

空间环境对植物影响的研究进展

柴大敏¹, 向青², 陶仪声¹, 唐劲天³

1. 蚌埠医学院病理学教研室, 安徽蚌埠 233003

2. 中日友好医院临床医学研究所生物化学-分子生物学研究室, 北京 100029

3. 清华大学工程物理系医学物理与工程研究所, 北京 100084

[摘要] 从蛋白质和基因水平分别介绍空间微重力、强电离辐射、亚磁场及空间综合因素对生物性状和遗传变异的影响, 并对今后空间诱变育种的前景和存在问题加以概述。

[关键词] 空间环境; 微重力; 电离辐射; 亚磁场; 植物

[中图分类号] P149, Q693

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)01-0038-05

Progress on the Effect on Space Environment on Plant

CHAI Damin¹, XIANG Qing², TAO Yisheng¹, TANG Jintian³

1. Bengbu Medical College, Bengbu 233003, Anhui Province, China

2. Department of Biochemistry and Molecular Biology, China-Japan Friendship Institute of Clinical Medical Sciences, Beijing 100029, China

3. Institute of Medical Physics and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: The effects of microgravity, heavy ionizing radiation, subelectromagnetic fields and other space factors on biological characteristics and genetic mutations at the protein and gene levels are discussed. The prospects and existing problems of space mutation breedings are summarized.

Key Words: space environment; microgravity; heavy ionizing radiation; submagnetic field; plant

CLC Numbers: P149, Q693

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)01-0038-05

空间环境是指距离地球表面 1 000 km 以外的大气空间, 是完全不同于地球表面的特殊环境。其特殊所在主要指: 微重力、电离辐射、亚磁场、高真空、超净环境以及航天器中的微环境等。空间环境对生物体的主要影响因素是微重力、电离辐射和亚磁场。微重力主要影响植物的向重性和植物细胞内成分的分布和含量; 电离辐射的几种主要成分, 如质子、高能重离子, 在与物质作用时, 由于它们径迹结构的特点, 对生物细胞内靶分子 DNA 的化学损伤也有其特色。

迄今为止, 人类探索太空的方式有返回式卫星、高空气球、飞船搭载和地面模拟等。下面就空间环境中几个特殊点对植物的影响加以简述。

1 微重力对植物的影响

微重力对植物的影响, 是至今太空特殊环境对生物体影响中研究得最多、最完备的。国际空间站上的微重力水平约为 $10^{-4} \sim 10^{-6}g$, 远远小于地面重力水平。过去 30 多年的空间飞行实验研究显示: 微重力可以在个体、器官、组织、细胞、亚细胞和生化

活性等各级水平上影响植物体^[1-2]。

1.1 微重力对植物向重性的影响

植物的向性包括: 向地性、向光性及回旋转头运动。向重性的研究是空间生命科学研究热点。美国航空航天局 (NASA) 在 21 世纪的空间生物学和医学研究战略中, 就将植物向重性及其机理研究列为首选课题。微重力主要通过植物根部的重力感受器——根冠和下胚轴内皮层中的淀粉体发挥作用^[3-5], 淀粉体在微重力条件下不能再生。实验表明: 经过空间飞行后, 大豆小苗细胞内的淀粉体分

收稿日期: 2006-11-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30371324), 科学技术部 973 计划前期项目 [2003(CA04200)]

作者简介: 柴大敏, 女, 安徽省蚌埠市淮南路 801 号蚌埠医学院病理学教研室, 硕士生, 主要研究方向为肿瘤病理学;

E-mail: chaidamin@gmail.com

唐劲天 (通讯作者), 男, 北京海淀区清华大学工程物理系医学物理与工程研究所, 研究员, 主要研究方向为肿瘤治疗;

E-mail: tangjt@mail.tsinghua.edu.cn

布发生变化,其内的淀粉含量下降^[6];地面模拟微重力也发现,由于内源性赤霉素(GAs)介导的淀粉酶,尤其是 α -淀粉酶活性增强,引起淀粉粒分解,淀粉含量降低^[7]。微重力除了改变下胚轴内皮层中的淀粉体含量之外,还通过引起植物生长素分布不均而影响植物的向重力性^[8-9]。

