪(DZN2 型)	(328)
第三节	自动土壤水分观测仪的安装	(338)
第四节	自动土壤水分观测仪监控软件说明(A 型、B 型)	(352)
第五节	自动土壤水分监测仪网络数据浏览软件使用说明	(360)
第六节	自动土壤水分观测仪的标定	(376)
第七节	土壤水分自动观测仪技术说明	(377)
参考文献		(385)
附件		(386)

附件一:肥料使用准则 NY/T392 – 2000	(386)
附件二:肥料和土壤调理剂术语	(392)
附件三:肥料登记资料要求	(403)
附件四:菌种安全鉴定分级目录	(411)
附件五:登记肥料肥效试验技术规程	(414)
附件六:常用单位术语英文缩写	(420)

第一章 生物体组分与生命基础物质概论

肥料给植物体提供营养及元素，通过了解植物体本身究竟含有哪些元素和组成比例以及生物基础物质的结构和功能，反过来可以对肥料系列品种的作用产生一定的启发。组成生物体的化学元素主要有 20 多种，生物的特征是由生物大分子所决定的。生物的生命活动具有共同的物质基础，主要有糖类、脂类、蛋白质和核酸物质。其中糖和脂质物质是由酶（蛋白质）催化合成的，它们与蛋白质在一起，增加了蛋白质结构与功能的多样性。蛋白质的合成取决于核酸，然而生物功能需要通过蛋白质来实现，包括核酸合成也依赖于蛋白质的作用。由生物大分子和有关生物分子与无机分子或离子共同构成生物机体不同层次的结构。生物大分子之间以及与其他分子之间的相互作用决定了一切生命活动。

第一节 组成生物体的化学元素及生物体化合物

一、植物的元素组成

植物的组成十分复杂。一般新鲜植株含有 75% ~ 95% 的水分、5% ~ 25% 的干物质。如果将干物质燃烧，其中的碳（C）、氢（H）、氧（O）、氮（N）等元素以二氧化碳、水、分子态氮和氮的氧化物等形式跑掉，留下的残渣称为灰分。因此，植物必需的营养元素除碳、氢、氧外，可以分为氮及灰分元素两大类。地球上自然存在的化学元素有 92 种，到目前为止，已发现植物体内化学元素大约有 70 多种。但是，这些化学元素在植物体内含量不同，而且所含的这些元素不一定是植物生长必需的。有些元素可能是偶然被植物吸收，并且还能大量积累；反之，有些元素在植物中的需要虽然极少，但是都是植物生长不可缺少的营养元素。

植物必需营养元素的种类：高等植物已知需要碳（C）、氢（H）、氧（O）、氮（N）、磷（P）、钾（K）、钙（Ca）、镁（Mg）、硫（S）、铁（Fe）、锰（Mn）、锌（Zn）、铜（Cu）、钼（Mo）、硼（B）、氯（Cl）等 16 种元素，其中碳、氢、氧、从空气中获得，其余的元素从土壤与肥料中获得，称为矿质营养元素。单需要量之间差别很大，一般分为大量元素和微量元素。表 1-1 是高等植物必需的营养元素和比较适合的含量。

表 1-1 玉米与人体的化学元素组成 (质量分数/%)

元素	玉米	人体
O	44.43	14.62
C	43.57	55.99
H	6.24	7.46
N	1.46	9.33
Si	1.17	0.005
K	0.92	1.09
Ca	0.23	4.67
P	0.20	3.11
Mg	0.18	0.16
S	0.17	0.78
Cl	0.14	0.47
Al	0.11	—
Fe	0.08	0.012
Mn	0.04	—
Na	—	0.47
Zn	—	0.01
Rb	—	0.005

