

水稻-褐飞虱-拟水狼蛛食物链的定量研究

贺一原, 文斗斗, 胡良雄, 王洪全

(湖南师范大学生命科学学院, 长沙 410081)

摘要: 应用荧光物质稀土元素铕示踪法对水稻-褐飞虱-拟水狼蛛食物链进行了定量分析研究。所施荧光物质的三种浓度 20 mg/L、50 mg/L 和 100 mg/L 均为有效浓度, 对水稻生长无可见的影响, 孕穗期、抽穗期、乳熟期和黄熟期四个生育期水稻、褐飞虱和拟水狼蛛的荧光物含量均随所施荧光物质浓度的增高而增高。褐飞虱对不同生育期水稻的取食量依次为抽穗期 > 孕穗期 > 乳熟期 > 黄熟期, 分别为每克褐飞虱生物量在 24 h 内摄食水稻 17.5910 g, 17.4510 g, 13.8290 g 和 8.7070 g。拟水狼蛛对褐飞虱的捕食量为乳熟期 > 孕穗期 > 抽穗期 > 黄熟期, 分别为每克拟水狼蛛生物量 24 h 捕食褐飞虱 3.6380 g, 3.0830 g, 3.0770 和 2.8000 g。根据田间调查数据换算为每头拟水狼蛛捕食褐飞虱在孕穗期、抽穗期、乳熟期和黄熟期分别为 11 头、11 头、13 头和 10 头。

关键词: 水稻; 褐飞虱; 拟水狼蛛; 食物链; 荧光示踪物; 定量测定

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296 (2003) 06-0727-05

A quantitative study on the food chain of late-season rice-*Nilaparvata lugens* Stål-*Pirata subpiraticus* (Bosenberg et Strand)

HE Yi-Yuan, WEN Dou-Dou, HU Liang-Xiong, WANG Hong-Quan (College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: Using fluorescent element Eu^{+3} tracing method, the food chain of late-season rice-*Nilaparvata lugens* Stål-*Pirata subpiraticus* (Bosenberg et Strand) was studied quantitatively. Three concentrations of Eu_2O_3 , 20 mg/L, 50 mg/L and 100 mg/L, with no obvious negative effect on growth of rice plant, were applied in substrate of potted rice, respectively. During rice booting, tasseling, milking and maturing stages, the content of Eu^{+3} in rice, *N. lugens* and *P. subpiraticus* markedly increased with the rise of concentrations of Eu_2O_3 applied. Ingestion of rice by *N. lugens* during the tasseling stage was the highest (17.5910 g/g biomass day), while the lowest (8.7070 g/g biomass day) occurred during the maturing stage. Between them, ingestion of rice by the planthopper was higher during the booting stage (17.4510 g/g biomass day) than during the milking stage (13.8290 g/g biomass day). Predation of *N. lugens* by *P. subpiraticus* was almost the same, about 3.6380 g/g biomass per day during the milking stage, higher than during the booting stage (3.0830 g/g biomass day) and the tasseling stage (3.0770 g/g biomass day) while the smallest predation (2.8000 g/g biomass day) occurred during the maturing stage. Based on the investigation in rice fields, the number of *N. lugens* consumed by *P. subpiraticus* during these four growth stages of the rice plant was estimated to be 11, 11, 13 and 10 respectively.

Key words: Rice plant; *Nilaparvata lugens*; *Pirata subpiraticus*; food chain; fluorescent substance; quantitative determination

水稻是我国主要的粮食作物, 害虫危害是造成水稻减产的主要原因之一。20 世纪 60 年代以来防治害虫主要依赖化学农药, 虽然取得了很大成绩, 但长期使用化学农药致使天敌数量下降, 害虫抗药性提高, 化学农药用量增大造成农业生态不平衡,

环境污染严重, 威胁人畜安全, 不利于农业可持续发展, 影响人类的生存。为了可持续发展, 推广“以蛛治虫”为主的综合防治水稻病虫害技术具有很大的潜力 (王洪全, 1981)。

长期以来, 由于技术手段的落后和经费的限

制,对害虫为害水稻和蜘蛛控制害虫的研究基本上处于定性的水平。本研究运用荧光示踪技术(王洪全等,2001;文斗斗等,2001;胡自强等,2002)定量测定分析水稻-褐飞虱-拟水狼蛛食物链营养关系,为以蛛治虫,综合治理稻虫提供更为精确、科学的防治参数。

