

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.05.10

模拟降水对朱砂叶螨实验种群数量的干扰作用

胡 智, 桂连友*, 华登科, 罗 杰

(长江大学农学院, 湖北荆州 434025)

摘要: 采用人工模拟降雨的方法研究了降水对棉花苗期朱砂叶螨校正虫口减退率的影响以及转移干扰作用, 评价棉花苗期降水对朱砂叶螨种群数量的控制作用。结果表明, 暴雨 ($49.59\% \pm 3.09\%$)、大雨 ($33.21\% \pm 2.46\%$)、中雨 ($37.25\% \pm 0.986\%$) 和小雨 ($36.03\% \pm 2.69\%$) 均能明显降低朱砂叶螨的校正虫口减退率, 其中暴雨对朱砂叶螨校正虫口减退率的影响极为明显, 显著高于大雨、中雨和小雨。而大雨、中雨和小雨对朱砂叶螨校正虫口减退率的影响两两之间无显著差异。随着降水量逐步增加, 对朱砂叶螨数量由释放点向叶片正面和叶柄位置转移的干扰作用逐步增强。在释放点之间, 大雨、中雨和小雨均对朱砂叶螨转移干扰作用不明显, 但暴雨对朱砂叶螨转移干扰作用极为明显。

关键词: 棉花; 朱砂叶螨; 模拟降水; 干扰作用

中图分类号: Q968.1; S714

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 05-0936-06

Effect of simulated rainfall on dynamics of *Tetranychus cinnabarinus* laboratory population

HU Zhi, GUI Lian-You*, HUA Deng-Ke, LUO Jie (College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei Province, China)

Abstract: Effect of simulated rainfall on interference transformation and their rectifying reduction rates of *Tetranychus cinnabarinus* was investigated with simulated rainfall method in cotton seedling, in order to evaluate the effect of simulated rainfall on dynamics of *T. Cinnabarinus* laboratory population in the Middle Reaches of the Yangtze River. The results showed that rainstorm ($49.59\% \pm 3.09\%$), heavy rain ($33.21\% \pm 2.46\%$), moderate rain ($37.25\% \pm 0.986\%$) and light rain ($36.03\% \pm 2.69\%$) significantly decreased the rectifying reduction rate of *T. cinnabarinus*. The rectifying reduction rate under rainstorm for *T. cinnabarinus* was most significantly higher than that of heavy rain, moderate rain and light rain, respectively. But there were no significant differences among heavy rain, moderate rain and light rain. As rainfall capacity gradually increased, their interference effect on the quantity of *T. cinnabarinus* from release points (under side leaves) transfers to upper side leaves and petiole gradually increased. Interference effect on the quantity of *T. cinnabarinus* transformation among those release points was unnotable among heavy rain, moderate rain and light rain, but there was the most significantly interference effect for rainstorm.

Key words: Cotton; *Tetranychus cinnabarinus*; simulated rainfall; interference effect

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)
属 蜱 螨 亚 纲 Acari 螨 目 Acariformes 叶 螨 科
Tetranychidae (Krantz and Walter, 2009)。为世界

性害螨, 分布我国各地, 主要寄主 100 多种。朱砂
叶螨也是我国长江流域棉区的重要害螨, 一年发
生 15–18 代 (Pei *et al.*, 2012, 2013; 裴艳芳等,

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (201103020)

作者简介: 胡智, 男, 1990 年生, 湖北黄石人, 硕士研究生, 主要从事农业害虫综合防治研究, E-mail: 905507259@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: guilianyou@126.com

收稿日期 Received: 2015-10-09; 接受日期 Accepted: 2015-11-20

2013)。在秋冬季节朱砂叶螨以授精雌成螨及其他虫态在冬绿肥、土缝内、杂草根迹、枯枝落叶下越冬，次年2月下旬至3月上旬开始，首先在越冬或早春寄主上进行危害，待5月分棉苗出土后再移至棉田进行危害（吴干红，1990；裴艳芳等，2012）。