二、细胞的元素组成

在细胞内可以找到至少 62 种元素, 常见的约有 29 种, 其中重要的有 24 种。这些常见的元素绝大部分属于元素周期表上原子序数较低的元素。

按其在生物体内的含量不同, 可以分为大量元素和微量元素。

按元素的生物学功能, 大致可以分为下列类型。

(1) 构成细胞的基本元素: C、H、O、N、P 是构成核酸的主要元素; C、H、O、N、S 是构成蛋白质的主要元素等。

(2) 调节机体生命活动的元素: 离子态的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 H^+ 及 OH^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 HPO_4^{2-} 等离子。

(3) 与蛋白质结合的元素: Fe (血红蛋白、细胞色素等)、Cu (血蓝素、细胞色素氧化酶等)、Mo (固氮酶)、Co (构成维生素 B_{12} , 在天然存在形式中, 维生素 B_{12} 可能是与肽或蛋白质相结合的)、Zn (DNA 聚合酶、RNA 聚合酶)、I (甲状腺球蛋白,

这是一种含碘蛋白质，是人体内的碘库)、Mn (精氨酸酶等多种酶)。

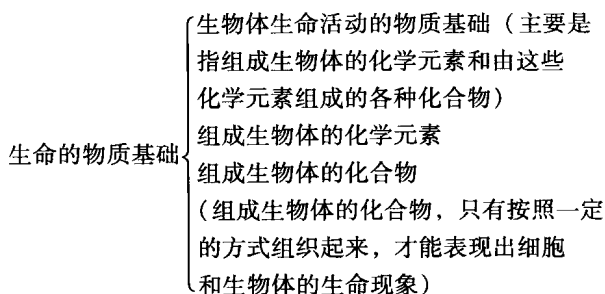
(4) 微量调节元素: B (硼)、Cr (铬)、Se (硒)、As (砷)、Ni (镍) 等。这些元素是不可缺少的，也是不可替代的。

三、生命的物质基础

生物的生命活动具有共同的物质基础，这主要是指组成生物体的化学元素和由这些化学元素构成的各种化合物。

首先，自然界中的生物和非生物都是由化学元素组成的。

关于组成生物体的化学元素的研究，一开始就指出组成生物体的化学元素主要有 20 多种，然后以玉米和人体为例，将含量较多的化学元素以及这些元素的含量列成表。通过对表中内容的分析，概括出两点：一是组成玉米和人体的基本元素是 C、O、H、N；二是组成生物体的各种化学元素，在不同的生物体内，含量相差很大，由此进一步提出了大量元素和微量元素的概念和种类。



四、水在生物体和细胞内的存在状态

(1) 结合水吸附和结合在有机固体物质上的水，主要依靠氢键与蛋白质的极性基 (羧基和氨基) 相结合形成亲水胶体。多糖、磷脂也是以亲水胶体形式存在。这部分水不能蒸发、不能析离，失去了流动性和溶解性，是生物体的构成物。

(2) 自由水填充在有机固体颗粒之间的水分，可流动、易蒸发，加压力后可析离，是可以参与物质代谢过程的水。

五、水在生物体内的作用

水是生命存在的环境条件，同时也是生活物质本身化学反应所必需的成分。水对于维持生物体的正常生理活动有着重要的意义，因此水是生物体内不能缺少的物质。

(1) 水是细胞内的良好溶剂生物体内的大部分无机物及一些有机物，都能溶解于水。水是物质扩散的介质，也是酶活动的介质。细胞内的各种代谢过程，如营养物质的吸收，代谢废物的排出，以及一切生物化学反应等，都必须在水溶液中进行。

(2) 水的其他作用：①由于水分子的极性很强，能使溶解于其中的许多种物质解离成离子，这样有利于体内化学反应的进行；②由于水溶液的流动性大，水在生物体内还起到运输物质的作用，将吸收的营养物质运输到各个组织中去，并将组织中

