

# 辐照对鲜食核桃发芽率与胚芽内源激素含量的影响

马艳萍<sup>1</sup> 刘兴华<sup>2</sup> 李英超<sup>2</sup> 李小东<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

**【摘要】** 为探讨辐照对鲜核桃的抑芽效果及胚芽内源激素与其萌发的关系,以辽河4号鲜核桃为试材,用不同剂量<sup>60</sup>Co  $\gamma$ 射线处理后,研究了常温(20±3)℃下和(0±1)℃冷藏30d后再于(27±1)℃温度下贮藏核桃的发芽率及0、0.1、1.0kGy剂量处理核桃胚芽中内源激素含量的变化规律。结果显示,两种贮藏条件下,对照样品胚芽分别在20d和12d萌发,萌发时内源激素ABA(脱落酸)含量下降,GA<sub>3</sub>(赤霉素)、IAA(生长素)、ZR(玉米素核苷)含量及 $w(GA_3)/w(ABA)$ 、 $w(IAA)/w(ABA)$ 和 $w(ZR)/w(ABA)$ 的比值增加,以对照样品减幅和增幅最大。表明内源激素ABA对鲜核桃胚芽萌发起抑制作用,GA<sub>3</sub>、IAA和ZR起促进作用;0.05kGy剂量辐照处理即可完全抑制鲜核桃胚芽的萌发。

**关键词:** 鲜食核桃 辐照 贮藏 抑芽 内源激素

中图分类号: S664.1; TS205.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)04-0114-05

## Effect of Irradiation on Budding Inhibition and Endogenous Hormones Content of Embryo of Fresh Walnut

Ma Yanping<sup>1</sup> Liu Xinghua<sup>2</sup> Li Yingchao<sup>2</sup> Li Xiaodong<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

### Abstract

In order to investigate the effect of irradiation on the sprout inhibition and the relationship between endogenous hormones and germination of embryo for fresh walnut, the germination rate and changes of endogenous hormones of embryo for 'Liaoh4' fresh walnut were studied, which were exposed to <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -radiation at different dose and stored at the room temperature (20±3)℃ and at the constant temperature (27±1)℃ after being stored at (0±1)℃ for 30 d. The results showed, at the two storage conditions, the control sprouts at the 20 d and 12 d respectively, accompanied by ABA content decreased, by the increase of the content of GA<sub>3</sub>, IAA, ZR and the ratio of  $w(GA_3)/w(ABA)$ ,  $w(IAA)/w(ABA)$  and  $w(ZR)/w(ABA)$ , with the largest decreasing and increasing rate against control group. It is proved that endogenous hormone ABA is an inhibitory substance, and GA<sub>3</sub>, IAA, ZR are stimulative material during the process of germination, the germination of embryo of fresh walnut is completely inhibited with the radiation dose of 0.05 kGy.

**Key words** Fresh walnut, Irradiation, Storage, Budding inhibition, Endogenous hormones

### 引言

核桃(*Juglans regia* L.)因丰富的营养物质及补脑健脑作用而被称为天然脑黄金。近年来,鲜核桃(含水率大于或等于17%)因其独特的风味和口感,

人们对其消费需求日益趋旺。然而,鲜核桃由于受其自身生理特性的影响,在常温条件下和从冷藏环境转至15℃以上的环境时会很快出现发芽现象,严重影响了其货架寿命及食用价值。本文借鉴<sup>60</sup>Co  $\gamma$ 辐射在大蒜、生姜、板栗等产品贮藏过程中的高效抑

芽作用<sup>[1-5]</sup>,利用辐照技术对鲜核桃进行处理,对其休眠特性、抑芽效果及胚芽中内源激素的变化规律进行研究,拟为鲜核桃的长期贮藏保鲜提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及处理

