

多效唑、烯效唑和矮壮素对金钱树的矮化效应

姜英^{1,2}, 彭彦^{2,*}, 李志辉¹, 吴志华², 任世奇²

(¹中南林业科技大学林学院, 长沙 410004; ²国家林业局桉树研究开发中心, 广东湛江 524022)

摘要: 采用植物生长延缓剂多效唑 (PP333)、烯效唑 (S3307)、矮壮素 (CCC) 喷施和灌根的方法对 1~3 年生盆栽金钱树的矮化效应进行研究。结果表明: PP333 能明显使叶轴矮化, 小叶间距缩短, 叶柄基部变粗, 复叶相对生长速率降低; S3307 主要使叶柄基部变粗; CCC 药效表现不稳定, 对部分指标表现出了促进作用。不同年龄金钱树适宜的 PP333 浓度变化大, S3307 浓度变化小。喷施或灌根的矮化效果基本一致。药害在灌根处理上较同浓度喷叶处理更严重。综合考虑金钱树的生长及观赏价值, 对不同年龄金钱树应用植物生长延缓剂调控株形效果好的组合有: 1 年生苗用 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ S3307 喷叶处理; 2 年生苗用 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ S3307 灌根处理或 $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ PP333 灌根处理; 3 年生苗用 $1200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ PP333 喷叶处理。

关键词: 金钱树; 植物生长延缓剂; 矮化

中图分类号: S 687

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 05-0823-06

Effects of Paclobutrazol, Uniconazole and Chlorcholinchlorid on Dwarfing of *Zamioculcasz zamiifolia*

JIANG Ying^{1,2}, PENG Yan^{2,*}, LI Zhi-hui¹, WU Zhi-hua², and REN Shi-qi²

(¹Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; ²China Eucalypty Research Centre, Zhanjiang, Guangdong 524022, China)

Abstract: The effects of three plant growth retardants paclobutrazol (PP333), uniconazole (S3307) and chlorcholinchlorid (CCC) and two methods of application (foliar spray and root drench) were studied on *Zamioculcasz zamiifolia* plants of ages one, two and three years. PP333 and S3307 both significantly inhibited growth and their effects increased as the concentration applied increased. However, CCC did not significantly inhibit growth. PP333 reduced the average total length of leaf stalks, minimized the length petiolules (i.e. the stalk between leaflets); shortened and thickened the petioles and also reduced the comparative growth speed of compound leaves. The optimal concentration of PP333 at different ages of *Z. zamiifolia* varied with individual plant biomass. In contrast, the main effects of S3307 were on shortening and thickening petioles. Overall, the best control growth control of one-year-old *Z. zamiifolia* plants was obtained with $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of S3307 applied as a foliar spray; of two-year-old plants with $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of S3307 or $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of PP333 applied as root drench; and of three-year-old plants with $1200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of PP333 applied as foliar spray.

Key words: *Zamioculcasz zamiifolia*; plant growth retardant; dwarfing

收稿日期: 2009-12-17; 修回日期: 2010-03-26

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目 (2006BAD07B08)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: pengyan50@hotmail.com)

金钱树 (*Zamioculcasz zamiifolia*) 属天南星科雪芋属, 原产非洲, 具羽状复叶和地下块状茎 (Chen et al., 2002; 钱仁卷 等, 2006)。金钱树复叶生长大多叶轴细长, 易倒伏, 小叶间距大, 株形松散, 严重影响其观赏价值。如何对其生长进行调控以培育高品质金钱树 (复叶叶轴短壮, 小叶间距小, 株形紧凑) 是亟待解决的问题。应用植物生长延缓剂调控观赏植物的株形的相关研究较多, 如罗栋等 (2008) 用多效唑 PP333 (paclobutrazol)、烯效唑 S3307 (uniconazole)、矮壮素 CCC (chlorcholinchlorid) 对地涌金莲进行浸种, 毛龙生等 (1991) 将 PP333 和 CCC 应用于一串红, 汪良驹等 (1990) 用 PP333 处理水仙以及吕长平和陈海霞 (2003) 对花叶美人蕉叶面喷洒 PP333, 都取得明显的抑制效果。但在金钱树栽培管理中应用植物生长延缓剂的研究还鲜有报道。