1.2 微重力对植物细胞的影响

国外大量研究表明:在微重力条件下,氢离子、钠离子、镁离子、氯离子、钙离子、三磷酸肌醇(IP₃)和赤霉素(Gas)等,也出现含量变化和分布不均的情况^[10-14]。美国最近的研究表明:在回转器内放置的玉米苗,由于内胚层微管的重排,远轴部位植物细胞壁的延展性增加,而近轴部细胞壁的延展性降低,使得自形态曲线形成^[15]。同样,用三维回转器模拟微重力,由于生长素介导的传输系统和乙烯生化合成受抑,导致其内生长的豌豆苗衰弱^[16]。由此可见,微重力环境的确可以通过改变植物的向重力性和细胞内离子分布影响其生物性状。

2 电离辐射对植物的影响

2.1 电离辐射的定义

空间辐射包括电离辐射和非电离辐射,其中电离辐射起最主要的作用,主要是高能重粒子和高能电磁射线,而非电离辐射对植物几乎不起作用。空间飞行中,生物系统被置于一个与地球生物圈完全不同的辐射环境中。这个环境包括:来自地磁场俘获带的电子、质子及低能重离子;来自银河宇宙射线的质子、 α 粒子及更重的高能重粒子;来自太阳磁暴的质子及重粒子等。

2.2 电离辐射对植物的影响

在我国,1992年10月发射的返回式卫星舱内测量的7d累积辐射剂量为0.74 mGy,其平均日剂量为0.11 mGy(Gy为辐射的吸收剂量,是对所有类型的电离辐射在任一种介质中的能量沉积的度量)。重离子径迹密度为12~15径迹/cm²·d(宇宙射线中的重离子是原子序数等于或

大于2的核素的带电原子或原子核)。实验表明:重离子贯穿辐射组的种子发芽率减低、发芽时间提前。一般在接受辐射的生物体中,电离辐射沉积的能量表现为沿着其径迹随机分布的原子、分子的激发和电离。

鉴于微重力对电离辐射起协同和促进作用,我国搭载用的高空气球,升空高度仅20~30 km,仍在地球大气内且升空时间仅为几个小时。这种条件下搭载的材料并不处于微重力、高真空等的空间环境内,仅接受银河宇宙射线进入地球大气层产生的次级宇宙射线。搭载在该系统内的水稻种子遗传性状发生变异,也从另一个方面证明了空间辐射可以引起植物的性状变异,且能够遗传给后代^[17]。最近,我国用“三明治”式实验系统研究空间环境中离子辐射对遗传变异的影响,也发现离子辐射的确是引起遗传性变异的主要因素^[18]。

3 亚磁场对植物的影响

3.1 亚磁场的定义

众所周知,距离地球表面越远空气越稀薄,地磁场越弱。各空间的磁场强度见表1。

当航天器距地球表面约1 000 km时,就处于一个空气极其稀薄、磁场比较微弱的环境之中。屏蔽了地球磁场之后,实验系统就处于<1 μ T(1 000 nT)的极弱磁场即亚磁场中,或者处于强磁场(>10 mT)与极弱磁场之间的弱磁场中。

3.2 亚磁场对生物的影响

有研究表明,亚磁空间对虎皮鸚

鹉(Melopsittacusundulafu)声行为活动有明显影响,均匀和不均匀亚磁空间中,叫声日频度比地磁场中平均下降44.7% $\pm$ 10.0%;不均匀零磁空间中抗议叫声的占有率(O_p)比地磁场中平均下降8.5%~20.3%,并呈适应性变化;均匀零磁空间对终鸣时有一定影响^[19]。亚磁空间对鸡胚发育和雏鸡的一次性味觉回避学习记忆均产生负面影响,这与亚磁空间对空间育种起负面影响相一致。地面模拟空间亚磁环境的生物学效应研究,可为空间育种和揭示地磁场与生命活动的关系提供重要依据。这为空间三要素——微重力、强电离辐射和亚磁场,对生物影响的探讨奠定了基础。