试材为辽河4号鲜核桃,于2007年8月23日自然成熟后采收,脱青皮并用清水清洗后将表皮水分晾干,挑选大小均匀、无机械损伤和病虫害的核桃待用。

将待用核桃次日清晨运往陕西省咸阳市辐照中心进行处理,吸收剂量为0(CK)、0.05、0.1、0.5和1.0 kGy。采用静态辐照工艺,当样品辐照到总剂量的1/2时,对辐照样品进行适当翻转后继续辐照到所需剂量值,以保证辐照剂量不均匀度小于或等于2,吸收剂量率为55.56 Gy/min。辐照结束后运回实验室,用厚度0.03 mm PE袋(规格为200 mm×300 mm)密封包装。一部分置于常温(20±3)℃下贮藏,每袋约30粒核桃,各设3个重复,40 d后发芽率无任何变化,此时结束统计。另一部分置于(0±1)℃下冷藏30 d后,在(27±1)℃的发芽箱中进行发芽试验:先用质量分数为0.5%的高锰酸钾溶液浸泡消毒30 min,将核桃按缝合线方向逐个摆放在具有干净湿沙的瓷盘中进行试验,每次处理60粒核桃,发芽试验开始日期计为0 d,30 d发芽率达80%时结束统计。定期测定相关指标,重复3次,取平均值。

### 1.2 测定指标及方法

#### (1) 发芽指标

记录各处理核桃开始发芽时间及发芽情况,在常温贮藏试验40 d、变温发芽试验30 d时结束统计,并计算发芽率及平均芽长

$$\varphi = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

$$l = L/N_0 \quad (2)$$

式中  $\varphi$ ——发芽率,%  $l$ ——平均芽长,mm

$n$ ——发芽核桃数,粒

$N$ ——供试核桃数,粒

$L$ ——发芽核桃胚芽长度总和,mm

$N_0$ ——结束统计时发芽核桃数,粒

#### (2) 内源激素含量

将胚芽快速取出后,立即放入-40℃超低温冰箱中冷冻备用。激素的提取参照文献[6]的方法,采用酶联免疫吸附法测定脱落酸(ABA)、赤霉素(GA<sub>3</sub>)、生长素(IAA)及玉米素核苷(ZR)的质量比。

#### (3) 内源激素含量的比值

分别计算内源激素GA<sub>3</sub>、IAA、ZR含量与ABA含量的比值,以 $w(GA_3)/w(ABA)$ 、 $w(IAA)/w(ABA)$ 和 $w(ZR)/w(ABA)$ 表示。

### 1.3 数据处理与分析

试验结果采用Excel软件处理,并用DPS软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 辐照对鲜核桃的抑芽效果

表1为各处理鲜核桃的发芽情况统计。从表中可以看出,常温(20±3)℃和变温条件下,对照样品分别在20 d和12 d时开始发芽。常温(20±3)℃下贮藏40 d时,核桃发芽率为18.0%,其余核桃的缝合线均开裂但不再发芽,可能是裂果后胚芽因缺乏持续适宜发芽条件而使其失水萎缩、活力下降所致,此时结束统计,其平均芽长为20.0 mm。变温条件下,30 d时核桃发芽率达80.0%,平均芽长为60.3 mm。各辐照剂量处理样品在试验结束时胚芽均未萌发。表明0.05 kGy以上剂量辐照处理对鲜核桃具有显著抑芽作用,抑制率为100%。

表1 辐照对鲜核桃发芽效果的影响

Tab.1 Effect of irradiation on the germination results of fresh walnut

| 参数     | 贮藏日期/d | 常温(20±3)℃ |    | 变温贮藏 |    |
|--------|--------|-----------|----|------|----|
|        |        | CK        | 辐照 | CK   | 辐照 |
| 发芽时间/d |        | 20        |    | 12   |    |
|        | 20     | 1.9       |    | 68.5 |    |
| 发芽率/%  | 30     | 13.3      | 0  | 80.0 | 0  |
|        | 40     | 18.0      |    |      |    |
| 芽长/mm  |        | 20.0      | 0  | 60.3 | 0  |

### 2.2 常温条件下鲜核桃胚芽中内源激素含量及其比值变化

#### 2.2.1 内源激素含量的变化

图1为各处理鲜核桃常温贮藏期间胚芽中内源激素含量的变化。由图可知,鲜核桃常温贮藏过程中,与其他内源激素相比,胚芽中以ABA含量最高。对照样品初始ABA含量分别为GA<sub>3</sub>、IAA和ZR初始含量的4.82、3.22和7.73倍。辐照样品初始ABA含量稍高于对照样品,其他3种激素的初始含量均比对照样品低,以ZR降幅最大,IAA次之,这为抑制鲜核桃胚芽的萌发奠定了有利条件。对照样品ABA含量在30 d前持续下降,促进了核桃胚芽在20 d左右萌发;辐照样品ABA含量变化趋势30 d前相同,之后0.1 kGy剂量处理ABA含量显著下降,1.0 kGy处理ABA含量略有上升(图1a)。对照样