1 材料与方法

1.1 材料

水稻品种为威优 64;褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 采自长沙市郊水稻田,投入外罩有纱笼的水稻盆钵中进行饲养,定期移盆,用小指管取所需龄期的稻虫;拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* (Bosenberg et Strand) 从长沙市郊水稻田中捕回,饥饿处理 48 h 后投放。

1.2 方法

1.2.1 田间调查: 调查地点位于长沙望城县平塘镇靳江村,属于常规双季稻田,其稻作区系为华中双季稻作区的江南丘陵平原双季稻亚区,稻虫和蜘蛛分类区系属东洋区。取周围生境相似的面积约为 666.7 m² 的稻田 3 块(田块之间的距离约 100 m),不施农药,每个水稻生育期以 5 点取样法调查一次。

1.2.2 水稻的处理: 水稻栽种于直径 25 cm 的塑料桶中,每桶 3 丛。水稻移栽 5 天后,标记荧光物 Eu₂O₃ 分 3 个浓度 20 mg/L、50 mg/L 和 100 mg/L 施入塑料桶,设 1 个空白对照,每个处理 3 个重复。Eu₂O₃ 以离子态施入土壤中,通过根系吸收进入水稻。按水稻 5 个生育期采样,所采样品去根后从叶鞘处分为茎与叶两部分,各称取鲜重 2 g,在 80℃ 下恒重。

1.2.3 测定方法: 取相应龄期的褐飞虱 15~20 头放入高 1 m,直径 26 cm 的自制圆形纱笼网罩中,统一摄食水稻的时间为 72 h。回收的稻虫分为两部

分,其中一部分用于测定,其余部分投于 250 mL 烧杯,供蜘蛛捕食,取同一龄期的蜘蛛饥饿(只供水)48 h 后投于上述烧杯中,每杯 1 头,每个处理 3 个重复,统一捕食时间为 48 h。将回收所得的稻虫和蜘蛛称鲜重,放入 80℃ 烤箱中恒重,称干重。将烘干的水稻、稻虫和蜘蛛装在小瓷坩埚中入马弗氏炉中在 800℃ 下灰化处理 1 h,而后用荧光物质示踪定量测定法处理——经萃取和反萃取的方法处理灰化后的材料,入 RF-5301PC 岛津荧光分光光度计可检测出样品的荧光强度值。结合空白对照组数据与该荧光物质标准曲线求得荧光物的含量(μg),将荧光物含量除以稻虫和蜘蛛的鲜重(g)以及摄食时间,可计算出单位时间内稻虫摄食水稻量和蜘蛛捕食量(即摄食量),以此评价稻虫对水稻的危害程度和蜘蛛对稻虫的控制能力。

2 结果与分析

2.1 晚稻田褐飞虱和拟水狼蛛的发生情况

2.1.1 褐飞虱: 晚稻不同生育期褐飞虱的发生情况见表 1。从表 1 可见分蘖期褐飞虱密度最低,其次为黄熟期,乳熟期密度最大,孕穗期和抽穗期密度中等,各生育期褐飞虱密度变化很大。

2.1.2 拟水狼蛛: 晚稻不同生育期拟水狼蛛的发生情况见表 2。从表 2 可见除分蘖期拟水狼蛛每百丛低于 100 头外,其余四个生育期相对稳定,每百丛均在 130~200 头之间,数量变化不大。

2.2 晚稻-褐飞虱-拟水狼蛛食物链营养关系分析

2.2.1 孕穗期: 根据空白对照数据得到孕穗期水稻工作曲线: $y = 1.3290 + 177.0988x$ (x 代表样品溶液经 RF-5301 岛津荧光分光光度计测得的荧光强度值, y 代表荧光物的质量,以下同),晚稻孕穗期水稻荧光物含量(μg/g)随所施荧光物质浓度的增加而增加,茎的含量高于叶的含量(图 1: A)。根据褐飞虱摄食水稻的空白对照得到工作曲线:

表 1 晚稻不同生育期的褐飞虱密度(虫数/100 丛)

