

专论与综述

太阳紫外线 (UV) 辐射对植物的影响

陈 树 元

(江苏省植物研究所, 南京 210014)

摘要 本文就同温层臭氧出现部分空洞引发的太阳紫外线 (UV) 辐射变化及其对植物生长、植物次生化特性及植物生殖生长影响方面最近研究的进展情况以及取得的一些结果加以综合评述。

关键词 紫外线 (UV) 辐射, 植物影响, 臭氧消耗。

1974 年, Molina 和 Rowland^[1]曾就制冷系统大量耗用氯氟烃造成同温层臭氧出现部分空洞, 向人类发出了不可低估这一后果的警告。根据科学家最近测算, 同温层臭氧浓度近年来约下降 2—4%, 导致温带地区地球表面生物有效紫外线辐射增加 8%^[2]。根据 Price 等^[3] 1991 年的研究报告表明, 紫外线辐射的增加会左右生物活性自由基的产生, 有机物的光分解以及痕量金属元素的可利用性等化学环境的变化, 而这些变化对生物既可能有害也可能有益。人们更为关注的是由于空洞的出现造成的紫外线增加会对人类赖以生存的环境——地球生物圈带来什么样的后果。将来作物生产面临的重大问题, 是如果作物对预估的紫外线暴露水平敏感, 那么紫外线增加必然会对作物的许多生理过程产生影响, 最终导致作物的产量损失。事实上, 科学家的担心是有根据的, 因为许多研究表明, 波长短于 290nm 的紫外线波段其能量很易被蛋白质吸收, 它对植物的光合作用、蒸腾强度、叶片伸长、呼吸作用以及生物量的配置等都会产生影响。

本文就太阳紫外线辐射变化及其对植物生态系统的影响方面最近研究进展情况以及取得的一些结果加以综合评述。

一、太阳紫外线辐射变化

令人信服的证据表明, 全球正在出现臭氧层的逐渐消蚀。由于同温层臭氧吸收大量的紫

外短波光, 因而臭氧减少将导致有更多的紫外线辐射到地球表面上。

1. 臭氧变化与紫外线辐射

臭氧是大气中很小的一个组分。但它是大气中唯一吸收波长短于 300nm 光的一种气体, 使这些短波光不能透过大气层辐射到地球表面。人们将波段为 320—420nm 辐射称之为 UV-A 辐射, 波段为 280—320nm 的辐射称之为 UV-B 辐射。在短波段, 臭氧对 UV-B 的吸收性能很高, 少量的臭氧就足以完全阻断全部紫外线辐射。但是, 在长波段它的吸收能力很弱。

Caldwell 等测算了波长和太阳光谱辐照度的关系^[4]。图 1 是根据在正常的臭氧浓度和太阳天顶角在温带地区夏天中午时测算的光谱辐照度曲线。虚线代表在同样条件下, 当臭氧浓度降低 16% 时的太阳光谱辐照度。

Caldwell 等指出, 臭氧层的降低将会使 UV-B 辐射显著增加(见图 2)。但波长从 290 到 315nm 之间波距仅为 25nm 这一区间, 由于臭氧的吸收将会使 UV-B 辐射以 4 个数量级下降。

近年来科学家在研究臭氧变化时提出了“光谱适应性”(Spectral fit)这一概念。它表明由于臭氧减少使太阳辐射发生变化的模式与生物光反应的特殊光谱特性之间的适应性。光谱适应性是对臭氧变化进行生物评价的一个重

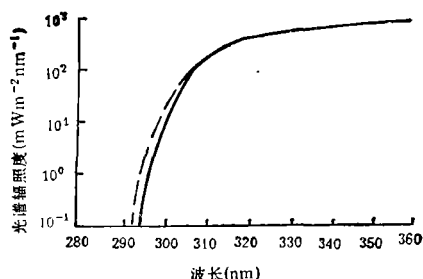


图1 光谱辐照度与波长的关系

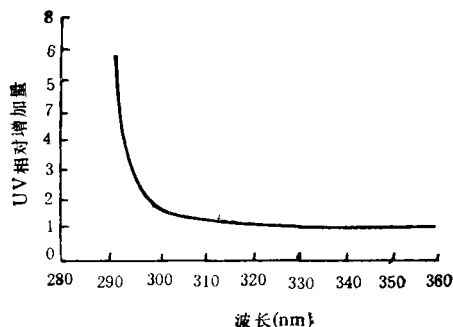


图2 UV-B 辐射相对增加量与波长的关系

要基准值,通常以辐射放大因子(Radiation Amplification Factor)(RAF)来表示。RAF值就是指一定数量的臭氧降低使生物有效辐射的相对增加量。