雨量是影响朱砂叶螨在田间种群消长的重要因素之一，天旱少雨则利于其发生，大雨天气或田间温度过高时，则对朱砂叶螨的发生不利（洪晓月，2012）。目前，关于雨量对昆虫和螨类的研究方面，Zhao等（1999）和张建萍等（2005）研究了人工模拟酸雨对朱砂叶螨种群数量影响以及其作用机理；裴艳芳（2013）研究了自然降雨（大雨）对大田棉花上朱砂叶螨数量的干扰作用；刘茂松等（2012）研究平原地区降雨量对杨小舟蛾蛹发育与存活的影响；李晓娟等（2012）研究了保存时间及模拟降雨对花绒寄甲卵野外孵化率的影响。但室内模拟雨水冲刷对朱砂叶螨数量的影响研究报告甚少。

在5月中旬–7月中下旬期间，长江流域属于雨水较多地区（张永领，2006）。在5月中旬–7月中旬，棉花处于苗期生长阶段。因此，本研究在2013年8月上旬至9月中旬期间，通过自行设计的一种人工模拟降雨装置，人工模拟小雨、中雨、大雨和暴雨4种不同降水条件对棉花苗期的朱砂叶螨的校正虫口减退率的影响、同等级降水对不同叶位的朱砂叶螨校正虫口减退率的影响以及对朱砂叶螨的转移干扰作用，以评价在棉花苗期降水对朱砂叶螨的种群数量的控制作用，为朱砂叶螨的综合防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料和地点

供试植物：棉花 *Gossypium hirsutum* L.。品种：

鄂杂棉 24F₁（转 Bt 基因棉）。棉花在室外盆栽（直径 17 cm，高 11 cm），基质为市场花用土壤（泥炭:砂:煤渣:蔗渣:蛭石 = 3:2:2:2:1），常规种植与管理，棉花生长期不施任何农药。待其长至6片真叶时作为试验植物。

供试虫源：朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)。在室内养虫室，盆栽的豇豆 *Vigna unguiculata* (Linn.)（美国无架豇豆）上，待其长至3–5片真叶时，开始接种朱砂叶螨雌雄成螨繁殖供试（虫源由王少丽提供）。

试验地点：在位于长江大学西校区植物园（N: 30° 21′ 17″，E: 112° 8′ 23″）的温室进行（长×宽×高为 12 m×6 m×3 m，顶梁高 5 m）。

1.2 人工模拟降雨装置

人工模拟降雨装置由钢架、贮水器、输液管、钢绳和泡沫板组成。贮水器为顶部开口的有机玻璃水槽（长×宽×高为 32 cm×32 cm×18 cm，厚 3 mm）。水槽底部双层，中间夹层为的船用特种耐磨羊皮，有 203 个小孔（直径 5 mm），每个小孔连接 1 根医用输液管（长 2 m，0.55×20 RWSB），输液管末端钢针连接 5 块长方形泡沫板（长×宽×厚为 35 cm×25 cm×1 cm），每个泡沫板上均匀排列连接输液针 20 根（4×5 行），行距为 6 mm，列距为 5 mm，水箱外部固定在不锈钢方形钢架，钢架上部钢绳连接，便于悬挂。

1.3 模拟降雨数据采集与分级

模拟降水级别的划分依据气象专业的常规分级方法（马秀玲等，1996；姜会飞，2008；王冰等，2009）。常见的降雨可分为小雨、中雨、大雨和暴雨4级（表1）。根据降雨量的定义及公式换算，并用人工模拟降雨装置做预备试验，确定各降雨强度所对应的出水速度。

表 1 降雨级别
Table 1 Rainfall grade

降水级别 Rainfall grade	现象描述 Phenomenon description	总雨量/天 (mm) Total rainfall/day	总雨量/半天 (mm) Total rainfall/half a day
小雨 Light rain	雨能使地面潮湿，但不泥泞 Ground wet, but not muddy	1–10	0.2–5.0
中雨 Moderate rain	雨降到屋顶上有淅淅声，凹地积水 Rain falling sound whistling, concave ground waterlogging	10–25	5.2–15.0
大雨 Heavy rain	降雨如倾盆，落地四溅，平地积水 Rain like cats and dogs, high ground, ground waterlogging	25–50	15.1–30.0
暴雨 Rainstorm	降雨比大雨还猛，能造成山洪暴发 To cause flash floods, over heavy rain	50–100	30.1–70.0

