

· 辐射剂量学 ·

弱酸性艳红 B 辐射脱色剂量学效应

姜昊 李智恒 李雨 刘松彦

【摘要】 目的 观察弱酸性艳红 B 溶液的辐射脱色剂量学效应。**方法** 配制不同浓度的弱酸性艳红 B 溶液,以 γ 射线进行 0~2000Gy 的梯度剂量照射,分别用计算机色度分析技术测定、记录其三基色色度值变化、进行数据处理、绘图分析,并确定实验浓度,继续观察实验样本受温度和时间变化的影响。**结果** 随着试剂浓度及照射剂量的变化,三基色色度值出现明显的规律性变化,其中红色和绿色色度值呈明确的此消彼长关系,蓝色色度变化不明显。室温环境存放 4 周的样本实验数据无明显差异。**结论** 将弱酸性艳红 B 溶液的变色现象与计算机色度分析技术结合可开展新的辐射剂量学研究,该领域尚有很大的完善发展空间。

【关键词】 辐射剂量;弱酸性艳红 B

Radiation dose effect for three primary colors of traced brilliant red B

JIANG Hao¹, LI Zhi-heng¹, LI Yu¹, LIU Song-yan²

(1. Department of Radiation Medicine in Navy Medical Faculty, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China; 2. Water Test Technology Co. LTD, Zhengzhou 475001, China)

【Abstract】 Objective To study radiation dose effect on three primary colors color value in tracid brilliant red B solution. **Methods** Prepare aqueous solution with different concentration tracid brilliant red B, irradiated by 0~2000 Gy ^{60}Co - γ -ray. Get data from the solution by special instrument which can detect three primary colors information. Analyze, manipulate, draw curves for the experiment result. Further preserve the irradiated sample four weeks in room temperature environment and repeat the process above. **Results** The experiment result show three primary colors color value in the aqueous solutions changes by different doses ^{60}Co γ -ray. The red color value are gradually decreasing as the radiation dose is adding, the green color value are gradually increasing at the same time. The red and green color value changes evidently and trends adversely. The blue color value little changed. The experimental results have little changes after the irradiated samples preserve four weeks in room temperature environment. **Conclusions** The experiment demonstrate that radiation dose can be studied based on three primary colors color value, may be it will have more study subject by this methods.

【Key words】 Radiation dose; Tracid brilliant red B

辐射剂量学是国防建设和国民经济发展的重
要、有效的质量控制手段,也是医学生物学领
域的重要实用技术之一。辐射剂量学在我国是一个
新兴的专业领域,研究出适用的、简单快速的较
为准确可靠的剂量测量体系,进行具有自主知识
产权的辐射剂量学研究,是我国辐射剂量学工作
者所面对的一项长远和现实任务^[2]。随着我国改革
开放不断发展,一些新技术在各行各业出现,印
染行业的废水采用辐射技术获得较好效果,由此

提示我们可进行这方面辐射剂量学的可行性研究,
为此我们已经利用三基色色度测量原理技术尝试对
一种常用的化工染料弱酸性艳红 B (tracid brilliant
red B) 进行了 2kGy 以上较大剂量的辐射脱色剂量
学方面研究。为了进一步接近医疗实践所应用的辐
射剂量范围,本研究继续观察 2kGy 以下其辐射脱
色与辐射剂量的关系。

1 材料与方法

1.1 主要试剂及仪器

去离子水用美国 Millipore 公司 Milli-Q Academic
基础应用型去离子水机生产;电子分析天平为瑞典
GB204 型 METTLER TOLEDO;三基色色度测量仪

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2009.03.017

作者单位: 1. 200433 上海,第二军医大学海医系放射医学教
研室(姜昊,李智恒,李雨); 2. 475001 郑州,沃特测试技术有限
公司(刘松彦)

通信作者: 李雨 (E-mail: smmuliyu@163.com)

器由郑州沃特测试技术有限公司提供。弱酸性艳红 B (图1) 由中国医药集团上海化学试剂有限公司提供; 辐照 ^{60}Co 源由第二军医大学海医系辐照中心提供, 照射剂量率约为 20 Gy/min 。