Table 1 Density of *Nilaparvata lugens* in different stages of late-season rice (individuals/100 hills)

水稻生育期 Rice stage	1~2 龄 1st-2nd instars	3~4 龄 3rd-4th instars	5 龄和成虫 5th instar and imago	合计 Total
分蘖期 Tillering	41.34	17.32	20.00	78.68
孕穗期 Booting	145.33	298.66	150.05	594.04
抽穗期 Tasseling	76.68	196.68	178.66	452.02
乳熟期 Milking	29.72	1 049.34	184.00	1 263.06
黄熟期 Maturing	57.36	45.34	167.86	270.56

表2 晚稻不同生育期的拟水狼蛛密度(数量/100丛)

Table 2 Density of *Pirata subpiraticus* in different stages of the late-season rice (individuals/100 hills)

水稻生育期 Rice stage	2龄 2nd instar	3龄 3rd instar	4龄 4th instar	5龄 5th instar	合计 Total
分蘖期 Tillering	31.34	18.6	13.34	22.68	85.96
孕穗期 Booting	30.00	66.0	39.34	24.00	159.34
抽穗期 Tasseling	40.68	70.68	32.68	33.68	177.72
乳熟期 Milking	10.60	42.68	42.00	34.66	139.92
黄熟期 Maturing	18.68	84.00	44.00	43.8	190.48

$y = 2.0290 + 177.0988x$, 褐飞虱荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而递增(图 1: B), 将之除以水稻的荧光物含量, 可得晚稻孕穗期褐飞虱的摄食量, 每克褐飞虱生物量的日取食水稻量为 17.4510 g。根据田间调查的虫龄比(表 1), 可知褐飞虱每头平均鲜重为 0.00379 g。故每头褐飞虱日平均取食水稻 0.0660 g。根据拟水狼蛛摄食褐飞虱空白对照数据得到工作曲线: $y = 1.7130 + 177.0988x$, 拟水狼蛛的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而递增(图 1: C), 将之除以褐

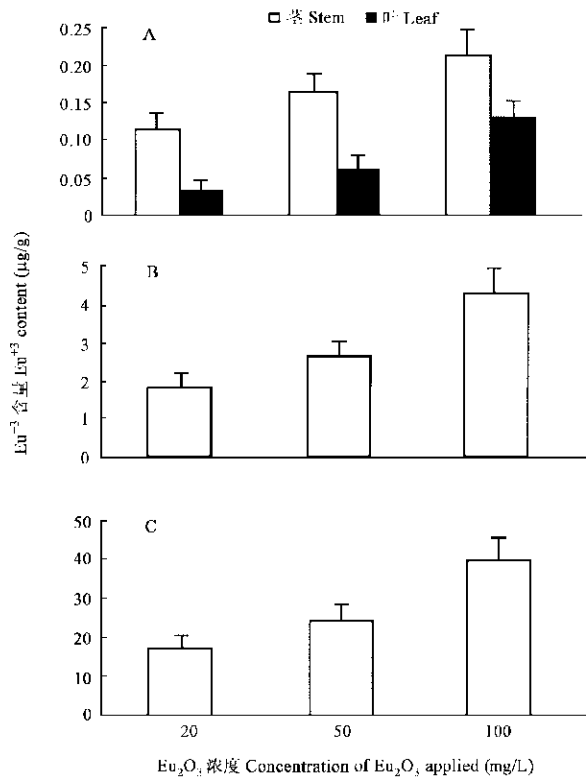


图1 孕穗期水稻(A)、褐飞虱(B)和拟水狼蛛(C)中 Eu^{+3} 含量与盆栽水稻 Eu_2O_3 施用浓度的关系

Fig.1 Content of Eu^{+3} in rice plant of the booting stage (A), *N. lugens* (B) and *P. subpiraticus* (C) in relation to concentration of Eu_2O_3 applied in substrate of potted rice plant

飞虱的荧光物质含量, 可得拟水狼蛛的摄食量: 每克拟水狼蛛的日捕食量为 3.0830 g 褐飞虱。由田间调查虫龄比(表 2)可知, 每头拟水狼蛛平均鲜重为 0.0132 g, 故平均每头拟水狼蛛每日捕食褐飞虱约 11 头。