2. 紫外线辐射与纬度的关系

据测算,太阳 UV-B 辐射随海拔增加而变化。海拔每增加 1000m, UV-B 辐射增加 14—18%^[5]。在自然界,臭氧层有一个自然的纬度梯度。在赤道臭氧层最薄,而在两极臭氧层最厚。在不同纬度时太阳 UV-B 辐射发生的变化大于因臭氧减少 UV-B 辐射预期发生的增加量。在北纬 40 度的 6 月 21 日,16% 的臭氧浓度下降将导致生物有效辐射增加 47%。这相当于在臭氧浓度不降低时,纬度南移 20 度^[6]。天气晴朗时,在热带和北美温带地区,UV-B 辐射差异很可能达 2 个数量级。因此,在温带地区即使臭氧浓度下降颇大,其有效的 UV-B 辐射强度可能仍不及赤道热带地区。但是在赤道地区,臭氧的减少会导致 UV-B 辐射超过近代地物史上地球表面所承受过的辐射剂量。

二、紫外线增加对植物生态系统的影响

从图1可见,就太阳紫外线辐射本底总量而论,由于臭氧降低而引起的紫外线辐射增加量(虚线部分)是微不足道的。但是,增加的这部分紫外线会对人类赖以生存的生态环境产生重大的影响。因为,植物的光化学反应,往往对短波光较对长波光更为敏感。正是这种增加的 UV-B 短波辐射往往控制和改变了植物体内的许多重要光化学反应和生理过程。

紫外线辐射,尤其是 UV-B 辐射一般认为是一种有害的辐射。但是增加 UV-B 辐射对植物乃至延伸到整个生态系统的潜在影响和后果,是一个较为复杂的研究领域。

Caldwell 概括了太阳 UV-B 辐射增加对高等植物可能会引发的影响和后果(见图3)^[4]。

在图3圆角框图内表明了设想的太阳 UV-B 辐射的光感受体。它们对这部分太阳光谱是相当专一的且具有相应的吸收特性,在植物体内起着调节生理和基因变化的作用。各框图之间的相互关系以线条表示。实线表明这种关系已有实验证明,虚线则表示目前尚无直接的实验证明。反馈线表明由 UV-B 诱发的黄酮类和酚醛类化合物可以作为过滤剂,以减少被光感受体接受的辐射剂量,有时也减缓对 UV-B 增加的反应。

1. 对植物生长的影响

当前人们研究 UV-B 对植物生长的影响,将着眼点主要放在光合作用上。Iwanzik 等^[7]指出,UV-B 辐射会导致光合作用部分抑制,这是由于 UV-B 辐射被光合系统 II 反应中心吸收所致。在实验室或温室条件下,用类似于太阳 UV-B 辐射处理许多植物后获得的结果已经表明了 UV-B 辐射对光合作用的伤害作用^[8,9]。但是, Mirecki 等^[10-12]在田间条件下,用滤片除去天然的 UV-B 辐射,或用 UV-B 辐射灯补充正常的太阳辐射,都很难看到这二种处理在整个生长季会对植物的光合作用和生长产生预期的影响。他们认为在田间条件下不能检测到 UV-B 辐射影响的部分原因,是植物在