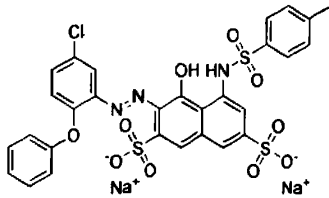


图1 弱酸性艳红 B 的结构式

1.2 实验步骤

用电子分析天平称取不同质量弱酸性艳红 B, 用去离子水精确配制 200 mg/L 、 100 mg/L 、 50 mg/L 、 25 mg/L 水溶液, 各取 5 ml 置于 10 ml 塑料离心管中密闭, 常温下进行 $0\sim 2000\text{ Gy}$ 不同剂量的 γ 射线照射。在照后即刻使用三基色色度测量仪测定其三基色色度值变化, 进行数据处理、绘图分析、重复实验。

观察实验样品受温度和时间变化的影响: 对 100 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液不同剂量照射后的受测样品在春季室温条件下 (环境温度 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 自然光照) 放置 1 周和 4 周时重复测定三基色色度值。

1.3 统计学处理

进行平行样品重复测试 ($n=4$), 同时测定并记录样品的三基色色度值变化, 采用统计学软件 SAS9.1.3, 分别进行直线回归或指数曲线回归, 以拟合色度值关于照射剂量变化的方程, 用配对 t 检验行统计学分析样品放置时间对三基色色度值的影响。

2 结果

2.1 弱酸性艳红 B 浓度对实验结果的影响

分别以 200 mg/L 、 100 mg/L 、 50 mg/L 、 25 mg/L 4 种弱酸性艳红 B 溶液进行 $0\sim 2000\text{ Gy}$ 的 ^{60}Co γ 射线照射, 测量红、绿、蓝三基色色度值变化的结果见图 2、图 3、图 4、图 5。

由图 2~图 5 显示, 在 $0\sim 2000\text{ Gy}$ 范围内随照射剂量增加, 红色色度值逐渐下降, 绿色色度值逐渐增加, 与红色呈相反趋势, 变化的色度值与辐射剂量关系明确; 蓝色色度值在弱酸性艳红 B 实验浓度和受照射剂量范围内变化不明显。值得注意的是, 弱酸性艳红 B 在 50 mg/L 和 25 mg/L 时, 500 Gy 以下照射剂量与红色和绿色色度值变化的线性关系比较明显。

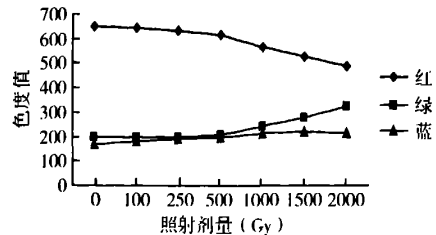


图2 200 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液受 $0\sim 2000\text{ Gy}$ ^{60}Co γ 射线照射后色度值变化

红色色度值直线回归方程: $R=654.09-0.08\times\text{dose}$; 回归模型: $F=1317.93$, $P<0.0001$; 判定系数 $R^2=0.9962$, 调整判定系数 $R^2_{\text{adj}}=0.9955$ 。

绿色色度值直线回归方程: $G=174.70+0.03\times\text{dose}$; 回归模型: $F=17.11$, $P=.0009$; 判定系数 $R^2=0.7739$, 调整判定系数 $R^2_{\text{adj}}=0.7287$ 。

蓝色色度值直线回归方程: $B=181.81+0.02\times\text{dose}$; 回归模型: $F=19.58$, $P=0.0069$; 判定系数 $R^2=0.7966$, 调整判定系数 $R^2_{\text{adj}}=0.7559$ 。

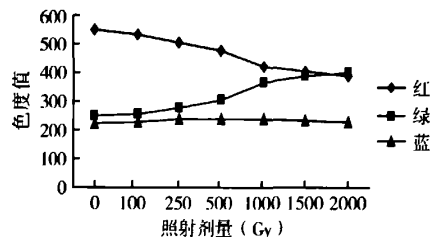


图3 100 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液受 $0\sim 2000\text{ Gy}$ ^{60}Co γ 射线照射后色度值变化