本试验中选择了常用的 3 种植物生长延缓剂 (PP333、S3307 和 CCC), 采用喷叶和灌根两种方式, 研究其对 1 ~ 3 年生金钱树生长抑制效果, 筛选出了适宜的植物生长延缓剂的种类、浓度以及施用方式, 为培育较高综合观赏价值的盆栽金钱树提供理论依据和技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试 材

试验于 2009 年 3—9 月在温室内进行。试验材料为广东湛江南方国家级种苗示范基地培育的 1 ~ 3 年生金钱树盆苗, 其中 1 年生金钱树盆苗直径约为 200 mm, 2、3 年生金钱树盆苗直径约为 330 mm。

植物生长延缓剂为上海升联化工有限公司产的 15% 可湿性粉剂多效唑 (PP333)、盐城利民农化有限公司产 5% 可湿性粉剂烯效唑 (S3307) 和安阳市全丰农药化工有限责任公司产 80% 可湿性粉剂矮壮素 (CCC)。

1.2 试 验 方 法

设 4 个因子 (其中 3 因子 3 水平, 1 因子 2 水平)。年龄 (A): 1 年生、2 年生、3 年生; 药剂种类 (B): PP333、S3307、CCC; 药剂浓度 (C): 每种药剂分别设置 3 个浓度梯度 (PP333: 300、600、1 200 mg · L⁻¹; S3307: 100、200、300 mg · L⁻¹; CCC: 400、800、1 200 mg · L⁻¹); 施药方式 (D): 喷叶、灌根。喷施用量以全部叶片表面湿润为原则, 灌根用量以栽培基质湿透而不流失为原则, 1 年生盆苗用量为每盆 300 mL, 2、3 年生盆苗为每盆 500 mL。采用 Desigen-Expert (7.0) 软件中 D-optimal 因子优化设计后, 自动优化为 26 个处理, 另设 1、2、3 年生空白对照 (CK), 共 29 个处理 (表 1)。每处理 10 盆, 3 次重复, 共 870 盆。各处理随机排列在温室内, 温室温度 18 ~ 32 °C, 相对湿度 50% ~ 95%。基质总孔隙度 87.2%, 持水孔隙度 65.7%, 通气孔隙度 19.8%, 大小孔隙比 1:0.3, pH 5.7, EC 1.0。苗木水肥管理按金钱树正常生产规程执行。3 月 10 日与 3 月 25 日分别对金钱树进行 2 次施药处理。

1.3 测 定 项 目 和 方 法

跟踪调查施药后新生长的复叶: 于 4 月 10 日、5 月 6 日和 6 月 23 日分别选定新抽生的复叶, 编号后, 每周 1 次测定其高度至新复叶完全成熟 (约需 80 d), 后测量其小叶数、叶轴长、叶柄粗、叶部长 (形态学上端第 1 片小叶至最下端 1 片小叶之间的叶轴长)、基部长 (形态学最下端 1 片小叶到叶柄基部的叶轴长)。

小叶间距 (cm) = 叶部长/小叶数;

基长比 = 基部长/叶轴长;

长宽比 = 叶轴长/叶柄粗;

日均生长量 ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$) = (后次株高 - 前 1 次株高) / 处理天数;

相对生长率 = 处理日均生长量/对照日均生长量。

药害: 延缓剂药害主要是分析金钱树叶的异常变化(以对照为参考标准)。试验将药害程度分为 3 级: 1 级, 变异叶为正常叶 2 倍大的枝数在 5 枝及以下; 2 级, 变异叶枝数在 6~10 枝; 3 级, 变异叶在 10 枝以上。

药效综合评分(Y)方法: 将各处理的小叶间距、基长比、长宽比分别与对照相比, 换得相应的比率值; 分别给予小叶间距比率值(X_1)、长宽比比率值(X_2)、基长比比率值(X_3)、相对生长速率(X_4)、药害等级(X_5)适合的权重分为 0.3, 0.3, 0.3, 0.1, 0.3, 计算抑制效果分 $Q = (0.3 \times X_1 + 0.3 \times X_2 + 0.3 \times X_3 + 0.1 \times X_4)$; 计算药效综合评分 $Y = Q - 0.3 \times X_5$ 。