品  $GA_3$  含量在 20 d 后急剧增大, 30 d 时达最大值, 此时恰是核桃胚芽迅速萌发的高峰期, 之后其含量迅速减小; 辐照样品  $GA_3$  含量均呈现先增大后减小的变化趋势, 但增幅远低于对照样品(图 1b)。对照样品 IAA 含量持续增加, 30 d 后增幅最大, 极显著高于辐照样品 ( $P < 0.01$ ), 而辐照样品在贮藏期间 IAA 含量几乎保持平稳水平(图 1c), 说明 IAA 的强

烈合成促进了鲜核桃胚芽的萌发。对照样品 ZR 含量 20 d 前下降至最低值, 之后急剧上升, 增值为  $9.713 \text{ ng/g}$ (图 1d), 极显著高于辐照样品 ( $P < 0.01$ )。可见, 在 20 d 左右鲜核桃胚芽开始萌发时, 内源激素 ABA 含量下降, 其他 3 种激素含量均增加。表明内源激素 ABA 对鲜核桃胚芽萌发起抑制作用, 其他内源激素均起到促进作用。

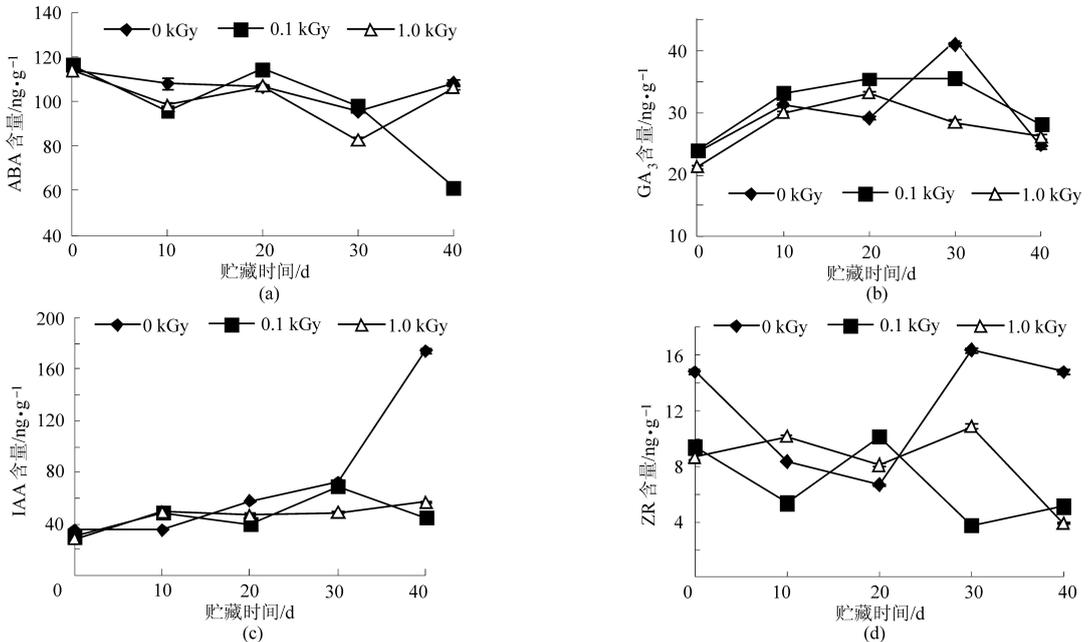


图 1 辐照对鲜核桃胚芽内源激素含量的影响

Fig. 1 Effect of irradiation on the content of endogenous hormones in the embryo of fresh walnut

(a) ABA (b)  $GA_3$  (c) IAA (d) ZR

### 2.2.2 内源激素含量比值的变化

种子的休眠和萌发不仅与植物内源激素的绝对含量有关, 还与各类激素之间的平衡、特别是促进生长的激素与抑制生长的激素之间的比例及平衡有关<sup>[7]</sup>。表 2 为辐照鲜核桃样品胚芽中内源激素含量比值的变化。由表可知, 对照样品  $w(GA_3)/w(ABA)$  及  $w(ZR)/w(ABA)$  比值在 30 d 时最大;  $w(IAA)/w(ABA)$  比值在 10 d 后极显著地增加 ( $P <$