红色色度值直线回归方程: $R=531.48-0.08\times\text{dose}$; 回归模型: $F=61.52$, $P=0.0005$; 判定系数 $R^2=0.9248$, 调整判定系数 $R^2_{\text{adj}}=0.9098$ 。

绿色色度值指数曲线回归方程: $G=\exp(5.18-0.00044\times\text{dose})$; 回归模型: $F=36.54$, $P=0.001$ 。

蓝色色度值指数曲线回归方程: $B=\exp(5.44+0.0000042\times\text{dose})$; 回归模型: $F=5443.13$, $P<0.0001$ 。

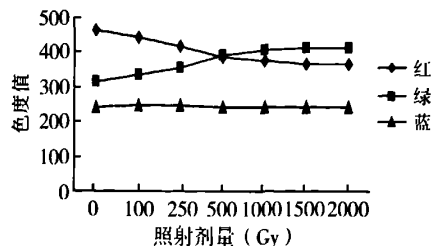


图4 50 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液受 $0\sim 2000\text{ Gy}$ ^{60}Co γ 射线照射后色度值变化

红色色度值直线回归方程: $R=437.38-0.04\times\text{dose}$; 回归模型: $F=14.20$, $P=0.0131$; 判定系数 $R^2=0.7395$, 调整判定系数 $R^2_{\text{adj}}=0.6875$ 。

绿色色度值指数曲线回归方程: $G=\exp(5.26-0.00068\times\text{dose})$; 回归模型: $F=12.04$, $P=0.0123$ 。

蓝色色度值指数曲线回归方程: $B=\exp(5.50-0.000006\times\text{dose})$; 回归模型: $F=35307.0$, $P<0.0001$ 。

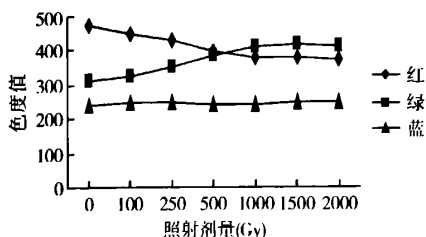


图5 25 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液受 0~2000 Gy ^{60}Co γ 射线照射后色度值变化

红色色度值直线回归方程: $R=444.04-0.05 \times \text{dose}$; 回归模型: $F=14.83$, $P=0.012$; 判定系数 $R^2=0.7479$, 调整判定系数 $R_{adj}^2=0.6975$ 。

绿色色度值指数曲线回归方程: $G=\exp(5.25-0.00065 \times \text{dose})$; 回归模型: $F=12.75$, $P=0.0109$ 。

蓝色色度值不随照射剂量而呈直线或曲线变动, $B=243.8$ 。

2.2 照射后样品存放时间对实验结果的影响

以 100 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液进行 0~2000 Gy 的 ^{60}Co γ 线照射, 将测定过的实验样品密闭后置于春季室温环境 (室内自然光线, 昼夜温度 15℃~25℃) 放置 4 周, 分别在照射后, 1 周和 4 周再次测量其色度值变化, 其结果见图 6, 经两两配对 t 检验, 红色: $t=0.313$, 绿色: $t=0.290$, 蓝色: $t=0.113$, 均为 $P>0.05$, 无统计学显著性差异, 可认为春季气温存放 4 周对实验结果没有明显影响。

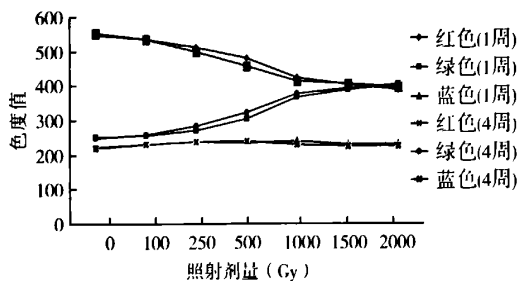


图6 100 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液受不同剂量 ^{60}Co γ 射线照射后 1 周与照射后 4 周的三基色色度值变化比较

3 讨论

辐射剂量控制涉及许多新兴学科和研究生产行业, 诸如核反应堆辐射控制、核意外应急救援、医疗、药品和医疗器械消毒灭菌、高分子材料的改性等领域^[3]。由于很多具体从事辐射相关工作的单位不仅缺少具有一定专业水准的、具体从事辐射剂量学工作的专业人员, 也缺少适用我国实际情况的技

