

Hg²⁺ 对克隆牙鲆和普通牙鲆的急性毒性

姜宏波^{1,2} 王桂兴³ 刘海金⁴ 包杰² 韩英^{1*} 宋宏⁵

(¹ 东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨 150030)

(² 沈阳农业大学畜牧兽医学院, 沈阳 110866)

(³ 中国水产科学研究院北戴河中心实验站, 秦皇岛 066100)

(⁴ 中国水产科学研究院, 北京 100141)

(⁵ 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要 以相同规格的牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 普通群体为对照, 采用静水生物测试法开展了 Hg²⁺ 对牙鲆克隆群体的急性毒性实验, 实验所用幼鱼为 130 日龄, 体长为 (12.38 ± 1.13) cm, 体质量为 (17.97 ± 5.79) g。实验期间, 水温为 (21 ± 1.2) °C, pH 为 8.1 - 8.3, 盐度为 31.0, 硬度 6200 mg/L, 连续充气保证溶氧充足。研究表明, 实验初始阶段, 高浓度组克隆牙鲆在容器内躁动不安, 上升到水面沿池壁缓慢转圈游动, 一段时间后安静伏在池底; 而普通牙鲆则仅个别鱼在水面游动, 多数静止在池底不动。随中毒程度加深, 用玻璃棒触碰普通牙鲆时, 其反应剧烈, 在水中侧翻、打转、急速游动或上下窜动, 而克隆牙鲆则仅沿池底缓慢游动。最终克隆牙鲆和普通牙鲆均身体僵直, 失去呼吸能力死亡。Hg²⁺ 对克隆牙鲆的 24、48、96 h 的半致死质量浓度分别为 1.50、0.86、0.84 mg/L, 而对普通牙鲆的半致死质量浓度则分别为 1.93、1.04、0.90 mg/L。结果表明, 克隆牙鲆对 Hg²⁺ 的耐受性弱于普通牙鲆, 对 Hg²⁺ 更加敏感。从死亡过程看, 各处理组的克隆牙鲆从出现死亡个体开始, 死亡时间集中在 8 h 内, 具有同步性; 普通牙鲆则在实验期间陆续出现死亡, 持续时间较长, 同步性较差。

关键词 克隆牙鲆; Hg²⁺; 急性毒性

中图分类号 S912 文献标志码 A 文章编号 1000-7075(2014)03-0068-06

Acute toxicity of Hg²⁺ to clonal and common Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

JIANG Hong-bo^{1,2} WANG Gui-xing³ LIU Hai-jin⁴

BAO Jie² HAN Ying^{1*} SONG Hong⁵

(¹ College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Ha'erbin 150030)

(² College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866)

(³ Beidaihe Central Experiment Station, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qinhuangdao 066100)

(⁴ Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141)

(⁵ College of Aquaculture and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

ABSTRACT Clones are defined as groups of genetically identical fish. It is unclear whether clon-

国家 863 计划项目(2012AA10A408)资助

* 通讯作者。E-mail: hanying_606@163.com, Tel: (0451)55190283

收稿日期:2013-06-29;接受日期:2013-09-11

作者简介:姜宏波(1982-),男,讲师,博士研究生,主要从事鱼类遗传育种研究。E-mail: syndjhb@163.com, Tel: (024)884871568

al fish have identical reactions to toxicants. To address this question we used the static test method to investigate the acute toxicity of Hg^{2+} to clonal and common Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. The clonal and common Japanese flounder in the experiments were produced by Beidaihe Central Experiment Station, with the average body length of (12.38 ± 1.13) cm and the average body weight of (17.97 ± 5.79) g. Fully aerated and filtered seawater [temperature $(21 \pm 1.2)^\circ\text{C}$, pH 8.1 – 8.3, salinity 31.0, and hardness 6200 mg/L] was used in the tests. The results showed that the clonal Japanese flounder treated with high concentration of Hg^{2+} first became anxious, rose to the water surface, and swam around in the aquarium, before they eventually stayed still at the bottom of the aquarium. The majority of common Japanese flounder treated with high concentration of Hg^{2+} remained at the bottom all the time, except for only a few that occasionally swam to the surface. As the poisoning aggravated over the time, the common Japanese flounder began to rotate, swam rapidly or jumped up and down when touched by a glass rod; in the contrast, clonal Japanese flounder swam slowly around the aquarium regardless of the touch. Both the clonal and common Japanese flounder eventually stopped breathing and died with rigid bodies. At 24, 48 and 96 h, the median lethal concentrations of Hg^{2+} to clonal Japanese flounder were 1.50, 0.86, and 0.84 mg/L respectively. The values of common Japanese flounder were 1.93, 1.04, and 0.90 mg/L respectively. These results suggested that the clonal Japanese flounder was more sensitive to Hg^{2+} than the common Japanese flounder. A trend was observed in all groups of clonal Japanese flounder that they mainly died during the 8 hours starting from the occurrence of the first death; however, the death of the common Japanese flounder occurred evenly during the whole experiment.