$0.01$ ), 由 0.33 增至 1.60, 主要是由于内源激素 IAA 的大量合成。辐照样品  $w(GA_3)/w(ABA)$  比值在 20~30 d 时与对照样品差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但 30 d 时对照样品为最大;  $w(IAA)/w(ABA)$  亦呈现上升趋势, 但增幅远低于对照样品;  $w(ZR)/w(ABA)$  比值几乎保持不变。可见  $w(GA_3)/w(ABA)$ 、 $w(IAA)/w(ABA)$  及  $w(ZR)/w(ABA)$  比值的大幅增加促进了鲜核桃胚芽的萌发。

表 2 辐照对鲜核桃胚芽内源激素含量比值的影响

Tab. 2 Effect of irradiation on the ratio of endogenous hormones in the embryo of fresh walnut

| 吸收剂量<br>/kGy | 比值               | 贮藏时间/d |      |      |      |      |
|--------------|------------------|--------|------|------|------|------|
|              |                  | 0      | 10   | 20   | 30   | 40   |
| 0            | $w(GA_3)/w(ABA)$ | 0.21   | 0.29 | 0.27 | 0.43 | 0.23 |
|              | $w(IAA)/w(ABA)$  | 0.31   | 0.33 | 0.54 | 0.76 | 1.60 |
|              | $w(ZR)/w(ABA)$   | 0.13   | 0.08 | 0.06 | 0.17 | 0.14 |
| 0.1          | $w(GA_3)/w(ABA)$ | 0.20   | 0.35 | 0.31 | 0.36 | 0.46 |
|              | $w(IAA)/w(ABA)$  | 0.26   | 0.51 | 0.35 | 0.70 | 0.72 |
|              | $w(ZR)/w(ABA)$   | 0.08   | 0.06 | 0.09 | 0.04 | 0.08 |
| 1.0          | $w(GA_3)/w(ABA)$ | 0.19   | 0.30 | 0.31 | 0.34 | 0.25 |
|              | $w(IAA)/w(ABA)$  | 0.25   | 0.50 | 0.44 | 0.59 | 0.54 |
|              | $w(ZR)/w(ABA)$   | 0.08   | 0.10 | 0.08 | 0.13 | 0.04 |

### 2.3 变温条件下鲜核桃胚芽中内源激素含量及其比值的变化

表3为变温条件下经辐照鲜核桃胚芽中激素含量及其比值的变化。由表可见,贮藏30 d与0 d时相比,经辐照鲜核桃样品胚芽中内源激素含量的变化趋势相同。ABA含量减小,GA<sub>3</sub>、IAA和ZR含量、 $w(GA_3)/w(ABA)$ 、 $w(IAA)/w(ABA)$ 和 $w(ZR)/$

$w(ABA)$ 的比值均增大,以对照样品降幅和增幅最明显,各激素含量及其比值中以IAA和 $w(IAA)/w(ABA)$ 增幅最大。在激素含量及比值变化趋势相同的前提下,只有对照样品发芽。表明核桃胚芽的萌发与各内源激素含量水平及 $w(GA_3)/w(ABA)$ 、 $w(IAA)/w(ABA)$ 和 $w(ZR)/w(ABA)$ 比值有关,且内源激素含量及比值可能存在一定临界浓度点或阈值。

表3 辐照对鲜核桃胚芽中内源激素含量及其比值的影响

Tab.3 Effect of irradiation on the content and ratio of endogenous hormones in the embryo of fresh walnut

| 吸收剂量<br>/kGy | 贮藏时间<br>/d | 内源激素含量/ng·g <sup>-1</sup> |                 |        |       | 内源激素比值           |                 |                |
|--------------|------------|---------------------------|-----------------|--------|-------|------------------|-----------------|----------------|
|              |            | ABA                       | GA <sub>3</sub> | IAA    | ZR    | $w(GA_3)/w(ABA)$ | $w(IAA)/w(ABA)$ | $w(ZR)/w(ABA)$ |
| 0            | 0          | 106.13                    | 25.37           | 25.05  | 5.16  | 0.24             | 0.24            | 0.05           |
|              | 30         | 60.34                     | 28.53           | 100.07 | 22.35 | 0.47             | 1.66            | 0.37           |
| 0.1          | 0          | 107.55                    | 19.07           | 20.68  | 4.81  | 0.18             | 0.19            | 0.04           |
|              | 30         | 97.58                     | 36.12           | 68.50  | 13.70 | 0.37             | 0.70            | 0.14           |
| 1.0          | 0          | 108.58                    | 25.98           | 26.11  | 10.90 | 0.10             | 0.24            | 0.10           |
|              | 30         | 94.81                     | 31.50           | 61.19  | 15.67 | 0.37             | 0.65            | 0.17           |