产生的废物运输到排泄器官,排出体外;③水的热容大,1 g 水从 15℃ 上升到 16℃ 时需要 4.18 J 热量,比同量其他液体所需要的热量多,因而水能吸收较多的热而本身温度的升高并不多。水的蒸发热较大,1 g 水在 37℃ 时完全蒸发需要吸热 2.40 kJ,所以人蒸发少量的汗就能散发大量的热。再加上水的流动性大,能随血液循环迅速分布全身,因此水对于维持生物体温度的稳定起很大作用。④水还有润滑作用。⑤对植物来说,水能保持植物的固有姿态。由于植物的液泡里含有大量的水分,因而可以维持植物细胞的形态而使枝叶挺立,便于接受阳光和交换气体,保证正常的生长发育。⑥对生物体的生命活动起重要的调控作用。生物体内水含量的多少以及水的存在状态的改变,都影响着新陈代谢的进行。一般情况下,生物体内的含水量在 70% 以上时代谢活跃;含水量降低,则代谢不活跃或进入休眠状态。当自由水比例增加时,生物体的代谢活跃,生长迅速;而当自由水向结合水转化较多时,代谢强度就会下降,抗寒、抗热、抗旱的性能提高。

六、无机盐

无机盐在细胞中的含量虽然不多,却是生命活动所必需的。如果将一块组织放在蒸馏水中,从细胞中去掉盐类,该组织就会死亡。许多无机盐在细胞中呈离子状态存在。无机盐在生物体和细胞中的作用主要有以下几点。

(1) 是构成细胞或构成生物体某些结构的重要成分。

(2) 参与并调节生物体的代谢活动。有些无机离子是酶、激素或维生素的重要成分。例如,含锌的酶最多,已知有 70 多种酶的活性与锌有关;钴 (Co) 是维生素 B_{12} 的必要成分,参与核酸的合成过程;铁 (Fe) 参与组成血红蛋白、细胞色素等,参与氧的运输和呼吸作用中的电子传递过程等。

(3) 维持生物体内的平衡。体内平衡是使细胞具有稳定的结构和功能,使生物能维持正常的代谢和生理活动的必要条件。有关体内平衡的内容很复杂,情况多变。其中的 3 个主要方面与无机盐含量的稳定密切相关。

①渗透压平衡:细胞内外的无机盐的含量是维持细胞渗透压的重要因素。

②酸度平衡 (即 pH 平衡):pH 调节着细胞的一切生命活动,它的改变影响着细胞组成物的所有特性以及在细胞内发生的一切反应。例如,各种蛋白质对于 pH 的改变非常敏感,人体血浆 pH 降低 0.5 时,人就立即发生酸中毒。无机离子如 $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 和 $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ 等,组成重要的缓冲体系来调节并维持 pH 平衡。

③离子平衡:动物细胞内外的 $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的比例是相对稳定的。细胞膜外 Na^+ 高、 K^+ 低,细胞膜内 K^+ 高、 Na^+ 低。 K^+ 、 Na^+ 这两种离子在细胞膜内外分布的浓度差,是使细胞保持反应性能的重要条件。此外,在细胞膜外 Na^+ 多、 Ca^{2+} 少时,神经细胞就会失去稳定性,对于外来刺激就会过于敏感。

生物的特征是由生物大分子所决定的。生物大分子有 4 类:核酸、蛋白质、多糖和脂质复合物。糖和脂质物质是由酶 (蛋白质) 催化合成的,它们与蛋白质在一起,增加了蛋白质结构与功能的多样性。蛋白质的合成取决于核酸;然而生物功能需要通过蛋白质来实现,包括核酸合成也有赖于蛋白质的作用。