术手段, 因此如何尽快地培养专业人员, 以及拿出多数单位能够接受的、适用的、简单快速的、较为准确可靠的剂量测量体系, 是辐射剂量学工作者所面对的一项实际任务^[4]。

近年发现, 三苯基甲烷染料衍生物会发生辐射变色反应, 由此形成的变色体系辐射变色膜 (radiochromic film) 产品系列具有线性响应吸收剂量的特点, 可用于测量各种辐射源的剂量, 甚至已经有可以探测 cGy 水平的该类剂量计的出现^[5], 但这是一种半定量的目视测定方法。采用计算机技术进行三基色数据分析, 在相关行业得到越来越广泛的应用^[6]。我们从辐射脱色现象得到启示, 使用不同剂量的 ^{60}Co γ 射线照射多种呈色化合物, 发现弱酸性艳红 B 溶液在数千 Gy 照射剂量范围内, 依次发生了艳红-浅紫-橙黄不同颜色的变化。这样纷杂的不同颜色变化应用经典的分光光度计手段很难进行处理, 但是我们使用特殊的色度数据采集分析装置, 迅速获取大量三基色变化的数据信息:

(1) 我们以前的工作已经说明, 受照样品溶液浓度和照射剂量是决定能否获得理想三基色数据变化的主要因素, 本次实验也同样证实这个现象。在采用的 0~2000 Gy 照射剂量范围内, 100 mg/L 弱酸性艳红 B 溶液的剂量-效应关系全程变化比较明显, 在实验剂量范围内随照射剂量增加, 绿色 (G) 色度值强度逐渐增加, 并与辐射剂量呈线性增加趋势; 红色 (R) 强度值随照射剂量增加而逐渐下降, 与绿色呈相反变化趋势; 蓝色 (B) 色度值在 0~2000 Gy 剂量范围内变化不明显。

(2) 50 mg/L 以下弱酸性艳红 B 在 0~2000 Gy 照射剂量范围, 绿色 (G) 色度值和红色 (R) 色度值在较低剂量范围也会出现同样的趋势变化, 但是随着照射剂量增加会逐渐趋于平缓水平。这个变化的拐点剂量在 500 Gy 左右。蓝色 (B) 色度值在 0~2000 Gy 剂量范围内变化也不明显。

(3) 将 100 mg/L 的受测样品在常温下放置 1 周和 4 周再行测定, 对 3 个时间点 (包括照后即刻) 各剂量溶液的红色、绿色、蓝色色度值变化做统计学分析, 统计学差异均无显著意义, 说明常温存放 4 周对辐射变色的影响不大。

实验发现, γ 射线对弱酸性艳红 B 溶液的辐射剂量学效应, 在 0~500 Gy 照射剂量范围内可以检

(下转第 192 页)

18.2%,但无需任何处理,3d内自行缓解。

2.4.2 面颈部皮肤反应

放疗结束时,有不同程度的色素沉着、干性脱皮,但无一例湿性脱皮反应。

2.4.3 并发症

1例口底癌患者颌下进针孔感染,3例舌体癌患者治疗后舌肌明显萎缩,2例患者下颌骨穿孔。

2.5 生存率

随访1~2年,1年生存率为72.7%(16/22),其中已经有62.5%(10/16)患者的生存超过2年,有27.3%(6/22)患者治疗后1年内死亡,其中死于肿瘤全身转移者4例,肿瘤复发者1例,脑中风者1例。

3 讨论

3.1 优化放疗法优缺点

口腔癌治疗失败的主要原因是由于局部复发或未控制,单纯外照射难以达到病灶高剂量,而本研究采用镭针高剂量率内照射结合外照射,能够使肿瘤区达到高剂量照射,治疗后原发灶完全消退为77.3%,部分消退为22.7%,复发率为9%,而复发的2例只进行2次内照射剂量共14 Gy,考虑是内照射剂量偏低或者病灶范围估计不够。所以,通过本方法治疗,口腔癌病灶消退满意,达到了较好的病灶控制效果,且所有患者语言功能保存,进食功能健在,生活质量满意。该方法也存在缺点,镭针存在严重的安全问题,尤其是对医务人员,很难防护。