4 空间综合因素对植物的影响

搭载的植物种子或幼苗放置在太空舱内,所以超净环境、高真空、极端温度等其他影响因素并不起很大的作用,因此把微重力、强电离辐射和亚磁场等因素总合在一起,分析空间综合因素对植物性状和细胞水平的影响。

4.1 空间综合因素对植物性状的影响及其研究成果

空间环境中植物性状呈多向性变异,经过筛选,选出稳定变异株,即可能获得新的优良植物品系。卫星搭载食用菌可以引起其性状改变。从经空间飞行后的平菇和金针菇发现,其生长速率、菌丝体总生物量、出菇量、粗纤维转化率和有机质转化率都有所提高,且多糖、二糖、蛋白质、氨基酸及内源激素的含量均有较明显的

表 1 空间各部分的磁场强度
Table 1 Magnetic intensity in different parts of space

空间位置	磁场强度/T
人类正常心磁场	$\leq 10^{-10}$
人类正常脑磁场	$\leq 5 \times 10^{-12}$
外空间(outer space)	$10^{-10} \sim 10^{-8}$
地球表面	$2 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$
太阳黑子(sunspot)	~ 10
白矮星(white dwarf)	$10^2 \sim 10^3$
中子星(neutron star)	$10^6 \sim 10^8$
磁星(magnetar)	$10^9 \sim 10^{11}$
理论预言最大磁场	$\sim 10^{13} \sim 10^{16}$

提高^[20]。同样,通过空间诱变,李金国等培育出番茄新品系 TF873。1996 年利用我国发射的返回式实验卫星搭载玉米种子,回收后于田间种植观察,对其主要农艺性状的表现进行调查。结果表明:处理后的当代只有少数性状表现出变异;处理后的自交一代和自交二代在株高、穗位高、生育期、育性等方面表现出分离,且遗传基础复杂群体比纯系材料更易出现变异。这预示着采用太空处理,可望在株高、穗位高、生育期及育性等方面对玉米实现遗传改良^[21]。现在我国已经培育出品系优良、性状稳定的“赣早籼”47 号。搭载于返回式卫星的迟熟中、“晚籼”GER-30 的干种子返地种植后,在空间环境的综合诱变作用下,其后代育成早熟、稳产、多抗、优质的红米晚籼稻新品种——“赣晚籼”33 号,与 GER-30 相比,其农艺、经济性性状得到改善,国家质量鉴定为 3 级。可见通过空间诱变筛选优化品系是改良植物性状的有效途径之一。

4.2 空间综合因素对植物细胞的影响

4.2.1 蛋白质和离子水平研究

空间环境对生物细胞的影响颇大。有研究表明:空间搭载的肿瘤细胞由椭圆形趋于圆形,染色质聚集,核仁变得不明显^[22]。空间飞行后,细胞中的内膜系统受到影响,质粒、类囊体、内质网和线粒体都发生了变化。空间植物的染色质出现聚合,核中的核仁增多、胞壁变薄、纤维素和木质素以及木质素合成代谢过程中的酶活性下降^[7]。空间飞行后,植物细胞内 Ca^{2+} 会重新分布, Ca^{2+} 向细胞膜集结,液泡中的 Ca^{2+} 减少,胞膜内侧、胞质及胞壁中 Ca^{2+} 明显增多,高尔基体中也有少量 Ca^{2+} 存在^[23]。 Ca^{2+} 不但是植物生长发育的营养元素之一,并且是细胞中的一种重要的第二信使,其分布的改变必将会影响细胞的功能活动。可见,空间环境通过改变植物细胞内各离子含量或分布可以影响植物的性状。

4.2.2 基因水平研究

空间环境下,植物细胞受微重力、空间辐射、亚磁场等各种因素的影响,染色体容易发生变异。绿菜花种子经卫星搭载后种植,发现其花粉母细胞的染色体产生畸变,减数分裂终变期的染色体数目不均等分离,并出现倒位和易位染色体,在其减数分裂的后期和末期出现落后的染色体^[24]。通过研究卫星搭载后的普通黄芩种子也发现了类似的结果。可见在空间环境下,植物细胞染色体容易发生畸变,突变后的 DNA 成多态性。胡章立等^[25]利用 RAPD 方法分析搭载后的稻田鱼腥藻,发现在扩增出的 500 多条带中,有 4 条带与原始出发株之间表现出了多态性。