1.4 统计分析

采用 Excel 进行数据初步整理, 在 Design-Expert 软件中进行回归建模及各组合间的比较分析。

2 结果与分析

2.1 植物生长延缓剂对小叶间距的影响

由表 1 可见, 植物生长延缓剂对金钱树小叶间距的影响明显, 对于 1 年生和 3 年生金钱树仅 PP333 对小叶间距产生抑制作用, 小叶间距排序为 $\text{CCC} > \text{S3307} > \text{CK} > \text{PP333}$; 对于 2 年生金钱树 S3307 和 PP333 对小叶间距均有抑制作用, 小叶间距排序为 $\text{CCC} > \text{CK} > \text{S3307} > \text{PP333}$ 。同年龄金钱树与对照相比抑制效果最明显的有 3 种处理, 分别是 24 号处理(1 年生 PP333 $1\ 200\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 喷叶)、7 号处理(1 年生 PP333 $600\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 灌根)和 12 号处理(1 年生 PP333 $600\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 喷叶), 小叶间距分别为对照的 72.06%、72.42%、77.67%。对于 2、3 年生小叶间距抑制最明显的有 5 号处理(PP333 $1\ 200\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 喷叶)和 3 号处理(PP333 $1\ 200\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 灌根)。由此可见, 随着年龄的增加, 植物生长延缓剂对小叶间距的抑制效果减弱。

2.2 植物生长延缓剂对基长比的影响

延缓剂 PP333 和 S3307 在采用喷叶和灌根方式都对 1 年生和 3 年生金钱树的基长比有抑制效果, 其中 PP333 ($1\ 200\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 最好, S3307 ($100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 最差; 而 CCC 的 3 个浓度不但没有抑制效果, 反而有促进基长比增大的趋势。对 2 年生金钱树, 所有处理都有抑制作用, 抑制效果最好的 3 个处理分别是 PP333 ($1\ 200\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), PP333 ($600\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 和 S3307 ($300\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)。

灌根处理的基长比小于同药剂同浓度的喷叶方式。3 种延缓剂高浓度处理对基长比的抑制大于低浓度处理(表 1)。

2.3 植物生长延缓剂对叶轴长宽比的影响

3 种植物生长延缓剂各浓度处理的金钱树叶轴长宽比平均值从大到小排序均为: $\text{CCC} > \text{S3307} > \text{PP333}$ 。PP333 和 S3307 处理对供试的 3 个年龄阶段的金钱树长宽比的抑制作用明显, 其中 PP333 两种施用方式下的 1~3 年生金钱树长宽比的平均值分别为对照的 61.14%、62.43%、66.25%; S3307 两种施用方式下的 1~3 年生金钱树长宽比的平均值则为对照的 85.74%、83.54%、88.67%。CCC 两种施用方式下的 1~3 年生金钱树长宽比均无抑制效果, 平均值为对照的 114.70%、107.88%、100.51% (表 1)。

喷叶方式抑制效果最明显的前 3 个处理为 24 号处理 (1 年生 PP333 1 200 mg · L⁻¹)、5 号处理 (2 年生 PP333 1 200 mg · L⁻¹) 和 12 号处理 (1 年生 PP333 600 mg · L⁻¹), 分别为对照的 56.13%、57.93%、65.19%。灌根方式抑制效果最好的前 3 个处理为 3 号处理 (3 年生 PP333 1 200 mg · L⁻¹)、21 号处理 (2 年生 PP333 1 200 mg · L⁻¹) 和 7 号处理 (1 年生 PP333 600 mg · L⁻¹), 分别为对照的 58.43%、60.87%、62.10%。喷叶与灌根对长宽比的抑制效果差异不显著。

表 1 植物生长延缓剂对金钱树的矮化效应

Table 1 Effects of plant growth retardants on dwarfing of *Zamioculcasz zamiifolia*