### 3 讨论

(1) 鲜核桃胚芽的萌发与各内源激素的关系。张志华等<sup>[8]</sup>对核桃果实成熟过程中呼吸速率与内源激素的变化进行了研究,但关于核桃采后贮藏过程中胚芽内源激素变化规律与萌发的关系未见报道,本研究只对0、0.1和1.0 kGy辐照处理鲜核桃胚芽中的内源激素进行了测定,发现内源激素在鲜核桃胚芽萌发过程中起着重要的作用。在常温贮藏及变温发芽试验过程中,各内源激素含量变化趋势基本相同,鲜核桃胚芽萌发时ABA的含量下降,GA<sub>3</sub>、IAA、ZR的含量及 $w(GA_3)/w(ABA)$ 、 $w(IAA)/w(ABA)$ 、 $w(ZR)/w(ABA)$ 的比值均急剧增加,这与前人报道的ABA是种子萌发抑制物质,GA<sub>3</sub>、IAA、ZR是促进物质的结论相一致<sup>[9]</sup>。可见,鲜核桃胚芽的萌发与ABA、GA<sub>3</sub>、IAA、ZR的含量及其比值均有关系,且含量及其比值可能还存在临界浓度点或阈值。同时发现,40 d时0.1 kGy处理的 $w(GA_3)/w(ABA)$ 比值尽管比对照样品在30 d时的峰值高,但仍不能萌发,表明核桃胚芽的萌发并非单纯取决于某一种促进物质或抑制物质含量的高低,

而是包括几种内源激素在内的多种因素共同作用的结果,这与在大蒜上的研究相一致<sup>[10]</sup>。

(2) 辐照对鲜核桃的抑芽效果。<sup>60</sup>Co γ射线辐照处理可利用电离辐射引起植物分子激发,从而对植物的生长发育产生一定的抑制或促进作用<sup>[11]</sup>。辐照时可引起植物种子内部代谢变化,使得其发芽生根等生物活力逐渐下降,最终失去萌芽能力,从而达到抑制发芽、延长贮藏期的目的<sup>[13]</sup>。本研究发现,0.05 kGy剂量处理的鲜核桃,尽管没有发芽,但种仁色泽轻微变绿,似有发芽迹象,可作为抑制发芽的剂量下限,其他剂量辐照处理完全抑制核桃胚芽的萌发。然而,辐照处理仍不能阻止裂果及胚芽膨大现象的发生,且裂果率与辐照剂量间无相关性。

### 4 结束语

采用剂量大于或等于0.05 kGy的<sup>60</sup>Co γ射线辐照处理,可以完全抑制鲜核桃在贮藏中的发芽现象,0.05 kGy可作为抑制鲜核桃发芽的剂量下限。内源激素ABA是鲜核桃胚芽萌发的抑制物质,GA<sub>3</sub>、IAA、ZR是促进物质。

### 参 考 文 献

- 余勤, 罗雪梅, 王育灿, 等. 大蒜采后不同时间<sup>60</sup>Co γ射线辐照的抑芽效果[J]. 核农学通报, 1997, 18(1): 18~20.
- 张璇, 何建中, 李瑞军. 辐照抑制冷藏大蒜发芽的研究[J]. 核农学报, 2005, 19(2): 102~104.  
Zhang Xuan, He Jianzhong, Li Ruijun. Research on sprout inhibition effect of refrigerated garlic by irradiation[J]. Acta Agricultural Nucleatae Sinica, 2005, 19(2): 102~104. (in Chinese)
- 刁金男. 出口红小豆辐照抑制发芽创新技术[J]. 天津农业科学, 2007, 13(4): 42~43.