KEY WORDS Clonal Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*; Hg^{2+} ; Acute toxicity

在过去的几十年中,大量的污染物排放到海洋和河口中(Tuncer *et al.* 1998)。其中,重金属是最主要的海洋污染物之一,已对海洋生物造成了巨大威胁(Akhter *et al.* 1997;张聪等 2012;孙元芹等 2013)。水生生物对重金属的反应敏感,其毒性实验可为制定渔业水质标准和水环境保护提供依据。鱼类在水生系统中处于食物链的重要位置,是水生生物的主要类群,作为生态毒理研究材料,具有较好的代表性。关于鱼类的毒性已经开展了较多的研究工作(田丽粉等 2008;张聪等 2011),但多数所用鱼类的遗传背景不清楚,个体间相似度低,使得研究结果可重复性差。近交系动物具有相似的基因型,在相同环境条件下具有相近的表现型,因此,用近交系动物进行实验能够避免由于遗传特性不同所带来的个体差异干扰,可以降低实验动物的使用数量,使实验结果具有较大的再现性(李凤奎等 2007)。目前应用小鼠和大鼠的近交系开展了较多的研究工作,并在生物医学等领域取得了许多重要的研究成果(Stearns *et al.* 2012; Morici *et al.* 2010)。鱼类近交系也已经初步用于免疫及遗传的相关研究(Bandin *et al.* 1997;张铃铃等 2010; Meyer *et al.* 2013)。生产近交系并非易事,需经过连续20代的全同胞交配(李凤奎等 2007)。20世纪80年代以来,基于染色体操作的雌核发育技术取得长足进展,为生产鱼类近交系提供了新的思路(Streisinger *et al.* 1981)。鱼类一代雌核发育相当于8-10个世代的全同胞交配(Komen *et al.* 2007),在卵裂雌核发育基础上再诱导一次雌核发育,就可以形成纯合克隆,仅用两代即可使近交系数达到100%(Liu *et al.* 2011),生产效率比传统近交大大提高。克隆鱼生产周期短、纯合度高、遗传均一,有望在毒理学研究上发挥重要作用。

本研究以牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 克隆群体和普通群体为实验材料,研究海水中易于发生生物富集的 Hg^{2+} 对二者的急性毒性,比较克隆牙鲆和普通牙鲆在对 Hg^{2+} 的耐受性及死亡一致性上的差异,为认识克隆牙鲆的生物学特征及为后续的毒理学研究提供帮助。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验于2012年9月在中国水产科学研究院北戴河中心实验站进行。实验材料为该站培育的130日龄克隆牙鲈和普通牙鲈幼鱼,养殖在 3 m^3 的圆形水槽中,水体环境pH为8.1–8.3;盐度为31.0;硬度 6200 mg/L ,实验时选取体质健壮、无病无伤,用捞网捞取时反应灵敏、游泳迅速的个体进行实验,体长为 $(12.38 \pm 1.13)\text{ cm}$,体质量 $(17.97 \pm 5.79)\text{ g}$,实验前1 d停止投喂。

克隆牙鲈的制备及检验参照 Yamamoto (1999) 的方法,利用抑制卵裂雌核发育制备的双单倍体(Double haploids, DH)牙鲈为亲本,以紫外线灭活的真鲷精子激活牙鲈卵,用冷休克方法抑制第二极体排出形成克隆牙鲈。经微卫星检验证明,个体间基因型完全一致,为纯合克隆,其纯合性检验参考 Liu 等(2011)。