2.2.2 抽穗期: 根据水稻对荧光物吸收的空白对照数据得到工作曲线: $y = 1.0597 + 177.0988x$, 水稻的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大, 茎的含量高于叶的含量(图 2: A)。根据褐飞虱摄食量空白对照得到工作曲线: $y = 2.052 + 177.098x$, 褐飞虱的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物的增加而递增(图 2: B), 将之除以水稻的荧光物含量, 可得褐飞虱的摄食量。每克褐飞虱的摄食量为 17.5910 g, 根据田间调查数据的虫龄比(表 1)

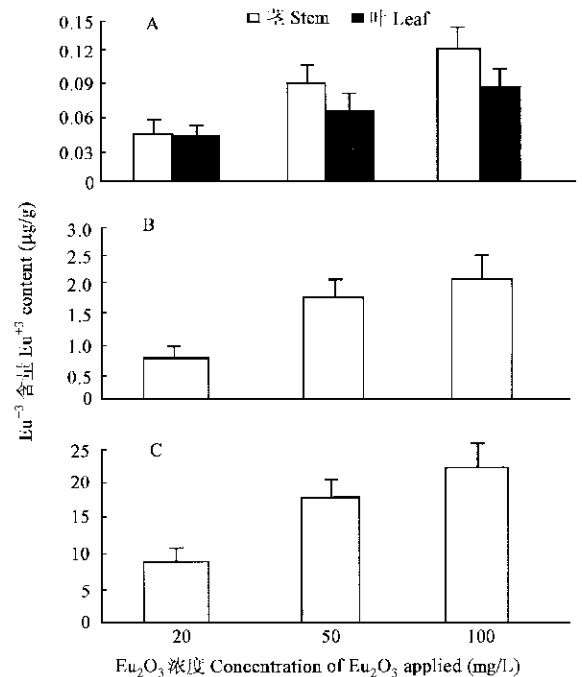


图2 抽穗期水稻(A)、褐飞虱(B)和拟水狼蛛(C)中 Eu^{+3} 含量与盆栽水稻 Eu_2O_3 施用浓度的关系

Fig.2 Content of Eu^{+3} in rice plant of the tasseling stage (A), *N. lugens* (B) and *P. subpiraticus* (C) in relation to concentration of Eu_2O_3 applied in substrate of potted rice plant

得其平均鲜重 0.0055 g, 故平均每头褐飞虱每 24 h 取食水稻 0.099 g。根据拟水狼蛛摄食稻飞虱的空白对照组数据得到工作曲线: $y = 1.759 + 177.0988x$, 褐飞虱的荧光含量 ($\mu\text{g/g}$), 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 2: C), 将之除以褐飞虱的荧光物含量可得拟水狼蛛的摄食量: 每克拟水狼蛛的日捕食量为 3.0770 g。由田间调查数据 (表 2) 可知其平均鲜重为 0.0196 g, 故平均每头拟水狼蛛每 24 h 捕食褐飞虱 11 头。

2.2.3 乳熟期: 根据水稻对荧光物吸收空白对照组得到工作曲线: $y = 1.549 + 177.0988x$, 水稻的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 3: A)。茎的含量略高于叶的含量。根据褐飞虱摄食水稻空白对照组数据得到工作曲线: $y = 1.1650 + 177.0980x$, 褐飞虱的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 3: B)。将之除以水稻荧光物含量可得褐飞虱的摄食量: 每克褐飞虱的摄食量为 13.8290 g。根据田间调查的龄期比 (表 1) 得其平均鲜重为 0.0025 g。故平均每头