1.4 试验方法

降雨强度分暴雨、大雨、中雨和小雨 4 个水平, 每个水平分 4 次试验, 每次试验设置 5 盆棉苗降雨处理和 1 盆棉苗对照 (无降雨处理), 每个水平共重复 20 次。试验降雨处理和对照每株每叶叶片反面 (6 片) 接种朱砂叶螨的成若螨 30 头 (雌雄比 = 3.3:1)。将接种好 5 盆处理棉苗立即置于人工模拟降雨装置的泡沫板正下方, 泡沫板离棉苗顶端距离为 2 m, 每个处理对应一个泡沫板, 对照的 1 盆棉苗与降雨处理 5 盆棉苗在一条直线上, 但正上方没有泡沫板, 6 盆棉苗间隔距离相同 (50 cm)。根据降雨量的定义换算, 并用人工模拟降雨装置做测试, 确定各降雨强度所对应的出水速度, 即暴雨 (180 d/min)、大雨 (90 d/min)、中雨 (45 d/min)、小雨 (18 d/min)。不同等级的降雨处理均为 1 h, 装入贮水器中的水为自来水, 在试验期间不停补充。试验结束立即观察计数、记录试验处理后朱砂叶螨数量。从试验开始到结束, 每 0.5 h 用小型气象站测量并记录风速、温度、湿度各一次; 用光度计测量并记录光照一次。

1.5 数据处理

人工模拟降雨前后朱砂叶螨数量变化用虫口减退率 (%) 或校正虫口减退率 (%) 表示: 虫口减退率 (%) = (处理前虫口基数 - 处理后虫口基数) / 处理前虫口基数 × 100。校正虫口减退率 (%) = (处理区虫口减退率 - 对照区虫口减退率) / (1 - 对照区虫口减退率) × 100。

试验所有的数据采用 DPS 数据处理系统进行分析 (唐启义和冯明光, 2002)。不同等级降水对朱砂叶螨校正虫口减退率的差异比较, 6 种不同叶位的朱砂叶螨校正虫口减退率的影响, 先将朱砂叶螨校正虫口减退率进行反正弦平方根转换, 然后进行方差分析, 不同平均数之间的差异多重比较均采用 Duncan 新复极差法。降水对朱砂叶螨在 6 个释放点之间的转移干扰作用比较, 采用频次分布似然比检验。

2 结果与分析

2.1 气候条件

在试验期间, 温室的气候条件, 无风, 温度为 $29.8^{\circ}\text{C} \pm 0.91^{\circ}\text{C}$, 湿度为 $64.1\% \pm 1.4\%$, 光照为 $13.76 \times 10^3 \pm 2.04 \times 10^3 \text{ lux}$ 。

2.2 降水对朱砂叶螨校正虫口减退率的影响

在棉花苗期, 暴雨、大雨、中雨和小雨对朱砂叶螨的校正虫口减退率分别为: $49.59\% \pm 3.09\%$ 、 $33.21\% \pm 2.46\%$ 、 $37.25\% \pm 0.986\%$ 和 $36.03\% \pm 2.69\%$ 。降水均能明显降低朱砂叶螨的校正虫口减退率, 其中暴雨对朱砂叶螨校正虫口减退率的影响极显著高于大雨、中雨和小雨 ($F = 7.844$; $df = 3, 9$; $P = 0.007$)。而大雨、中雨和小雨对朱砂叶螨校正虫口减退率的影响两两之间无显著差异 (图 1)。

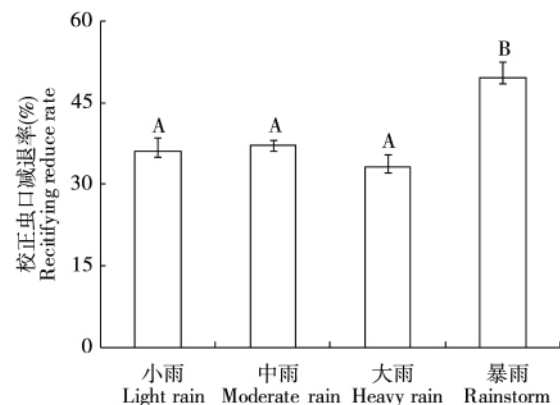


图 1 降水对朱砂叶螨校正虫口减退率的影响

Fig. 1 Impact of simulated rainfalls on the rectifying reduce rate for *Tetranychus cinnabarinus*

注: 图柱相同大写字母表示在 0.01 水平上其平均值之间的差异不显著 (Duncan 新复极差检验, $P > 0.01$)。Note: Mean values followed by the same capital letter case within a column means no statistically different (Duncan test, $P > 0.01$).