空间环境下,植物细胞 DNA 与地面对照组相比呈现明显的多态性。高文远等^[26]进一步研究了空间环境各因素对药用植物曼陀罗细胞基因组 DNA 的影响,发现仅受微重力影响的失重组产生的多态性条带少于受到微重力和高能重粒子复合作用的击中组。这表明微重力和高能重粒子对基因组 DNA 的复合影响大于微重力效应。空间环境下,植物细胞染色体发生变异,从而导致其结构和功能改变,这是因为植物性植物根细胞在空间环境下失去了重力的影响,其生长方向不再垂直,会发生一定程度的变异。经历空间飞行的大豆苗根部顶端细胞,特别是柱状细胞的空泡增多、胞浆溶解、胞质内水分增加^[27]。卫星飞行 15 d 的石刁柏种子,返地后种植,其幼根短粗、生长方向不一。玉米秧苗经空间飞行后,也发现其根生长方向不一,且根细胞壁伸展性下降^[28]。由此可见,根细胞的生长明显受重力的影响,在微重力环境下失去了重力的作用,根细胞就不能正常生长。

5 国际研究最新动态

目前国际上关于空间环境对植物影响的研究已进入模拟太空植物生存系统装置阶段。美国最近的研究

表明:在适当光照和饱和 CO_2 浓度条件下,模拟微重力不改变小麦属植物的气体交换。该实验是运用特制的设备模拟空间环境,通过计算设备中土壤的总蒸发率和光合作用,来研究微重力对小麦属植物的影响^[29]。有人甚至已经通过对新陈代谢量的研究,探索潜在太空种植作物果实的味道和营养质量^[30]。最近设计的圆柱形的太空植物生存舱中种植的绿色植物,只要每天为其提供大约 0.5 kW 的能量就可以产生约 100 g 的可食产品,这可以满足 2 个机务人员对维生素 C 和胡萝卜素,尤其是维生素 B 的需求,同时可以满足他们对粗纤维的需求^[31]。这些研究为以后的太空作物种植埋下了伏笔。

6 问题与展望

综上所述,空间环境对植物的影响是多方面的。微重力、电离辐射、亚磁场是主要因素,它们主要影响植物的性状和植物细胞的生理生化功能、细胞内成分的分布和含量等。研究空间环境对植物生长发育和遗传变异的影响,不仅对改善空间生命支撑系统中宇航员的生活环境、食物供应具有重要意义,且可为开拓太空农业和探索新的育种途径提供理论依据。

参考文献(References)

- [1] HALSTEAD T W, DUTCHER F R. Plant in space[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1987, 38: 317-345.
- [2] WEST J B. Physiology in microgravity[J]. Appl Physiol, 2000, 89 (1): 379-384.
- [3] KISS J Z, WRIGHT J B, CASPAR T. Gravitropism in roots of intermediate-starch mutants of Arabidopsis[J]. Physiol Plant, 1996, 97 (2): 237-244.
- [4] FUKAKI H, WYSOCKA - DILLER J, KATO T et al. Genetic evidence that the endodermis is essential for shoot gravitropism in Arabidopsis thaliana[J]. Plant J, 1998, 14(4): 425-430.
- [5] FUJIHARA H, KURATA T, WATAHIKI M, et al. An agravitropic mutant of Arabidopsis, endodermal-amyloplast