试号 No.	年龄/a Age	药剂 Pesticide	浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration	方式 Treat- ment	小叶间距 Lth. of rachis/ No. of leaves	基长比 Lth. of rachis under leaves/ whole Lth.	长宽比 Length/ Diameter	相对生长速率 Relative growth rate	综合 评分 Y
2	1	S3307	200	1	1.730	0.286	29.53	0.855	B
7	1	PP333	600	2	1.213	0.271	19.89	0.641	C
9	1	CCC	800	1	1.804	0.370	34.67	1.061	C
12	1	PP333	600	1	1.301	0.279	20.88	0.510	C
18	1	CCC	400	2	1.575	0.370	38.81	1.268	C
19	1	S3307	100	2	1.779	0.284	28.65	1.042	B
22	1	S3307	300	1	1.556	0.279	24.21	0.925	A
24	1	PP333	1 200	1	1.207	0.273	17.98	0.510	C
CK	1				1.675	0.339	32.03	1.000	
1	2	CCC	400	1	2.105	0.352	38.74	0.989	C
5	2	PP333	1 200	1	1.759	0.263	20.92	0.753	C
6	2	S3307	200	1	2.115	0.281	32.21	1.111	B
13	2	CCC	400	2	2.144	0.345	41.63	1.052	C
16	2	CCC	800	2	2.294	0.337	36.50	1.108	C
20	2	PP333	600	2	1.883	0.261	24.73	1.030	A
21	2	PP333	1 200	2	1.789	0.256	21.98	0.529	C
23	2	S3307	300	2	2.064	0.268	27.95	0.811	A
26	2	S3307	100	1	2.160	0.289	30.34	1.103	B
CK	2				2.183	0.368	36.11	1.000	
3	3	PP333	1 200	2	2.013	0.237	21.14	0.484	B
4	3	CCC	1 200	1	2.676	0.368	37.27	1.193	C
8	3	S3307	100	1	2.396	0.313	33.74	0.819	B
10	3	PP333	1 200	1	2.066	0.245	24.50	0.708	A
11	3	PP333	300	1	2.358	0.258	26.27	0.809	B
14	3	CCC	400	2	2.356	0.373	36.72	1.148	C
15	3	S3307	200	2	2.391	0.297	32.10	0.788	B
17	3	S3307	300	1	2.177	0.300	30.29	0.760	B
25	3	CCC	800	1	2.550	0.373	35.10	0.902	C
CK	3				2.245	0.353	36.18	1.000	

注: 表中“方式”一列的数字 1 表示喷叶, 2 表示灌根。

Note: In the variety of treatment 1 indicate spraying and 2 indicate pouring in the table.

2.4 植物生长延缓剂对相对生长速率的影响

由表 1 可知, 3 种延缓剂中, PP333 对 1~3 年生金钱树相对生长速率的抑制作用高于其余两种延缓剂。抑制效果最明显的处理为 1 200 mg · L⁻¹ PP333。S3307 的 3 个浓度处理的相对生长速率的

平均值均高于PP333的3个浓度处理的平均值。低浓度S3307和CCC未对金钱树的相对生长速率起到抑制作用,高浓度CCC反而有促进作用。灌根对金钱树相对生长速率抑制效果稍好于喷叶。

2.5 药害

29个处理中出现药害的仅有6个,其中药害最严重(3级药害)的有24号处理($1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对1年生金钱树喷叶)、21号处理($1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对2年生金钱树灌根)和7号处理($600\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对1年生金钱树灌根);药害达到2级为12号处理($600\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对1年生金钱树喷叶)和5号处理($1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对2年生金钱树喷叶);药害较轻(1级药害)的为3号处理($1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对3年生金钱树灌根)。可见,试验中PP333的高浓度处理对各年龄的金钱树均能产生药害,而另外2种延缓剂使用的浓度均未对金钱树产生药害。另外,同浓度的灌根方式比喷叶方式更容易表现出药害。

2.6 综合评价

在金钱树的培育管理过程中,评价延缓剂施用效果不能单纯以对金钱树的抑制强度为标准,如抑制过轻没有达到株形紧凑的目的,抑制过重则小叶会产生异常变化,达不到美观的要求,另外还要考虑药害问题,因此需要多指标综合评价。本研究中对基长比、长宽比、叶间距、相对生长速率以及药害5个指标的变化情况给予综合评分,筛选出符合实际需要的处理组合。研究结果显示,获得A级的有10号处理($1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对3年生金钱树喷叶),20号处理($600\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP333对2年生金钱树灌根),22号处理($300\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ S3307对1年生金钱树喷叶)和23号处理($300\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ S3307对2年生金钱树灌根),这些处理抑制效果明显,且无药害;11、17、3、26、6、2、15、19和8号处理稍有抑制或抑制稍过,有轻微的药害;其他处理抑制不明显或抑制过度。