普通牙鲈为正常产卵受精所得。

1.2 实验药品

用去离子水将分析纯 HgCl_2 配成含 Hg^{2+} 质量浓度为 10 g/L 的母液,然后按照实验需要进行浓度稀释。

1.3 实验期间的理化条件

研究在养殖室内进行,避免光照,水温相对恒定,为 $(21 \pm 1.2)\text{ }^\circ\text{C}$;为保持研究过程中溶解氧处于饱和状态,进行持续微量充气;其他水体条件同上。为防止摄食对研究结果的影响,研究期间不投喂饵料。

1.4 实验方法

严格按照 GB 13267-91《水质物质对淡水鱼(斑马鱼)急性毒性测定方法》进行实验。

1.4.1 预备实验

根据静水生物测试法,实验期间不更换实验液。实验在容量为 300 L 的玻璃钢水槽中进行,每一个水槽中加入砂滤海水 100 L ,设计5个毒物浓度,每一浓度组分别随机放入牙鲈鱼10尾,实验处理 24 h ,重复进行两次,实验期间饱和和充气,不投饵,查明 Hg^{2+} 的最小100%致死浓度和不引起死亡的最大浓度。

1.4.2 正式急性毒性实验

根据预备实验的结果,参照 Hg^{2+} 的 24 h 最小100%致死浓度和不引起死亡的最大浓度,按照等对数间距设置7个实验组,浓度分别为 0.70 、 0.85 、 1.02 、 1.24 、 1.50 、 1.81 、 2.24 mg/L ,同时设置1个不放 Hg^{2+} 的对照组,普通组设置3个重复,每个实验组随机放鱼10尾;克隆组设置两个重复,每个实验组随机放鱼5尾。研究过程中不投饵,不换水,随时取出死亡个体,并记录各组鱼在 24 、 48 、 96 h 的死亡数。死亡的标准是用玻璃棒轻触鱼尾部,多次刺激无反应则判断为死亡。

1.5 统计分析

计算平均死亡率(并换算成概率单位)和实验液质量浓度对数,用 SPSS 18.0 统计软件求出概率单位与实验液质量浓度对数的回归方程,求出 24 、 48 、 96 h 的半致死质量浓度(LC_{50})及各自的95%置信区间。

2 结果

2.1 克隆牙鲈和普通牙鲈的中毒症状

急性毒性实验期间,克隆牙鲈和普通牙鲈对照组均未发现幼鱼死亡情况,低质量浓度组与对照组基本相似,大多实验个体在实验容器底部静止不动。放入高质量浓度组初期,克隆牙鲈在实验容器内很快变得躁动不安,尾部摆动缓慢但幅度较大,上升到水面沿池壁缓慢转圈游动,一段时间后安静伏在池底;普通牙鲈则个别鱼

在水面游动,多数静止在池底不动。随研究时间的延长,中毒程度加深,当用玻璃棒触碰时,普通牙鲈反应剧烈,在水中侧翻、打转,急速游动或上下乱窜,而克隆牙鲈则反应相对安静,受到外界刺激时,沿池底缓慢游动。最终克隆牙鲈和普通牙鲈均对外界刺激的反应变得迟钝,身体僵直,鱼体失衡腹部向上翻起,失去呼吸能力死亡。从死亡过程来看,各处理组的克隆牙鲈从出现死亡个体开始,死亡时间集中在 8 h 内,个体间的同步性较好;普通牙鲈则在实验期间陆续出现死亡,持续时间较长,同步性较差。

2.2 Hg^{2+} 对克隆牙鲈和普通牙鲈急性毒性的实验

从表 1 可以看出,24 h 时普通牙鲈在 1.24、1.50、1.81、2.20 mg/L 时死亡率分别为 3.3%、20.0%、36.7%、70.0%,而克隆牙鲈在高浓度的 1.81、2.20 mg/L 处理组时全部死亡,而在 1.24 mg/L 及以下浓度则未出现死亡现象,仅在 1.50 mg/L 处理组死亡 50%。到 48 h 时所有处理组均出现不同数量死亡,普通组死亡率由 0.70 mg/L 组的 13.3% 上升到 1.81 mg/L 及其以上组的 100%。克隆牙鲈的 1.50 mg/L 处理组剩余个体全部死亡,而 1.02 和 1.24 处理组的死亡比率则由 0 突然上升至 90%。至 96 h 时,普通处理组的死亡百分率相比于 48 h 均有不同程度的上升,而克隆牙鲈相比于 48 h 则基本没有变化。