2.3 降水对不同叶位的朱砂叶螨校正虫口减退率影响

供试验棉花各叶片的高度, 从顶部开始依次往下部计数, 第 1、2、3、4、5 和 6 叶片高度分别为 $29.12 \pm 0.76 \text{ cm}$ 、 $29.81 \pm 0.55 \text{ cm}$ 、 $26.70 \pm 0.67 \text{ cm}$ 、 $26.62 \pm 0.64 \text{ cm}$ 、 $21.47 \pm 0.58 \text{ cm}$ 。

在棉花苗期和无风条件下, 暴雨 ($F = 0.844$; $df = 3, 9$; $P = 0.5393$)、大雨 ($F = 1.003$; $df = 3, 9$; $P = 0.449$)、中雨 ($F = 0.845$; $df = 3, 9$; $P = 0.539$) 和小雨 ($F = 1.569$; $df = 3, 9$; $P = 0.228$) 分别对 6 种不同叶位的朱砂叶螨校正虫口减退率的影响均无显著差异。进一步表明, 在棉花苗期, 降水对棉花各叶片校正虫口减退率的影响与叶片位置无关。

2.4 降水对朱砂叶螨的转移干扰作用

2.4.1 释放点外部的转移干扰作用

与对照相比较,暴雨、大雨、中雨和小雨对朱砂叶螨由释放点叶片反面向叶片正面、叶柄和茎秆转移均存在干扰作用。随着降水量逐步增加,对叶片正面和叶柄转移的干扰作用逐步增强(表2)。

2.4.2 释放点内部的转移干扰作用

与对照相比较,大雨($G = 1.90$; $df = 15$; $P = 0.862$)、中雨($G = 4.33$; $df = 15$; $P = 0.503$)和小雨($G = 3.14$; $df = 15$; $P = 0.678$)分别对朱砂叶螨在6个释放点(叶片反面)之间转移干扰作用均不明显。但暴雨对朱砂叶螨在6个释放点(叶片反面)之间转移干扰作用极为明显($G = 20.01$; $df = 15$; $P = 0.001$)。与对照相比较,暴雨对朱砂叶螨转移干扰作用,在从顶部开始依次往下部计数,第1、2和3叶片的减少转移11.5%、5.4%、1%,第4、5和6叶片的增加转移5.2%、5.0%、7.8%(表3)。

表2 降水对朱砂叶螨向不同释放点(叶片反面)外的转移干扰作用

Table 2 Effect of simulated rainfall on interference transformation from release points (under side leaves) transfer to the other cotton structures for *Tetranychus cinnabarinus*

降雨级别 Rainfall grade	部位(%) Plant structures			
	叶片正面 Upper side leaves	叶柄 Petiole	茎秆 Stalk	合计 Total
小雨 Light rain	2.33	0.19	0.14	2.67
中雨 Moderate rain	0.22	0.03	0.00	0.25
大雨 Heavy rain	0.03	0.03	0.00	0.06
暴雨 Rainstorm	0.00	0.00	0.03	0.03
对照 CK	8.65	0.31	0.03	8.99

注:百分率(%) = 各试验处理后的每株的各部位螨量/处理前每株的释放总螨量(180头) × 100。Note: Percentage(%) = Mites amount in each cotton structures after treatment/ total mites amount in each cotton before treatment (180 mites) × 100.

表3 降水对朱砂叶螨在6个释放点之间的转移干扰作用(频次分布似然比检验)

Table 3 The interfering and transforming effect of stimulated rainfall on *Tetranychus cinnabarinus* among six release points (likelihood-ratio test)

	叶片位置(%) Leaf position						df	G	P
	1	2	3	4	5	6			
对照 CK	15.0	19.3	22.7	18.3	13.8	11.0			
理论/机率 Theory/ probability	0.15	0.19	0.23	0.18	0.14	0.11			
小雨 Light rain	18.4	24.4	19.6	15.9	12.0	9.7	15	3.14	0.678
中雨 Moderate rain	17.5	25.4	21.0	17.6	11.0	7.3	15	4.33	0.503
大雨 Heavy rain	16.9	20.0	22.0	15.8	16.9	8.5	15	1.90	0.862
暴雨 Rainstorm	26.5	24.7	23.7	13.1	8.8	3.2	15	20.01	0.001

注:百分率(%) = 各试验处理后的各叶片反面螨量/处理后每株叶片反面总螨量 × 100。Note: Percentage(%) = Mites amount on the back side of each leaf after treatment/ total mites amount in the back side leaf of each cotton plant after treatment × 100.