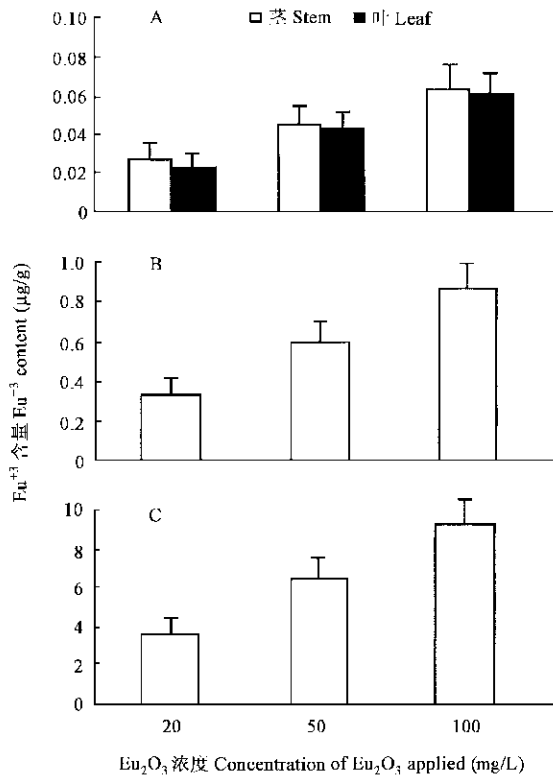


图 3 乳熟期水稻 (A)、褐飞虱 (B) 和拟水狼蛛 (C) 中 Eu^{+3} 含量与盆栽水稻 Eu_2O_3 施用浓度的关系

Fig.3 Content of Eu^{+3} in rice plant of the milking stage (A), *N. lugens* (B) and *P. subpiraticus* (C) in relation to concentration of Eu_2O_3 applied in substrate of potted rice plant

褐飞虱每 24 h 取食水稻 0.0360 g。根据拟水狼蛛摄食褐飞虱的空白对照组得到工作曲线: $y = 1.9804 + 177.098x$, 褐飞虱的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 3: C)。将之除以褐飞虱的荧光物含量, 可得拟水狼蛛的摄食量: 每克拟水狼蛛的日捕食量为 3.6380 g。根据田间调查的龄期比 (表 2) 得其平均鲜重为 0.0089 g, 故平均每头拟水狼蛛每日捕食褐飞虱 13 头。

2.2.4 黄熟期: 根据水稻对荧光物吸收的空白对照组得到工作曲线: $y = 1.8536 + 177.098x$, 水稻的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 4: A)。茎的含量高于叶的含量。根据空白对照组得到工作曲线: $y = 1.9224 + 177.098x$, 褐飞虱的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 4: B)。将之除以水稻荧光物含量, 可得褐飞虱的摄食量: 每克褐飞虱的摄食量为 8.7070 g。根据田间调查的龄期比 (表 1) 得其平均鲜重为 0.0046 g, 故平均每头褐飞虱每 24 h 取食水稻 0.041 g。根据拟水狼蛛捕食褐飞虱的空白对照得

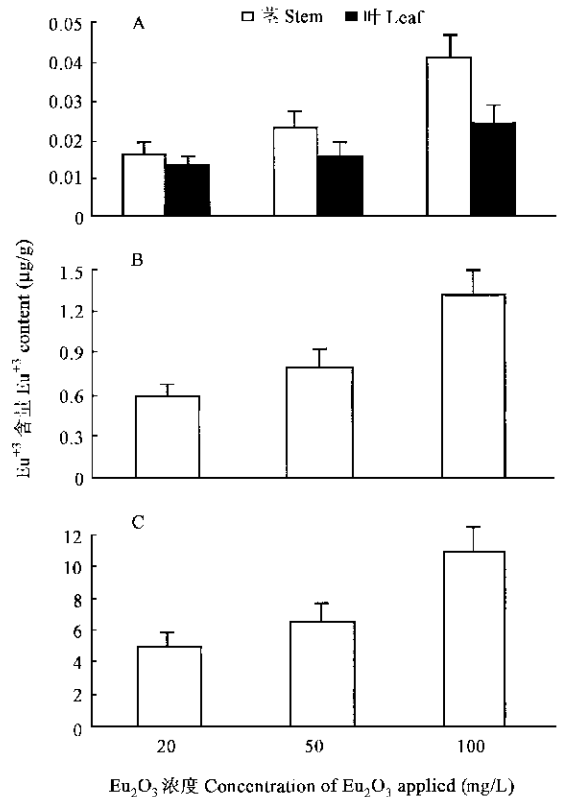


图 4 黄熟期水稻 (A)、褐飞虱 (B) 和拟水狼蛛 (C) 中 Eu^{+3} 含量与盆栽水稻 Eu_2O_3 施用浓度的关系

Fig.4 Content of Eu^{+3} in rice plant of the maturing stage (A), *N. lugens* (B) and *P. subpiraticus* (C) in relation to concentration of Eu_2O_3 applied in substrate of potted rice plant