表 1 Hg^{2+} 对克隆牙鲈和普通牙鲈的急性毒性结果
Table 1 Results of Hg^{2+} acute toxicity to clonal and common Japanese flounder

| 质量浓度 Mass concentration (mg/L) | 累计死亡百分率 Cumulative mortality percentage (%) | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 24 h | | 48 h | | 96 h | |
| | CO | CL | CO | CL | CO | CL |
| 对照 Control | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 13.3 | 30.0 | 16.7 | 30.0 |
| 0.85 | 0 | 0 | 16.7 | 60.0 | 33.3 | 60.0 |
| 1.02 | 0 | 0 | 50.0 | 90.0 | 70.0 | 90.0 |
| 1.24 | 3.3 | 0 | 70.0 | 90.0 | 93.3 | 100.0 |
| 1.50 | 20.0 | 50.0 | 86.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1.81 | 36.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 2.20 | 70.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

注:CO 为普通牙鲈;CL 为克隆牙鲈;下同

Note:CO. common Japanese flounder; CL. clonal Japanese flounder; the same in the following

2.3 Hg^{2+} 的半致死质量浓度及其置信区间

利用 SPSS 18.0 统计软件,得到累计死亡率换算的概率单位和实验液质量浓度对数的回归方程,以及各时间点的 LC_{50} 值和 95% 置信区间见表 2。

表 2 Hg^{2+} 对克隆牙鲈和普通牙鲈半致死质量浓度及其置信区间
Table 2 LC_{50} and confidence interval of Hg^{2+} to clonal and common Japanese flounder

| Hg^{2+} 暴露时间 Hg^{2+} exposure time (h) | 群体 Population | 概率单位-浓度对数 回归方程 Probit-concentration logarithmic regression equation | 相关系数 Correlation coefficient | 样本数 Sample number (n) | LC_{50} (mg/L) | LC_{50} 95% 置信区间 95% confidence interval |
|---|------------------|---|---------------------------------|--------------------------|---------------------|---|
| 24 | CL | - | - | 10 | 1.50 | - |
| | CO | $y = 8.311x + 2.491$ | 0.971 | 30 | 1.93 | 1.81 - 2.11 |
| 48 | CL | $y = 10.526x + 5.701$ | 0.864 | 10 | 0.86 | 0.72 - 0.95 |
| | CO | $y = 7.239x + 4.837$ | 0.972 | 30 | 1.04 | 0.97 - 1.11 |
| 96 | CL | $y = 15.469x + 6.199$ | 0.987 | 10 | 0.84 | 0.73 - 0.93 |
| | CO | $y = 9.97x + 5.459$ | 0.983 | 30 | 0.90 | 0.85 - 0.95 |

Hg^{2+} 对克隆牙鲈的 24、48、96 h 的半致死质量浓度分别为 1.50、0.86、0.84 mg/L, 而对普通牙鲈的半致死质量浓度则分别为 1.93、1.04、0.90 mg/L, 可以看出, 克隆牙鲈各时间段的半致死质量浓度均低于普通牙鲈。

3 讨论

黄伟(2010)研究发现, Hg^{2+} 对牙鲈胚胎的 24 h、48 h LC_{50} 分别为 75.8、48.1 $\mu g/L$, 对牙鲈仔鱼的 96 h LC_{50} 则为 46.6 $\mu g/L$, 而在本研究中的幼鱼发育阶段(体长 12.38 cm), 其 96 h LC_{50} 则达到了 0.90 mg/L, 这说明 Hg^{2+} 对牙鲈的毒性大小与其所处的发育阶段密切相关, 随着鱼体的生长发育, 其对 Hg^{2+} 的耐受度也会增强, 这与其他研究结果相一致(Sharp *et al.* 1982; Mallatt *et al.* 1986)。此外, 外界环境参数如温度、盐度、硬度等在很大程度上也影响着 Hg^{2+} 对鱼类的毒性效力(雷衍之 2004)。本研究得到的半致死质量浓度要高于黄姑鱼(王志铮等 2005)、黑鲷(吕敢堂等 2010), 但由于以往的研究是在不同研究条件下进行的, 环境条件不同, 所用鱼大小也不同, 因此在比较不同鱼种对 Hg^{2+} 的相对敏感性必须考虑条件的差异。