第二节 糖 类

一、糖概述

(一) 存在与分布

糖类广泛地存在于生物界，特别是植物界。糖类物质按干重计算占植物的 85% ~ 90%，占细菌的 10% ~ 30%，占动物的不足 2%。

糖类尤以存在于植物体内最多，约占植物体干重的 80%。在植物体内，构成根、茎、叶骨架的主要成分是纤维素多糖。在植物种子或果实里的主要储存物质，如淀粉、蔗糖、葡萄糖、果糖等都属于糖类。在动物血液中的血细胞内，也有葡萄糖或由葡萄糖等单糖缩合成的多糖存在，在肝脏、肌肉里的多糖是糖元。人和动物的组织器官中所含的糖类，不超过身体干重的 2%。微生物体内的含糖量约占身体干重的 10% ~ 13%，其中有的呈游离状态，有的与蛋白质、脂肪结合成复杂的物质，这些物质一般存在于细胞壁、黏液或荚膜中，也有的形成糖元或类似淀粉的多糖存在于细胞质中。动物体内糖的含量虽然不多，但其生命活动所需能量主要来源于糖类。糖类物质是地球上数量最多的一类有机化合物。地球的生物量 (biomass) 干重的 50% 以上是由葡萄糖的聚合物构成的。地球上糖类物质的根本来源是绿色细胞进行的光合作用。

(二) 化学组成

糖类物质主要由碳 (C)、氢 (H)、氧 (O) 三种元素组成，其中氢与氧的原子数之比与水相同，也是 2:1，因此多数可用通式 $C_n (H_2O)_n$ 表示。习惯上把糖类物质称为碳水化合物。

(三) 定义

糖类是一类含多羟基的醛或酮类化合物的总称。

糖是多羟基醛或多羟基酮类化合物 (图 1-1)。

二、糖的分类

糖类物质可依据其水解的情况分为单糖、低聚糖和多糖。

(一) 单糖

凡是不能被水解成更小分子的糖称为单糖。

重要的单糖：核糖和脱氧核糖、葡萄糖、果糖、半乳糖。

(二) 低聚糖

低聚糖又称为寡糖，是由 2 ~ 10 个单糖分子缩合形成的糖。

常见的双糖有蔗糖、乳糖和麦芽糖。其化学分子组成为：蔗糖 + 水 (葡萄糖 + 果糖) 乳糖 + 水 (葡萄糖 + 半乳糖) 麦芽糖 + 水 (葡萄糖 + 葡萄糖)。