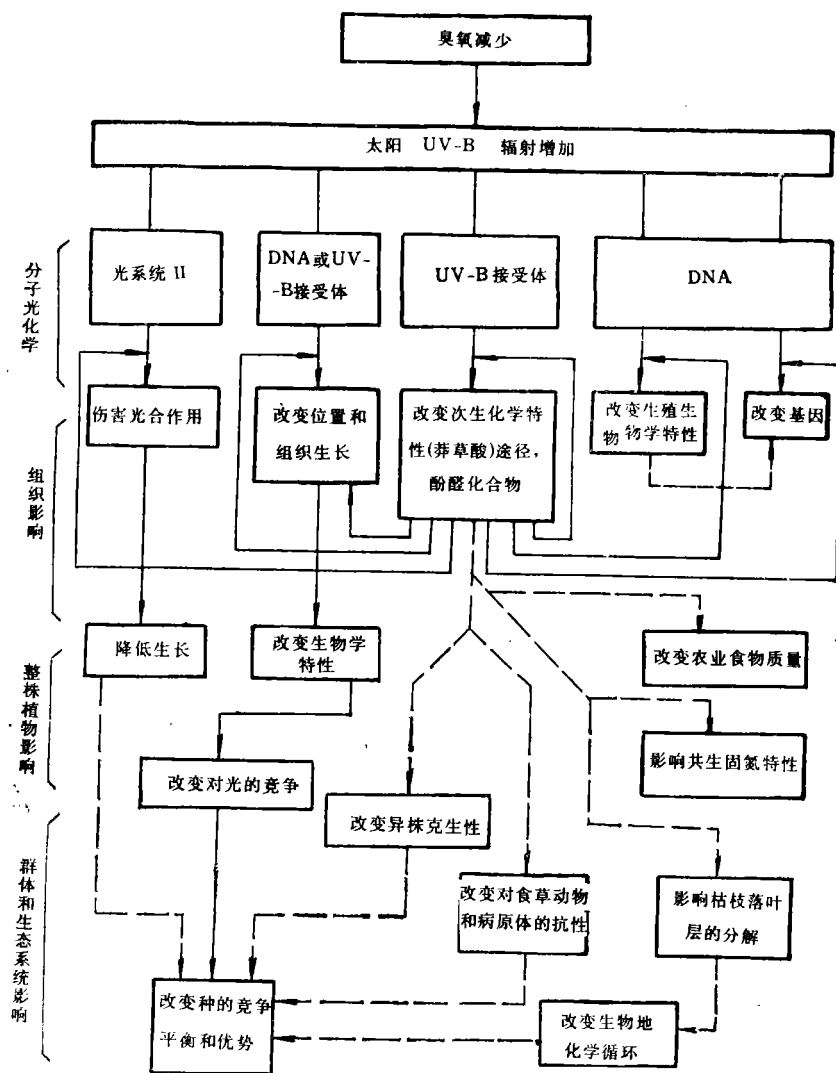


图 3 太阳 UV-B 辐射增加在不同水平上对高等植物可能产生的后果

田间条件下比在温室或实验室显示了更大的变异性;田间条件降低了植物的敏感性;而另一些科学家像 Warrner^[13] 和 Mirecki^[10] 则认为在田间条件下植物除受到太阳 UV-B 辐射外,还受到强可见光辐射,而在强可见光条件下生长的植物对 UV-B 的敏感性大大降低。

Biggs^[14] 对生长在控制环境室低光辐射下的 19 种大豆进行了比较,发现所有供试大豆受到 UV-B 暴露后,都降低了叶面积生长,各品种之间在降低的程度上有相当大的差异。

根据 Mirecki^[10] 的研究,UV-B 辐射处理能使大豆的纯光合作用下降 13%;非气孔导性

下降 29%,气孔导性下降 27%。同时指出,大豆对 UV-B 的敏感性受长波光的影响。一种在 UV-B 处理前或处理时提供的高光合电子流密度光照(PPFD),能明显降低大豆对 UV-B 辐射的敏感性。他们获得的结果进一步论证了 Teramura 关于高光辐射能降低或消除 UV-B 辐射对大豆和小麦叶片光合作用的抑制影响的结论^[15]。

Murali 等研究补充 UV-B 辐射对田间生长大豆的影响^[16]。他们认为在田间条件下,UV-B 辐射对大豆的影响是随生长季节、环境条件、植物本身的基因型和生长发育阶段而变