- less 1, that lack amyloplasts in hypocotyls endodermal cell layer[J]. *Plant Cell Physiol*, 2000, 41 (11): 1193- 1199.
- [6] KUZENTSOV O A C, et al. Composition and physical properties of starch in microgravity- growth plants[J]. *Adv Space Res*, 2001, 28 (4): 651- 658.
- [7] 崔大勇, 蔡伟明, 汤章城. 赤霉素介导模拟失重诱导的胡萝卜细胞中淀粉粒降解 [J]. *空间科学学报*, 2004, 24(5): 394- 400.
- CUI Dayong, CAI Weiming, Tang Zhangcheng. Gibberellins mediate the degradation of starch grains induced by simulated microgravity in carrot callus cells [J] *Chin J Space Science*, 2004, 24(5): 394- 400.
- [8] EVANS M L, YOUNG L M, HASENSTEIN K H. The role of calcium in the regulation of hormone transport in gravistimulated roots [J]. *Adv Space Res*, 1992, 12(1): 211- 218.
- [9] PHILIPPAR K, FUCHS I, LUTHEN H. Auxin- induced K^+ channel expression represents an essential step in coleoptile growth and gravitropism [J]. *Natl Acad Sci USA*, 1999, 96 (21): 12186- 12191.
- [10] HESTNES A. Distribution of radioactivity from exogenously supplied [1- ^{14}C] indol- 3- yl- acetic acid and [3, 4- 3H (N)] Gibberellin A, in geotropically- stimulated *Picea abies* (L.) Karst. Roots [J]. *Ann Bot*, 1979, 44: 567- 573.
- [11] ROOD S B, KAUFMAN P, ABE H et al. Gibberellins and gravitropism in maize shoots: Endogenous gibberellin- like substances and movement and metabolism of 3H gibberellin- A20[J]. *Plant Physiol*, 1987, 83: 645- 651.
- [12] MOOR R, et al. The influence of microgravity on root- cap regeneration and the structure of columella cells in *Zea mays* [J]. *Amer. J. Bot*, 1987, 74: 216- 221.
- [13] GEHRING C A, WILLIAMS D A, CODY S H, et al. Phototropism and geotropism in maize coleoptiles are spatially correlated with increases in cytosolic free calcium[J]. *Nature*, 1990, 345: 528- 530.
- [14] PERERA I Y, HEILMANN I, BOSS W F. Transient and sustained increase in inositol 1,4,5- trisphosphate precedes the differentiated growth response in gravistimulated maize pulvini [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1999, 96(10): 5843- 5853.
- [15] SAIKI M, FUJITA H, SOGA K, et al. Cellular basis for the automorphic curvature of rice coleoptiles on a three- dimensional clinostat: Possible involvement of reorientation of cortical microtubules[J]. *J Plant Res*, 2005, 118 (3): 199- 205.
- [16] MIYAMOTO K, HOSHINO T, YAMASHITA M, et al. Automorphosis of etiolated pea seedlings in space is simulated by a three- dimensional clinostat and the application of inhibitors of auxin polar transport- MIYAMOTO K, HOSHINO T, YAMASHITA M, et al. Automorphosis of etiolated pea seedlings in space is simulated by a three- dimensional clinostat and the application of inhibitors of auxin polar transport [J]. *Physiol Plant*, 2005, 123: 467- 474.
- [17] 余红兵, 周峰, 姚鹃, 等. 高空气球搭载诱导水稻后代形态变异研究[J]. *江苏农业科学*, 2005, (1): 21- 22.
- YU Hongbing, ZHOU Feng YAO Juan, et al. Study on mutation of rice progenies after seeds flown in high- altitude balloon[J]. *Jiangsu Agr Sci*, 2005(1): 276- 279.
- [18] 颜红梅, 卫增泉, 梅曼彤, 等. 搭载水稻种子被空间重离子击中的定位研究 [J]. *核技术*, 2005, 28(9): 671- 674.
- XIE Hongmei, WEI Zengquan, MEI Mantong, et al. Localization of space ions hitting rice seeds loaded in spaceship "Shenzhou " [J]. *Nuc Tech*, 2005, 28(9): 671- 674.
- [19] 蒋锦昌, 金海强, 林云芳, 等. 零磁空间对虎皮鹦鹉声行为的影响[J]. *地震学报*, 1998, 20(4): 421- 426.
- JIANG Jinchang, JIN Haiqiang, LIN Yunfang, et al. Effect on sound behavior of *Melopsittacus undulatus* induced by zero magnetic space[J]. *Acta Seis*, 1998, 20(4): 721- 726.
- [20] 王耀东, 陈志和, 等. 返回式科学卫星搭载食用菌的空间生物学效应 [J]. *航天医学与医学工程*, 1998, 11(4): 249- 253.
- WANG Y D, CHEN Z H, et al. Space biological effect of domestic fungus carried by recoverable satellite [J]. *Space Med Med Eng*, 1998, 11(4): 249- 253.
- [21] 曹墨菊, 荣廷昭, 潘光堂. 空间条件对玉米主要农艺性状的影响 [J]. *中国农业通报*, 2000, 16(2): 14- 16.
- CAO Moju, RONG Yanzhao, PAN Guangtang. The Influences of space condition on the agronomic characters of maize[J]. *Chin Agr Sci Bull*, 2000, 16 (2): 14- 16.
- [22] 唐劲天, 房青, 向青, 等. 太空环境诱导肿瘤细胞变异的初步结果 [J]. *中日友好医院学报*, 2003, 17 (4): 229- 232.
- TANG Jintian, FANG Qing, Xiang qing, et al. Preliminary results of variations of tumor cells induced by exposing to the space environment [J]. *J China- Japan Friends Hos*, 2003, 17(4): 229- 232.
- [23] 李金国, 王培生, 张健, 等. 空间飞行诱导绿菜花的花粉母细胞染色体畸变研究[J]. *航天医学与医学工程*, 1999, 12(4): 247- 248.
- LI Jinguo, WANG Peiseng, ZHANG Jian, et al. Chromosome aberration of pollen mother cell of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) induced by space flight [J]. *Space Med Med Eng*, 1999, 12 (4): 247- 248.
- [24] 胡章立, 宋立荣, 刘永定. 空间飞行对稻田鱼腥藻遗传特性的影响 [J]. *航天医学与医学工程*, 1998, 11(6): 406- 410.
- HU Zangli, SONG Lirong, HU Yongding. Effect of space flight on hereditary characteristics of *Anabaena oryza* (Cyanobacteria) [J]. *Space Med Med Eng*, 1998, 11(6): 406- 410.
- [25] 高文远, 赵淑平, 等. 卫星搭载药用植物曼陀罗遗传变异的随机扩增多态性 DNA 分析 [J]. *中国医学科学院学报*, 2000, 22(1): 44- 47.
- GAO Wenyuan, ZHAO Suping, et al. Detection of DNA variation after space flight in *Datura innoxia* by random amplified polymorphic DNA markers[J]. *Acta Acad Med Sinicae*, 2000, 22(1): 44- 47.
- [26] KLYMCHUK D O, KORDYUM E L, VOROBYOVA T V, et al. Changes in vacuolation in the root apex cells of soybean seedlings in microgravity