3 结论与讨论

雨水直接或间接地影响着昆虫(螨类)种群的发展动态。直接作用如冲刷、致死和躲避转移等,间接作用如对土壤、植物或对其天敌间接影响导致对昆虫(螨类)种群数量动态发生变化(张建萍等,2005;王冰等,2009)。

本研究结果表明,在室内模拟人工降水条件下,在棉花苗期,暴雨、大雨、中雨和小雨水均对降低朱砂叶螨的种群数量存在一定的作用。暴雨对朱砂叶螨种群数量的影响极显著高于大雨、中雨和小雨。暴雨的校正虫口减退率约为50%,分别是大雨、中雨和小雨1.5倍、1.3倍和1.4倍。这与裴艳芳(2013)在田间棉花研究结果类似。但是,降雨的作用有限,即使不考虑雨后部分朱

砂叶螨在转移回来, 假如雨前螨的基数较大, 仍要考虑进一步防治。结果还表明, 暴雨、大雨、中雨和小雨对棉花各叶片校正虫口减退率的影响均与叶片位置无关。在棉花苗期无风降雨条件下, 降雨对螨类防治效果数量抽样调查可以考虑不进行整株, 选取上、中、下各 1 片即可, 减轻调查工作量。

本研究将降水对朱砂叶螨的转移干扰作用分为由释放点向外部和释放点之间的两种类型, 结果表明, 随着降水量逐步增加, 降水量对朱砂叶螨数量由释放点向叶片正面和叶柄位置的转移的干扰作用逐步增强。在释放点之间, 大雨、中雨和小雨均对朱砂叶螨转移干扰作用均不明显, 但暴雨对朱砂叶螨转移干扰作用极为明显。在从顶部向下部来看, 第 1 至 3 叶片的转移逐渐减少, 第 4 至 6 叶片的转移逐渐增加。这个结果也印证了上述暴雨对朱砂叶螨种群数量的影响极显著高于大雨、中雨和小雨的结果。Mann 等 (1995) 研究模拟风雨的实验结果表明, 随着降雨持续时间的增加, 蚜虫从植物上逃离的比率随着增加。本文结果与 Mann 等的结果也是一致的。

朱砂叶螨转移扩散的方式主要为爬行扩散和吐丝垂飘。另外, 还可通过风力、昆虫、人畜及人类农事活动远距离传播 (洪晓月, 2012)。降水等级对朱砂叶螨的爬行扩散有影响, 降水等级越大, 可能越不利于朱砂叶螨的扩散, 这引起了朱砂叶螨在棉花叶片上的滞留。降水等级越大, 冲刷作用越明显, 部分朱砂叶螨被雨水直接冲掉; 朱砂叶螨喜欢在棉花叶片背面取食, 本身可能对雨水产生规避作用。本研究试验雨水冲刷的时间设置为 1 h, 有风和延长冲刷时间是否会对虫口减退率产生影响, 有待进一步研究。被雨水直接冲刷掉的朱砂叶螨是否死亡, 在雨水中存活时间 (一般 1–2 h, 最长达 10 h, 研究结果未发表) 和存活率有多长时间和多大比例未死亡的螨是否会转移回来等问题均有待进一步研究。

参考文献 (References)