化的。

Sinclair 等对田间生长的 6 种大豆进行增加 UV-B 暴露的试验。结果表明,增加 32% UV-B 辐射对大豆的生长和产量没有显著影响^[12]。他们认为,高光辐射和本底紫外线辐射可能妨碍了植物对增加 UV-B 辐射在体内产生相应的反应。在田间生长的大豆对增加 UV-B 辐射似乎是不敏感的。

Tevini^[16] 和 Beggs^[17] 等则认为,不能简单地从降低光合作用来评价 UV-B 降低植物生长的影响。实际上,由于 UV-B 引发的吲哚乙酸 (IAA) 的光氧化作用和(或)对 DNA 的直接伤害都会加重降低植物生长的作用。另外,其他发色团化合物也会延缓和降低植物生长。

除了降低生长以外,UV-B 辐射也会使不同植物器官的生长位置发生变化,如改变节间长度以及叶和茎的形态。Barnes 认为,对孤立生长或单个培养的植物,植物器官在生长位置和形态方面不会受到明显影响,但对混交的群生植物就不同^[18]。这些形态变化会使一种植物比另一些植物截留更多的阳光,从而出现种间的竞争变化。

Bornman 等用纤维光学显微探针研究增加 UV-B 辐射对油菜、苜蓿等植物叶片光学性质的影响,发现 UV-B 暴露会使叶片的光学微环境发生变化^[19]。这些变化是由叶片色素含量和解剖结构的变化而引起的。

2. 对植物次生化学特性的影响

Hahlbrock 和 Wellman 等指出,对 UV-B 波段的光谱吸收相当专一的光系统能缓解高等植物中莽草酸途径改变的诱发。这条途径参与了从黄酮类到绿原酸和木质素等多系列植物化合物的合成^[20,21]。植物体内生物合成的调节,不仅取决于如生长阶段、组织类型等内源因素,也取决于如损伤、病原侵入和各种非生物环境变化等外源因素。但是,在生物合成的控制中,光诱发起着特别重要的作用。根据 Hahlbrock 等^[20]的研究表明,一些光系统如植物色素,兰光受体和 UV-B 受体等参与这种调节作用。肉桂酸

(Cinnamic acid) 是作为 UV-B 受体的竞争者,UV-B 辐射能使该酸的反式异构体转变为顺式异构体。可以设想该酸异构体的数量和结构形态在完成苯丙氨酸氨化酶的调节作用中起着重要作用,而该酶是莽草酸途径的一个关键酶。业已知道,UV-B 辐射还能引发该途径的其他酶类如查耳酮合成酶和异构酶。UV-B 辐射能合成大量的黄酮类化合物。陈树元(1990)在康乃尔大学与 Mandl 合作进行的 UV-B 辐射对草本植物 (Landsberg) 色素合成影响的研究,也发现经 UV-B 处理的植株叶片中黄酮类化合物明显增加。

根据 Jacobs 等的研究表明,莽草酸途径的产物在植物的生长调节和基因引发等生化过程中起着多方面的作用^[22]。特别是有大量证据表明黄酮类化合物作为“内部的过滤器”在生化调节中起着重要的作用,因为它能吸收和有效地降低辐射到植物组织上的 UV 流量。

从图 3 可见,如果增加 UV-B 辐射能引发莽草酸途径产物发生变化,就会带来在群落和生态系统水平上的许多影响。因为该途径产物是高等植物抗食草动物和病原体的重要化学保护物质,而且它们也决定了农作物尤其是叶类蔬菜的质量。

Horner 的研究表明,植物体内酚化物含量变化不仅对每株植物,而且对已死植物的分解都有影响^[23],因为酚化物尤其是木质素含量对枯枝落叶分解的速度和程度以及对营养循环起着重要作用。在分解和营养方面的变化会对包括矿质营养循环和碳链的裂解在内的生物地化循环产生影响。碳链的裂解对全球 CO₂ 水平上升尤为重要。另一方面,由于全球 CO₂ 含量增加,为植物的次生代谢提供了更多的碳素,这又会造成植物酚化物含量的增加。