3.2 颈淋巴结的治疗

口腔癌淋巴结转移多见颌下、上颈深淋巴结,舌癌有下颈深淋巴结转移现象。Liao等^[3]报道,舌癌临床诊断为颈淋巴结阴性而术后阳性者占1/3。本组有2例Ⅲ期舌体癌治疗后出现下颈淋巴结转移,是因为未进行下颈淋巴结预防性放疗;2例口底癌放疗后出现颌下淋巴结转移,考虑为采用面颈联合野照射原发灶与上颈,内照射时又未注意颌下剂量而引起颌下剂量不够;1例颈淋巴结清扫为阳性与1

例舌体癌治疗后上颈淋巴结转移,可能为颈部放疗剂量偏低有关。我们认为,对于口腔癌尤其是舌体癌,无论临床有否颈淋巴结转移,有必要进行全颈根治性放疗或颈淋巴结清扫;对于口底癌,颌下是外照射剂量的冷区,加内照射治疗可弥补其剂量不足。

3.3 生存率分析

口腔癌用单纯外照射时,剂量高,疗效差,Chera等^[4]报道其5年生存率为13.3%,另有文献报道,用镭针加外照射治疗舌体癌I期的5年生存率为36.5%,累及口底者为32.1%^[5]。本研究中,口腔癌患者采用内照射结合外照射的优化放疗法,随访1~2年,1年生存率为72.7%,已有10/16例生存超过2年,有1例口底癌术前有下颌骨破坏,治疗后肿瘤消退,已无瘤生存30月,所以本法治疗晚期口腔癌可达到较好的近期疗效。

参 考 文 献

- [1] Barnes L, Eveson JW, Reichart P, et al. Pathology and genetics of head and neck tumours. Lyon: IARC WHO Classification of Tumours Press, 2005: 168-175.
- [2] Garzino-Demo P, Dell'Acqua A, Dalmasso P, et al. Clinicopathological parameters and outcome of 245 patients operated for oral squamous cell carcinoma. J Craniomaxillofac Surg. 2006, 34(6): 344-350.
- [3] Liao CT, Chang JT, Wang HM, et al. Does adjuvant radiation therapy improve outcomes in P11-3N0 oral cavity cancer with tumor-free margins and perineural invasion?. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 71(2): 371-376.
- [4] Chera BS, Amdur RJ, Hinerman RW, et al. Definitive radiation therapy for squamous cell carcinoma of the soft palate. Head Neck, 2008, 30(8): 1114-1119.
- [5] Petera J, Dolezel M, Jirousek Z, et al. High dose rate brachytherapy in the treatment of oral cancer—the preliminary one institution experience. Neoplasma, 2006, 53(3): 232-236.

(收稿日期: 2009-01-04)

(上接第186页)

测到明确的红色和绿色色度变化,这是一个令人感兴趣的现象。设想将电离辐射变色现象与计算机色度分析技术结合,可以开展新的辐射计量学研究,尤其是在低剂量检测方面继续完善其方法和技术,可以在医学实践中得到应用,例如:可以在肿瘤放疗治疗的体模立体定位中作为醒目的空间剂量指示剂;也可以在辐射应急状态下,作为简便、快速探测复杂环境辐射程度的手段之一;也有可能作为携带方便的一种个人辐射剂量指示剂。

参 考 文 献

- [1] 程昶. 辐射测量仪器的进展. 辐射防护通讯, 2000, 20(4): 48-51.
- [2] 李乃宁. 辐射加工常用液体化学剂量计的基本特点. 核农学通报, 1995, 16(2): 152-156.
- [3] Cheunga T, Butsona MJ, Yu PK. X-Ray energy dependence of the dose response of SIRAD radiation dosimeters. Appl Radiat Isot. 2007, 65(7): 814-817.
- [4] 刘金桥, 王春耀, 吴金强, 等. 基于LabVIEW和IMAQ Vision的农产品颜色识别研究. 农机化研究, 2009, 31(3): 50-53.

(收稿日期: 2009-02-04)