- Hong XY. Agricultural Acarology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012, 190–193. [洪晓月. 农业螨类学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012, 190–193]
- Jiang HF. Agricultural Meteorology [M]. Beijing: Science Press, 2008, 16–17. [姜会飞. 农业气象学 [M]. 北京: 科学出版社, 2008, 16–17]
- Krantz GW, Walter DE. A Manual of Acarology (3rd ed) [M]. Lubbock, Texas, USA: Texas Tech University Press, 2009.
- LI XJ, Dong GP, Zhang YL, et al. effect of preservation time and simulated rainfall on egg hatch – ability of *Dastarcus helophoroides* in field [J]. *Forest Pest and Disease*, 2012, 31 (2): 33–35. [李晓娟, 董广平, 张彦龙, 等. 保存时间及模拟降雨对花绒寄甲卵野外孵化率的影响 [J]. 中国森林病虫, 2012, 31 (2): 33–35]
- Liu MS, Li YM, Li JX. Influence analysis of plain area rainfall on development and survival of *Micromelalopha troglodyta* pupae [J]. *Meteorological and Environmental Sciences*, 2012, S1: 55–57. [刘茂松, 李彦民, 李俊霞. 平原地区降雨量对杨小舟蛾蛹发育与存活的影响分析 [J]. 气象与环境科学, 2012, S1: 55–57]
- Ma XL, Diao YY, Wu ZL. Agricultural Meteorology [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1996, 69–70. [马秀玲, 刁瑛元, 吴忠玲. 农业气象 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996, 69–70]
- Mann JA, Iatchell GM, Dupuch MJ, et al. Movement of apterous *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) in response to leaf disturbances caused by wind and rain [J]. *Annals of Applied Biology*, 1995, 126: 417–427.
- Pei YF, Gui LY, Wang WK. Effect of low – lying land environment on abundance of cotton spider mites and total phenolic content of leaves and their relationship [J]. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2013, 5 (4): 430–435.
- Pei YF, Gui LY, Wang WK. Effect of transgenic Bt cotton on abundance of cotton spider mites and total phenolic content of leaves and their relationship [J]. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2012, 4 (6): 393–397.
- Pei YF, Huang XQ, Wang WK, et al. Distribution of cotton spider mites on host plants of the cotton field ridge in the winter and spring [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2012, 51 (13): 2723–2727. [裴艳芳, 黄秀琴, 王文凯, 等. 棉叶螨在冬春棉田田埂寄主植物上的分布 [J]. 湖北农业科学, 2012, 51 (13): 2723–2727]
- Pei YF, Huang XQ, Wang WK, et al. effect of cotton over paddy land on quantitative dynamics of cotton spider mites and total phenolic content of leaves and their relationship [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 753–758. [裴艳芳, 黄秀琴, 王文凯, 等. 稻改棉后对棉叶螨数量动态和棉总酚的影响及其相关性 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 753–758]
- Pei YF. System Evaluation to the Prevention and Non – Chemical Control Technology of Cotton Spider Mites [D]. Jingzhou: Yangtze University, 2013, 40–60. [裴艳芳. 棉叶螨非化学防控技术的系统评价 [D]. 荆州: 长江大学, 2013, 40–60]
- Tang QY, Feng MG. DPS Data Processing System for Practical Statistics [M]. Beijing: Science Press, 2002. [唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002]
- Wang B, Li KB, Yin J, et al. Rain and wind interfere with natural population development of *Macrosiphum avenae* (Fabricius) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (8): 4317–4324. [王冰, 李克

- 斌,尹姣,等. 风雨对麦长管蚜自然种群发展的干扰作用 [J]. 生态学报, 2009, 29 (8): 4317-4324]
- Wu QH. Study on the hibernation of *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Journal of Ecology*, 1990, 9 (6): 16-19. [吴千红. 朱砂叶螨越冬的研究 [J]. 生态学杂志, 1990, 9 (6): 16-19]
- Zhang JP, Wang JJ, Zhao ZM, *et al.* effects of simulated acid rain on physiological and biochemical characters of eggplant, the host plant of *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16 (3): 450-454. [张建萍, 王进军, 赵志模, 等. 模拟酸雨对朱砂叶螨寄主植物三月早茄生理生化的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (3): 450-454]
- Zhang YL, Gao QZ, Ding YG, *et al.* Analysis of time - spatial characteristics and evolutional trends of summer precipitation in the Yangtze River catchment [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2006, 22 (2): 161-168. [张永领, 高全洲, 丁裕国, 等. 长江流域夏季降水的时空特征及演变趋势分析 [J]. 热带气象学报, 2006, 22 (2): 161-168]
- Zhao ZM, Luo HY, Wang JJ. Effects and mechanisms of simulated acid rain on plant - mite interactions in agricultural systems I. Direct effects of simulated acid rain on carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Systematic and Applied Acarology*, 1999, 4: 83-89.