不同种类的植物,不仅在莽草酸途径的代谢产物方面,而且在不同的光系统参与生物合成的调节程度上都各不相同。

值得一提的是植物有保护自己免受过多 UV-B 辐射危害的自我保护机制。如 Flint 等发现,对植物进行 UV-B 补充辐射时,即使植

物已生长在全日照条件下, 仍会减少黄酮类化物的进一步产生^[24]。

日本科学家研究了从紫外到红外(260—735nm)不同波长的作用光谱对高粱幼苗花青素形成的影响, 发现在波长 290、650、385 和 480nm 处出现四个作用峰, 而以 UV-B 辐射(290nm)产生的峰值最高^[25]。又根据这些作用峰对远红外光辐射有不同反应, 因而认为 UV-B 诱发花青素的形成中涉及到二种不同的光受体。一种为不受红外光影响在 290nm 处有一吸收峰; 另一种则对红外光敏感, 能吸收兰光和远红外光的植物色素。

3. 对植物生殖生长的影响

Jackson 等指出, DNA 吸收了 UV-B 后能加快成熟过程和导致遗传性 DNA 的损伤^[26]。据 Beggs 等的研究, 植物体内有修复系统, 它们能有效地恢复某些受到损伤的 DNA。Flint 和 Martin 等发现, 在雌性萌发器官周围吸收 UV 的组织能很好地保护这些生殖器官^[27,28]。在 UV 对花粉影响的研究方面, Uber 指出, UV 能透射过植物的花粉壁。Pfahler 发现, UV 辐射能抑制花粉管延长^[29]。Flint 等认为, 接近温带地区太阳强度的 UV-B 辐射并不会显著抑制某些温带植物的花粉萌发^[30]。但是, 在热带地区现有强度的 UV-B 辐射, 已有记录表明能抑制某些植物花粉的萌发。不过, 在这方面被研究的植物种类寥寥无几, 热带植物的花粉萌发特性尚待研究。是否现有的 UV-B 辐射或提高太阳 UV-B 辐射会引发萌发组织的遗传基因变化, 目前仍然还是一个未被解决的问题。

参 考 文 献

- 1 Molina J J et al. *Nature*. 1974, **284**: 810
- 2 Caldwell M M; Castellani A. *Research in photobiology*. New York: Plenum Press, 1977: 597
- 3 Palenik B et al. *Environ. Pollution*, 1991, **70**(2): 117
- 4 Caldwell M M; Lange O L et al. *Physiological Plant Ecology*, New York: Springer Verlag, 1981: 169
- 5 Caldwell M M, Robberecht R and Billings W D. *Ecology*, 1980, **60**: 600
- 6 Caldwell M M, Worrest R C et al. *Stratospheric Ozone Reduction, Solar Ultraviolet Radiation and Plant Life*. New York: Springer Verlag, 1986: 87
- 7 Iwanzik W et al. *Physiol. Plant.*, 1983, **58**: 401
- 8 Sisson W B. *Plant Physiol.* 1981, **67**: 120
- 9 Teramura AH et al. *Physiol. Plant.* 1984, **60**: 484
- 10 Mirecki RM et al. *Plant Physiol.* 1984, **74**: 575
- 11 Murali NS et al. *Environ. and Experi. Botany*. 1986, **26**(3): 233
- 12 Sinclair TR et al. *J. Environ. Qual.* 1990, **19**: 478
- 13 Warner CW et al. *Photochem. Photobiol.* 1983, **38**: 341
- 14 Biggs R H et al. *Physiol. Plant.* 1981, **53**: 19
- 15 Teramura A H et al. *Physiol. Plant.* 1983, **58**: 415
- 16 Tevini M et al. *Physiol. Plant.* 1983, **58**: 395
- 17 Beggs CT Worrest RC et al. *Stratospheric Ozone Reduction, Solar Ultraviolet Radiation and Plant Life*. New York: Springer Verlag, 1986: 235
- 18 Barnes P W et al. *Funct. Ecol.* 1988, **2**: 319
- 19 Bornman J F et al. *J. Experi. Botany*. 1991, **42**(237): 547
- 20 Hahlbrock K et al. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1979, **30**: 105
- 21 Wellman E, Shropshire W et al. *Encyclopedia of Plant Physiology*. New York: Springer Verlag, 1983: 745
- 22 Jacobs M et al. *Science*, 1988, **241**: 346
- 23 Horner JD et al. *American Nature*. 1988, **132**: 869
- 24 Flint SD et al. *Photochem. Photobiol.* 1985, **41**: 95
- 25 Yatsuhaski H et al. *Plant Physiol.* 1982, **70**: 735
- 26 Jackson J F et al. *Molecular & General Genetics*, 1979, **176**: 11
- 27 Flint SD et al. *American Journal Botany*, 1983, **70**: 1416
- 28 Martin F W. *New Phytol.* 1970, **69**: 425
- 29 Pfahler P L. *Environ. Health Perspect.* 1981, **37**: 125
- 30 Flint SD et al. *Ecology*. 1984, **65**: 792