本研究中 Hg^{2+} 对普通牙鲈的 24、48、96 h 的半致死质量浓度为 1.93、1.04、0.90 mg/L, 而克隆牙鲈则分别为 1.50、0.79、0.79 mg/L。可以看出克隆牙鲈的半致死质量浓度要显著低于普通牙鲈, 对 Hg^{2+} 的耐受性弱于普通牙鲈, 对 Hg^{2+} 更加敏感, 这可能与某些基因纯合后对环境变化的耐受力降低有关(Komen *et al.* 1993)。从死亡过程来看, 各处理组的克隆牙鲈从出现死亡个体开始, 死亡时间集中在 8 h 内, 具有同步性; 普通鱼则在实验期间陆续出现死亡, 持续时间较长, 同步性较差。重金属离子对鱼类的毒性可以从两个方面进行解释, 一方面当重金属进入鱼体后, 可以和生物大分子上的活性点位结合, 降低生物大分子活性, 在一定的情况下对鱼类产生毒性(韩照祥等 2008); 另一方面重金属离子的稳定作用可以使 DNA 的两条链稳定结合在一起, 此时非互补的碱基也能配对, 从而导致碱基的错配, 使遗传信息的传递发生错误(Mcintyre 1975)。本研究中的克隆牙鲈由于基因型完全一致, Hg^{2+} 对其核酸损伤程度相同, 因此个体间对毒性的反应一致性要优于普通牙鲈。

随着生物学和医学的快速发展, 生命科学研究对实验动物的质量要求越来越高, 应用高质量的标准实验动物进行生物学、医学、药学等实验研究, 不仅能排除实验动物本身对实验的影响, 还能得到可靠、准确、重复性好的实验结果。本研究中, 该克隆系比普通牙鲈对重金属 Hg^{2+} 更加敏感, 而且个体间反应一致性好, 为在毒性研究中应用克隆牙鲈提供参考。

参 考 文 献

- 王志铮, 刘祖毅, 吕敢堂, 许俊. 2005. Hg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 对黄姑鱼幼鱼的急性致毒效应. 中国水产科学, 12(6): 745-750
- 田丽粉, 任仲, 崔毅, 陈碧鹃, 矫国本, 王学端, 张旭光. 2008. 胜利原油对褐牙鲈仔稚鱼的急性毒性和幼鱼碱性磷酸酶的影响. 海洋水产研究, 29(6): 95-100
- 吕敢堂, 王志铮, 邵国洱, 包坚敏. 2010. 4 种重金属离子对黑鲷幼鱼的急性毒性研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 29(3): 206-210
- 孙元芹, 吴志宏, 孙福新. 2013. 文蛤对重金属 Cu 的富集与排出特征. 渔业科学进展, 34(1): 126-132
- 李凤奎, 王纯耀. 2007. 实验动物与动物实验方法学. 郑州: 郑州大学出版社, 10-15
- 张铃铃, 任燕, 王庆, 石存斌, 吴淑勤. 2010. 定量 PCR 检测不同温度下免疫后剑尾鱼 IgM 的表达. 上海海洋大学学报, 19(3): 302-307
- 张聪, 陈聚法, 赵俊, 马绍赛. 2011. 乍得湖区环保钻井液的水生生态毒性评价. 渔业科学进展, 32(6): 128-134
- 张聪, 陈聚法, 马绍赛. 2012. 褶牡蛎对水体中重金属铜和镉的富集动力学特性. 渔业科学进展, 33(6): 64-72
- 黄伟. 2010. 汞、铅、锌对褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*) 早期发育过程毒理作用的研究. 见: 中国科学院研究生院博士研究生学位论文
- 韩照祥, 吕春霞. 2008. 重金属离子对凡纳滨对虾的致病机理研究. 水生态学杂志, 1(1): 69-74
- 雷衍之. 2004. 养殖水环境化学. 北京: 中国农业出版社
- Akhter MS, Al-Jowder O. 1997. Heavy metal concentrations in sediments from the coast of Bahrain. Int J Environ Health Res 7(1): 85-93
- Bandin I, Dopazo CP, van Muiswinkel WB and 1 other. 1997. Quantification of antibody secreting cells in high and low antibody responder inbred carp (*Cyprinus carpio* L.) strains. Fish Shellfish Immunol 7(7): 487-501
- Komen J, Eding EH, Bongers ABJ and 1 other. 1993. Gynogenesis in common carp (*Cyprinus carpio*). IV. Growth, phenotypic variation and gonad differentiation in normal and methyltestosterone treated homozygous clones and F1 hybrids. Aquaculture 111(1-4): 271-280
- Komen H, Thorgaard GH. 2007. Androgenesis, gynogenesis and the production of clones in fishes: A review. Aquaculture 269(1-4): 150-173
- Liu YX, Wang GX, Liu Y and 6 others. 2011. Production and confirmation of clones using gynogenesis in Japanese flounder. Afr J Biotechnol 10(57):