- [J]. Adv Space Res, 2003, 31 (10): 2283- 2288.
- [27] HOSON T, SOGA K, WAKABAYASHI K, et al. Growth and cell wall changes in rice roots during space-flight [J]. Plant Soil, 2003, 255 (1): 19- 26.
- [28] 徐继, 阎田, 等. 微重力对石刁柏根尖组织和细胞中钙水平及分布的影响 [J]. 生物物理学报, 1999, 15(2): 381- 386.
- XU Ji, YAN Tian, et al. Effects on Ca^+ level and distribution of root tip

- tissue and cells of *Asparagus officinalis* L mutated by microgravity [J]. Acta Biophy, 1999, 15(2): 381- 386.
- [29] STUTTE G, Chap Monje Oman D. Microgravity does not alter plant stand gas exchange of wheat at moderate light levels and saturating CO_2 concentration [J]. Planta, 2005, 222(2): 336- 345.
- [30] MUSGRAVE M E, KUANG A, TUOMINEN L K, et al. Seed storage reserves and glucosinolates in *Brassica rapa* L. grown on the interna-

- tional space station [J]. Amer Soc Horticult Sci, 2005, 130(6): 848- 856.
- [31] BERKOVICH Y A, KRIVOBOK N M, SINYAK Y Y, et al. Developing a vitamin greenhouse for the life support system of the international space station and for future inter-planetary missions, space life sciences: life support systems and biological systems under influence of physical factors [J]. Adv Space Res, 2004, 34 (7): 1552- 1557.