有关亚马孙雨林的好消息

1991 年, 亚马孙雨林的砍伐率可能下降了 20%, 森林清伐面积为 11 100km²。这大约相当于亚马孙地区面积的 0.3%, 但它仍相当于美国特拉华州面积的两倍多。迄今为止, 占该地区 388 万 km² 面积的大约 8.7% 的森林已被砍伐。巴西科学技术秘书将这种森林砍伐速度减慢归功于森林监管的改善以及对牧牛场补贴的终止。最近被免除巴西环境监测机构首脑职务

的 Eduardo Martins 指出, 与八十年代不同, 当时是牧场主破坏森林, 现在则是贫困的生计农民主要对森林砍伐负责。另一方面, 一位巴西科学家认为, 森林砍伐减慢主要是国家经济危机所致, 他说: “谁也没有钱来砍伐森林。”

小康译自 *ES&T*, 1992, **26**(6): 1071

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

COD/m³. d and COD removal efficiency over 85%. The granular sludge could also be cultivated, but the granulation of sludge was found to be comparatively slow and incomplete, when the low strength influent of 1000mg/L COD was fed to the reactor. The size of sludge granule was smaller, in the range of 0.5—1.5mm, and the maximum organic loadings was 10.2 kg COD/m³. d, COD removal efficiency approximately 75%. The relationship between influent strength and granulation of sludge and the practical operation technology for the treatment of industrial wastewater with UASB reactor were discussed.

Key words: UASB reactor, granular sludge influent strength.

A Study on the Treatment of the Excess Activated Sludge of Gas Wastewater by Aerobic Digestion Technique. Han Xiangkui, Liu Ying et al. (Jinlin College of Architectural and Civil Engineering, Jinlin 130021): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.39—42

This paper discusses the feasibility for the treatment of the excess activated sludge of gas wastewater by aerobic digestion technique. Test results show that 59.3% of the total MLVSS is biodegradable in the sludge, 44.9% of MLVSS is removed when test is conducted for a period of 17 days under 30°C. The sludge degradation rate and the non-biodegradable material concentration in the liquid phase would increase when the reaction temperature is raised. Study on the kinetics of sludge aerobic digestion is also conducted and a method for the deduction of kinetic constants is proposed.

Key words: gas wastewater, excess activated sludge, aerobic digestion.

Air Oxidation of Sodium Sulphite during the Process of Recovery of Iodine. Sheng Zhaoqi, Huang Guang (ECUCT Research Institute of Chemical Environmental Engineering Shanghai 200237) Feng Mingda (Shanghai No. 12 Pharmaceutical Factory): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.43—46

Mixed solutions of sodium sulphite and sodium

carbonate are used in the absorption of iodine from the waste-gas. Sodium sulphite solutions are ready to be oxidized by air. Experimental results show that the oxidation rate is remarkable but not very high and greatly influenced by pH values. When Na₂SO₃ is oxidized by dissolved oxygen. However, when sufficient oxygen is supplied through bubbling air into the solution the concentration of sulphite in the solution decreases rapidly with a character of linear concentration-time relation. The actual process of iodine recovery is described in this paper. It is suggested that fresh solution of sodium sulphite be used for the purpose of decreasing the oxidation.

Key words: recovery of iodine, oxidation of Na₂SO₃, air oxidation.