12142-12146

- Mallatt J, Barron MG, McDonough C. 1986. Acute toxicity of methyl mercury to the larval lamprey, *Petromyzon marinus*. Bull Environ Contam Toxicol 37 (1): 281-288
- Mcintyre A. 1975. Ecological toxicology research-effects of heavy metal and organohalogen compounds. New York: Plenum Press 235-259
- Meyer BM, Froehlich JM, Galt NJ and 1 other. 2013. Inbred strains of zebrafish exhibit variation in growth performance and myostatin expression following fasting. Comp Biochem Physiol, Part A 164(1): 1-9
- Morici LA, Heang J, Tate T and 2 others. 2010. Differential susceptibility of inbred mouse strains to *Burkholderia thailandensis* aerosol infection. Microbial Pathogenesis 48(1):9-17
- Sharp JR, Neff JM. 1982. The toxicity of mercuric chloride and methylmercuric chloride to *Fundulus heteroclitus* embryos in relation to exposure conditions. Environ Biol Fish 7(3): 277-284
- Streisinger G, Walker C, Dower N and 2 others. 1981. Production of clones of homozygous diploid zebra fish (*Brachydanio rerio*). Nature 291:293-296
- Stearns TM, Cario CL, Savage HS and 3 others. 2012. Early gene expression differences in inbred mouse strains with susceptibility to pulmonary adenomas. Exp Mol Pathol 93(3): 455-461
- Tuncer G, Karakas T, Balkas TI and 4 others. 1998. Land-based sources of pollution along the Black Sea coast of Turkey: concentrations and annual loads to the Black Sea. Mar Pollut Bull 36(6):409-423
- Yamamoto E. 1999. Studies on sex-manipulation and production of cloned populations in hirame, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture 173(1-4): 235-246

关于 DOI

DOI,即 Digital Object Identifier(数字对象标识符)的缩写,是全球唯一的数字对象标识名称,一个 DOI 名称一旦赋予给一条电子资源就不会再更改,而成为该资源的永久性的一部分。无论在什么地方,用户都可以链接到 DOI 的相应内容。

DOI 解析示例:

已知 DOI 为:10.11758/yykxjz.20140101,可以通过多种解析方式链接到论文:在浏览器中直接解析:<http://dx.doi.org/10.11758/yykxjz.20140101>;在中文 DOI 网站(<http://www.chinadoi.cn/>)或国际 DOI 基金会网站(<http://www.doi.org/>)解析。

DOI 的作用:

DOI 指向到原始文献 DOI 具有唯一性,保证了在网络环境下对数字化对象的准确提取。通过 DOI 检索,可以快速定位到原始的目标文献。

实现文献数据库的对接 许多二次文献数据库都通过 DOI 技术建立了引文与全文的链接,使用者即可直接点击链接到目标文献的全文。

追踪“参考文献”的全文资源 中文 DOI 系统帮助用户实现了从相关文献或参考文献向全文数据库的链接,简单快捷的追踪到文章的相应内容。