(责任编辑 李慧政)

·科技智力游戏·

轻松一刻——填空补白

本游戏供读者读刊闲暇之余自娱自乐, 并获取一些小知识。读者可根据下面“横”行、“纵”列的文字提示, 分别填上相应的文字。答案见下期。

纵

- 一中国宋代官吏, 被认为是世界法医学的鼻祖, 所著《洗冤集录》比西方国家最早的法医学专著——意大利人菲德里的著作还早 350 余年。
- 三种佛教圣典经藏、律藏、论藏的简称。经藏是说定学, 律藏是说戒学, 论藏是说慧学, 共同构成佛陀一生所说的教法。
- 一个成语, 原比喻人的文采和德行, 现也比喻事物的因果关系或努力后取得的成效, 出自晋·陈寿《三国志·魏志·邢颙传》。
- 语出《老子》第八章的一个四字名言, 老子就该名言阐述道“水善利万物而不争, 处众人之所恶, 故几于道。居善地, 心善渊, 与善仁, 言善信, 政善治, 事善能, 动善时。夫唯不争, 故无尤。”
- 一美籍华裔物理学家, 曾与杨振宁同获 1957 年诺贝尔物理学奖。
- 2006 年 11 月 23 日逝世的一位中国科学院院士, 曾为我国率先实现胰岛素的人工合成做出过重要贡献, 晚年以坚持反对科技界的学术不端行为而令人瞩目。
- 一种新型纳米材料。2006 年, 吉林大学化学学院教授王子忱带领的课题组成功从稻壳中提取出该材料, 预示着开发利用稻壳这一“农业垃圾”将产生重要的经济效益和社会效益。
- 一种罪名, 是指司法工作人员徇私、徇情, 对明知是无罪的人使其受追诉, 对明知是有罪的人故意包庇不使其受追诉或者在刑事审判活动中故意违背事实和法律作出

枉法裁判的行为。

横

- 一、我国现代著名作家、杰出的出版家和新闻记者, 曾以他的名字命名我国出版界的最高奖, 著有《小言论》和《韬奋漫笔》等杂文集, 《萍踪寄语》、《萍踪忆语》4 本游记随笔。
- 二、一个成语, 形容仁慈善良的样子。
- 三、中国现代著名的文学家、思想家和革命家, 曾因发表中国现代文学史上第一篇白话小说《狂人日记》而奠定了新文学运动的基石。
- 四、石油工业处理废水的一种技术。2006 年, 中国科学院长春应用化学研究所成功研制出该技术专用剂, 标志着中国石油在此项技术领域内取得了重大突破。
- 五、为税收征纳实体法和税收征纳程序法的统称。在依据税收关系结构与体系而构筑成的税法体系中, 其与税收体制法并列。
- 六、一所以法学为主, 兼有哲学、经济学、教育学、管理学等多学科的教育部直属全国重点大学, 其前身是 1952 年成立的北京政法学院。
- 七、某单机笔记本品牌名, 其总公司在台北, 其开发的计算机主板质量优秀。
- 八、现代医疗的一种手段。它以给氧的方式治疗疾病, 是一种重要的自然医疗法, 能使机体增强抵抗疾病的能力和消除病痛。
- 九、一地名。1948 年 5 月 26 日, 战斗英雄董存瑞曾在此地舍身炸碉堡壮烈牺牲。
- 十、一四字名言, 出自东汉班固所著《汉书·河间献王传》一书。毛泽东在《改造我们的学习》一文中, 赋予该词新的含义: “‘实事求是’就是客观存在着的一切事物, ‘是’

就是客观事物的内部联系, 即规律性, ‘求’就是我们去研究。”

十一、一种不溶于水的二元弱酸, 可用 Na_2SiO_3 溶液和盐酸反应生成, 其分子式用 H_2SiO_3 表示。

(供稿 李建才 责任编辑 赵佳)