- Diao Jinnan. New technology of radiation for bud germination inhibition of export red bean[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2007, 13(4): 42~43. (in Chinese)
- 4 王守经, 于子厚, 孙守义, 等. 辐照生姜的贮藏性状研究[J]. 核农学报, 2004, 18(1): 26~29.  
Wang Shoujing, Yu Zihou, Sun Shouyi, et al. Study on the storage properties of irradiated ginger[J]. Acta Agricultural Nucleatae Sinica, 2004, 18(1): 26~29. (in Chinese)
- 5 刘超, 王宏, 汪晓鸣. 板栗辐照冷藏保鲜技术研究[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(6): 1213~1214.  
Liu Chao, Wang Hong, Wang Xiaoming. Research on the irradiation and low temperature storage technique of Chinese chestnut[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2004, 32(6): 1213~1214. (in Chinese)
- 6 丁静, 沈镇德, 方亦雄, 等. 植物内源激素的提取分离和生物鉴定[J]. 植物生理学通讯, 1979, 5(2): 27~39.
- 7 Khan A A. Primary, preventive and permissive role of hormones in plant systems[J]. The Botanical Review, 1975, 41(4): 391~420.
- 8 张志华, 王文江, 高仪, 等. 核桃果实成熟过程中呼吸速率与内源激素的变化[J]. 园艺学报, 2000, 27(3): 167~170.  
Zhang Zhihua, Wang Wenjiang, Gao Yi, et al. Changes of respiration and endohormones during the fruit ripening of walnut [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2000, 27(3): 167~170. (in Chinese)
- 9 Turnbull C G N, Hanke D E. The control of bud dormancy in potato tubers[J]. Planta, 1985, 165(3): 359~365.
- 10 李晓东, 陆岷一, 于燕. 休眠“蔡家坡”蒜内源激素水平的变化规律[J]. 园艺学报, 1996, 23(2): 150~154.  
Li Xiaodong, Lu Guoyi, Yu Yan. Effect of endogenous hormones on the dormancy of garlic (*Allium Sativum* L.) [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1996, 23(2): 150~154. (in Chinese)
- 11 洽鸿飞, 吴秀兰. 高分子辐射化学原理与应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004.
- 12 王守经, 孙守义, 于子厚. 辐照大蒜贮藏性状及抑芽效果研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 1998, 16(4): 246~248.  
Wang Shoujing, Sun Shouyi, Yu Zihou. Some biological properties and budding inhibition of irradiated garlic [J]. J. Radiat. Res. Radiat. Proces, 1998, 16(4): 246~248. (in Chinese)

(上接第 19 页)

- 3 Kowalewicz A, Wojtyniak M. Alternative fuels and their application to combustion engines[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2005, 219(1): 103~125.
- 4 Zhou Longbao, Zhang Yuyin, Han Zhiyu. An experimental study on the working stability and combustion characteristics of a direct injection diesel engine operating on multifuels[C]. SAE Paper 901568, 1990.
- 5 Hu Junjun, Zhou Longbao, Huang Yongcheng, et al. Experimental study on performances of gasoline direct injection engines with stoichiometric mixture at full load[J]. Journal of Combustion Science and Technology, 2002, 8(5): 415~420.
- 6 宫长明, 刘金山, 徐百龙, 等. 火花助燃甲醇发动机燃烧特性的研究[J]. 内燃机学报, 1998, 16(1): 31~36.  
Gong Changming, Liu Jinshan, Xu Bailong, et al. Investigation on combustion characteristic of a spark-assisted methanol engine[J]. Transactions of CSICE, 1998, 16(1): 31~36. (in Chinese)
- 7 Kato S, Onishi S. New mixture formation technology of direct fuel injection stratified combustion SI engine(OSKA)[C]. SAE Paper 871689, 1987.
- 8 李本正, 宫艳峰, 刘圣华, 等. 甲醇缸内直喷发动机的燃烧特性[J]. 西安交通大学学报, 2008, 42(11): 1372~1376.  
Li Benzhen, Gong Yanfeng, Liu Shenghua, et al. Combustion characteristics of a direct-injection spark-ignition methanol engine[J]. Journal of Xian Jiaotong University, 2008, 42(11): 1372~1376. (in Chinese)
- 9 Li Benzhen, Liu Shenghua, Nong Jinji, et al. Development of a direct-injection stratified-charge methanol engine[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2008, 222(11): 2121~2129.