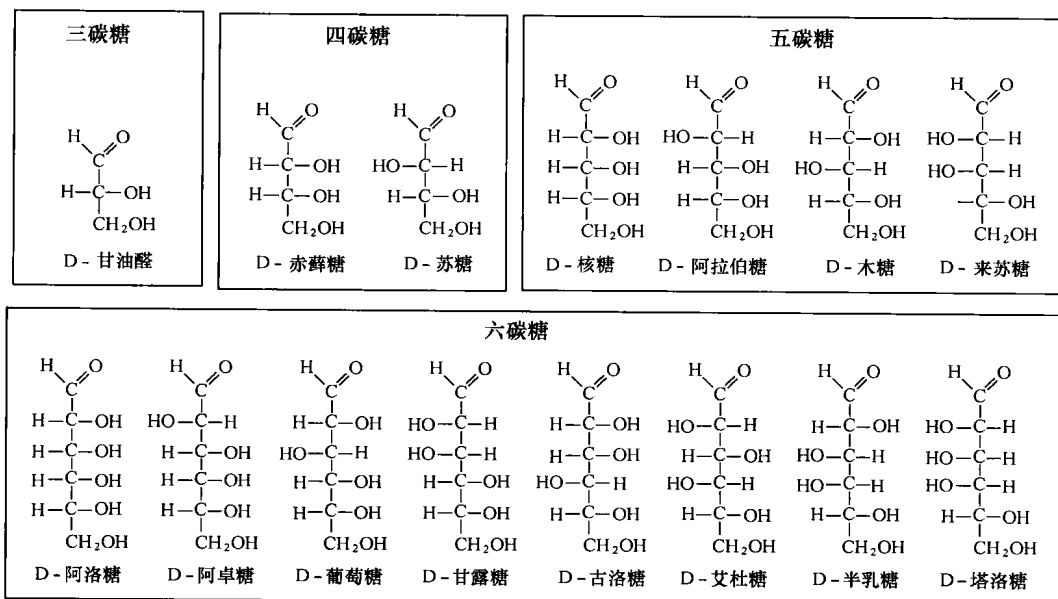


图 1-1 生物体内的 D - 系醛糖

(三) 多糖

多糖是由多个单糖分子缩合、失水而形成的。这一类结构复杂且分子量庞大的糖类物质，其水解后能产生许多分子单糖。

常见的多糖：淀粉、糖原和纤维素。

糖原又称为动物淀粉，以颗粒形式广泛存在于人体、动物体内，肝脏和肌肉内的储存量尤其丰富。成人体内糖储量约 400 ~ 500 g。正常生理活动情况下，骨骼肌糖原含量变化不大，一般范围是每千克湿肌含糖原重 10 ~ 15 g。长期从事耐力训练的运动员，肌糖原含量较高，每千克湿肌可达 20 ~ 30 g。肝糖原含量易受饮食糖量的影响，日波动较大，平均每千克肝组织含糖原 50 g 左右。

糖的甜度：如蔗糖为 1，则果糖为 1.75、葡萄糖为 0.75、半乳糖为 0.33、麦芽糖为 0.33、乳糖为 0.16、淀粉最低。

三、糖的生物学功能

糖类是细胞中非常重要的一类有机化合物，糖类的生物学作用概括起来主要有以下几个方面。

(一) 作为生物体的结构成分

植物的根、茎、叶含有大量的纤维素、半纤维素和果胶物质等，这些物质是构成植物细胞壁的主要成分。纤维素和壳多糖都不溶于水，有平坦伸展的带状构象，并且堆砌得很紧密，所以它们彼此之间的作用力很强，适于作强韧的结构材料。纤维素是植物细胞壁的主要成分。昆虫和甲壳类的外骨骼也是一种糖类物质，称壳多糖。壳多糖是昆虫

等生物体外壳的主要成分。细菌的细胞壁由刚性的肽聚糖组成，它们保护着细胞膜免受机械力和渗透作用的损伤。细菌的细胞壁还使细菌具有特定的形状。属于杂多糖的肽聚糖是细菌细胞壁的结构多糖。