Feasibility Study on the Preliminary Treatment of Pharmaceutical Wastewater with Stabilization Pond. Wang Zhiying, Zhang Zhijie et al. (Xian Institute of Metallurgy and Construction Engineering, Xian 710055): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.47—51

Considering the character of dry land in northern part of China, a wastewater reclamation method has been suggested by using stabilization pond treatment. The pond system consisting of presettling, two-step anaerobic pond and a facultative pond was used for the preliminary treatment of pharmaceutical wastewater. The effluent from such treatment can be used as irrigation water. When the retention time was equal 7 to 9 days, the COD removal rate of such system was 76.6% in the summer time and 47% in the winter. Other parameters of the treated water could also meet the demand of agricultural irrigation, which may affect COD removal efficiency such as temperature, organic load and pH, were examined in the study. The results of the study demonstrates that the stabilization pond system possesses the advantages of high efficiency for the removal of COD and less occupancy of land.

Key words: biological stabilization pond, pharmaceutical wastewater, wastewater treatment.

Effects of Solar Ultraviolet Radiation on Plants. Shuyuan Chen (Jiangsu Institute of

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

Botany, Nanjing 210014:) *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.52—56

In this paper, the recent advance and achievement obtained in the study on effects of the enhanced UV radiation aroused by partial depletion of stratospheric ozone on plant growth responses, plant secondary chemistry and plant reproduction were synthetically reviewed.

Key words: Ultraviolet radiation (UV), ozone depletion, plant response to UV.

Analysis of the Cause of Filament Bulking in Activated Sludge and Controlling Methodology.

Xu Xiaolu (Department of Geography Zhejiang Normal University Jinhua 321004), Shen Xiuying (Department of Biology Zhejiang Normal University): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.57—61

The paper intraduces some filamentous species which were isolated from sludge and identified recently, such as *Herpetosiphon*, *Bacillus mycoides*, *Eikelboom* types 021N, 1701, 0041 and 0803. Scum formation in activated sludge plants was associated with *Nocardia* of actinomycete family. Floc contained protein, carbohydrate, nucleic acids and ash. The setting ability of sludge improved with the increase of floc size and quantity and worsened by the increase of the total length of microorganism filament. The filament bulking can be eliminated by intermittent feeding, chlorine dosing, higher DO concentration and organic loading and adding initial compartment.

Key words: activated sludge, floc, Filament bacterium, Filament bulking.

Impacts of the Middle-line South to North Water Shifting Project to the Ecological Environment and Countermeasures.

Jiang Chongyang (Tianmen Environmental Protection Bureau, Hubei 431700): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.61—63

This paper discusses the possibility that the implementation of the middle line south to north water shifting project may cause the dropping of water level decrease of water environmental capacity,

deterioration of water quality and increase of silting up in the middle and lower reaches of the Hanjiang River, leading to the shortage of agricultural irrigation water and the damage of part of the present irrigation system. The author suggested that shashi-shayang canal be built and the middle and lower reaches of Hanjiang River be comprehensively dredged during the implementation of the water shifting project.

Key words: water shifting project, impact to the environment, ecological balance, water conservation.

Studies on the Indicator of Human Exposure to Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Aluminum Plant.

Zhao Zhenhua, Quan Wenyi, Tian Dehai (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, 100037): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.64—66

Levels of urinary 1-hydroxypyrene of the workers in an aluminum plant, pupils of the schools near the plant, and a control group were determined using high pressure liquid chromatography. Results show that the levels of urinary 1-hydroxypyrene of the workers of the aluminum plant were about 7.6 times higher than those of the pupils and about 43 times higher than those of the control group. The feasibility for using urinary 1-hydroxypyrene as indicator to assess human exposure to polynuclear aromatic hydrocarbons in aluminum plants is discussed in the paper.

Key words: 1-hydroxypyrene, polynuclear aromatic hydrocarbon, aluminum plant.

Toxicity of Hydrazine and Phenylhydrazine to Embryos and Larvae of Zebrafish (*Brachydanio rerio*).

Xiu Ruiqin et al. (Institute of Environmental Health and Engineering, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing 100050): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.67—69

The Toxicities of Hydrazine and phenylhydrazine to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*, were studied under standardized conditions. Expo-