到工作曲线: $y = 2.037 + 177.098x$, 拟水狼蛛的荧光物含量 ($\mu\text{g/g}$) 随所施荧光物浓度的增加而增大 (图 4: C)。将之除以褐飞虱的荧光物含量可得拟水狼蛛的捕食量: 每克拟水狼蛛的日摄食量为 2.8000 g 褐飞虱。根据田间调查数据 (表 2) 得其平均鲜重为 0.0164 g, 故平均每头拟水狼蛛每 24 h 捕食褐飞虱 10 头。

3 小结

所施荧光物的三种浓度均为有效浓度, 对水稻生长无明显影响, 水稻、褐飞虱和拟水狼蛛的荧光物含量随所施荧光物浓度增加而增高。

水稻每个生育期茎的荧光物含量均大于叶的含量, 因为荧光物的吸收从根向茎, 再向叶传递, 故茎的荧光物含量大于叶。

从水稻四个生育期看, 褐飞虱危害最大的时期为孕穗期和抽穗期; 拟水狼蛛对褐飞虱均有很大的捕食能力, 其捕食量最大时期为乳熟期, 这与实际是相符的, 从而证明这种定量测定法是真实可靠的。

我们首次对晚稻-褐飞虱-拟水狼蛛食物链营养关系用荧光物质示踪定量测定法进行了定量研究, 使人们对褐飞虱的危害程度和拟水狼蛛控虫能力的认识从定性水平跨入了定量水平, 这为“以蛛控虫, 综合治理稻虫”提供了有效防治参数。

荧光物质示踪定量测定法对水稻-害虫-蜘蛛食物链营养关系定量研究尚处于初步研究阶段, 稻田

生境复杂, 影响害虫危害水稻和蜘蛛捕食害虫的因素很多, 还需进一步的研究。

参 考 文 献 (References)

- Hu Z Q, He Y Y, Yan H M, Yang H M, Zhu Z R, Wang H Q, 2002. Quantitative measurement of nutritive relationship of the food chain: paddy plant-leafhoppers-spiders by the fluorescence labeling method. *Acta Ecologica Sinica*, 22 (7): 1 079 - 1 084. [胡自强, 贺一原, 颜亨梅, 杨海明, 朱泽瑞, 王洪全, 2002. 荧光物示踪法定量测定水稻-叶蝉-蜘蛛食物链的营养关系. 生态学报, 22 (7): 1 079 - 1 084]
- Wang H Q, 1981. Research on Conservation and Utilization of Spiders in Paddyfield. Beijing: Science and Technology Press. 69 - 107. [王洪全, 1981. 稻虫蜘蛛利用研究. 北京: 科学技术出版社. 69 - 107]
- Wang H Q, Yang H M, Li C Z, Zhu Z R, He Y Y, Hu Z Q, Yan H M, Li H H, 2001. Quantitative Measuring Method of the Food Chain by the Fluorescence Labeling. Announcement Order: 01114479. 37. Beijing: Knowledge Property Right Press. [王洪全, 杨海明, 李承志, 朱泽瑞, 贺一原, 胡自强, 颜亨梅, 黎红辉, 2001. 食物链传递标记物定量分析法. 公布号: 01114479. 37. 北京: 知识产权出版社]
- Wen D D, Lu Z Y, He Y Y, Wang H Q, 2001. Test for damage to paddy plant of main paddy pests by the method of fluorescent substance tracing. *Life Science Research*, 5 (4): 356 - 361. [文斗斗, 吕志跃, 贺一原, 王洪全, 2001. 荧光物示踪检测主要稻虫对水稻危害程度的初步研究. 生命科学研究, 5 (4): 356 - 361]
- Wen D D, He Y Y, Lu Z Y, Yang H M, Wang H Q, 2002. A quantitative study of biomass flow in the rice-*Sogatella furcifera*-*Pirata subpiraticus* food chain using fluorescent substance tracing. *Acta Entomologica Sinica*, 46 (2): 178 - 183. [文斗斗, 贺一原, 吕志跃, 杨海明, 王洪全, 2002. 水稻-白背飞虱-拟水狼蛛食物链中生物量流动的定量研究. 昆虫学报, 46 (2): 178 - 183]