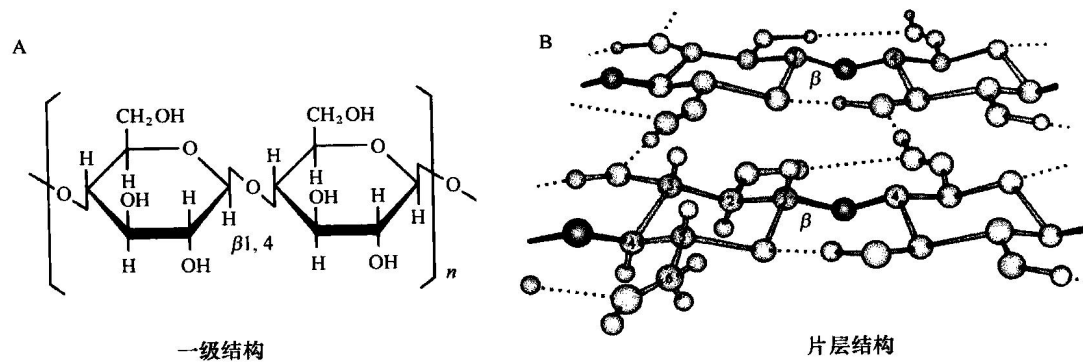


图 1-2 纤维素的结构

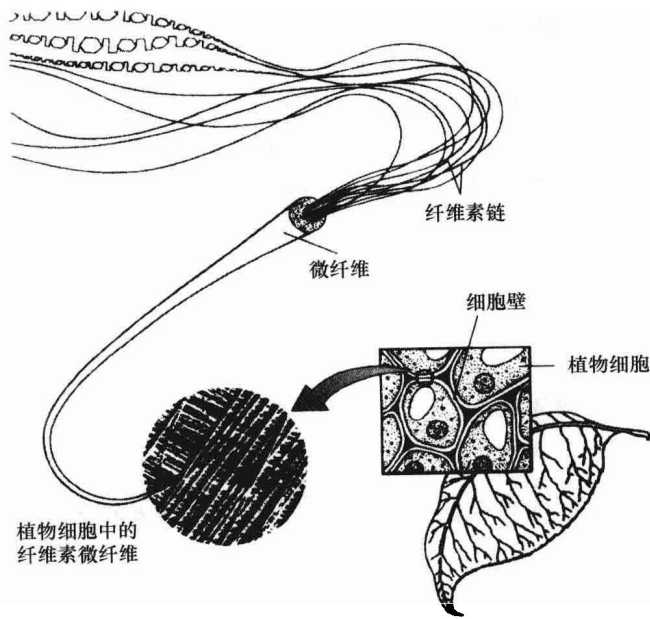


图 1-3 植物细胞壁与纤维素的结构

(二) 作为生物体内的主要能源物质

糖在生物体内（或细胞内）通过生物氧化释放出能量，供生命活动的需要。生物体内作为能源储存的糖类有淀粉、糖原等。

(三) 在生物体内转变为其他物质

有些糖是重要的中间代谢物，糖类物质通过这些中间物为合成其他生物分子如氨基

酸、核苷酸、脂肪酸等提供碳骨架。

（四）作为细胞识别的信息分子

糖蛋白是一类在生物体内分布极广的复合糖。它们的糖链可能起着信息分子的作用，早在血型物质的研究中就有了一定的认识。随着分离分析技术和分子生物学的发展，近 10 多年来对糖蛋白和糖脂中的糖链结构和功能有了更深的了解。研究发现细胞识别包括粘着、接触抑制和归巢行为，免疫保护（抗原与抗体），代谢调控（激素与受体），受精机制，形态发生、发育、癌变、衰老、器官移植等，都与糖蛋白的糖链有关。

（五）糖类具有润滑保护作用

黏膜分泌的黏液中有黏稠的黏多糖，可以保护润滑的表面。关节腔的滑液就是透明质酸经过大量水化而形成的黏液。

第三节 脂类

脂类是一类存在于动植物组织中的低溶于水而高溶于非极性溶剂的生物有机分子。它能量价值高，是动物营养中重要的一类营养素，其种类繁多，化学组成各异。对大多数脂质而言，其化学本质是脂肪酸和醇所形成的酯类及其衍生物。参与脂质组成的脂肪酸多是 4 碳以上的长链一元羧酸、醇成分包括甘油（丙三醇）、鞘氨醇、高级一元醇和固醇。脂质的元素组成主要是碳、氢、氧，有些含氮、磷及硫。常规饲料分析中将这类物质统称为粗脂肪。

一、脂类概述

（一）存在与分布

广泛存在于动、植物体内。

（二）化学组成

主要由碳、氢、氧三种元素组成，有些还含有氮和磷等元素。

二、脂质的化学分类

脂质是根据溶解性质定义的一类生物分子，在化学组成上变化较大，因此给这类物质的分类造成一定困难。按化学组成脂质大体上可分为三大类：

（一）单纯脂质（simple lipid）

单纯脂质是由脂肪酸和甘油形成的酯。它又可分为：

- （1）三酰甘油或称甘油三酯：由 3 分子脂肪酸和 1 分子甘油组成；
- （2）蜡：主要由长链脂肪酸和长链醇或固醇组成。

（二）复合脂质（compound lipid）

除含脂肪酸和醇外，尚有其他称为非脂分子的成分。复合脂质按非脂成分的不同可