3 讨论

本研究中3种植物生长延缓剂对各供试年龄金钱树影响各不相同。PP333对小叶间距、基长比、长宽比、相对生长速率均有明显的抑制效果,对不同年龄阶段的适宜调控浓度差异较大:对3年生金钱树适合的浓度为 $1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,而对2年生合适浓度为 $600\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。药害主要出现在PP333高浓度处理,且同种浓度的灌根方式比喷叶方式更容易表现出药害。S3307对基长比、长宽比的抑制效果比对长宽比和相对生长速率的影响更明显,对不同年龄金钱树进行株型调控适合的浓度范围变化不大。CCC对金钱树未表现出明显的抑制效果,原因可能是金钱树是典型的热带植物,蜡质层厚,PP333、S3307为脂溶性抑制剂,能很快通过蜡质层(黄广学和王月英,2005),而CCC是水溶性抑制剂,进入蜡质层的速度缓慢,所以对金钱树不易产生药效。此外,PP333与S3307还较易通过植物的茎秆及根系进入植物体内(Wang & Gregg, 1990; 黄广学和王月英,2005)。

植物生长延缓剂对植物的作用受多种因素制约。施用时期、施用技术、环境因子(温度、湿度、基质理化性质)、苗木水肥管理等对施用效果都能产生很明显的影 响。植物生长延缓剂除了调节营养生长,还可提高抗逆性(黄卫东,1988;应武等,2002),同时对提高植物细胞中糖(夏宁,2001)、蛋白质含量,对植物的抗旱能力(卢少云等,2003)、抗寒能力(聂磊和谢剑波,2003;吴晓玲等,2005)均具有一定的作用。金钱树生长一个最大的弱点就是低于 $10\ ^\circ\text{C}$ 生长缓慢,低于 $5\ ^\circ\text{C}$ 就会产生冻害,因此,探索植物生长延缓剂对金钱树抗寒性方面的影响,有待进一步研究。

References

- Chen J, Henny R J, McConnell D B. 2002. Development of new foliage plant cultivars//Jani C K J, Whipkey A. Trends in new crops and new uses. Alexandria VA ASHS Press: 6: 446 - 452.
- Huang Guang-xue, Wang Yue-ying. 2005. Attentions about application of regulator for growth of plants. *China Flowers & Horticulture*, 16 (8): 55 - 57. (in Chinese)
- 黄广学, 王月英. 2005. 常见生长调节剂使用及注意事项. *中国花卉园艺*, 16 (8): 55 - 57.
- Huang Wei-dong. 1988. PP333—A new plant growth retardants. *Acta Horticulturae Sinica*, 15 (1): 27 - 32. (in Chinese)
- 黄卫东. 1988. PP333——一种新的植物生长延缓剂. *园艺学报*, 15 (1): 27 - 32.
- Lu Shao-yun, Chen Si-man, Chen Si-ping. 2003. Effects of ABA, paclobutrazol and uniconazole on the drought resistance of bermudagrass. *Pratacultural Science*, 20 (6): 100 - 104. (in Chinese)
- 卢少云, 陈斯曼, 陈斯平. 2003. ABA、多效唑和烯效唑提高狗牙根抗旱性的效应. *草业学报*, 20 (6): 100 - 104.
- Luo Dong, Wang Yan, Liu Xiu-xian, Li Zheng-hong, Tian Jie, Wan You-ming. 2008. Study on dwarf effects of seed soaking with plant growth retardants on *Musella lasiocarpa*. *Forest Reserch*, 21 (6): 847 - 851. (in Chinese)
- 罗 栋, 王 雁, 刘秀贤, 李正红, 田 杰, 万友名. 2008. 植物生长延缓剂浸种对地涌金莲的矮化效应. *林业科学研究*, 21 (6): 847 - 851.
- Lü Chang-ping, Chen Hai-xia. 2003. Effects of paclobutrazol on basin-cultured canna generalis' reduction. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 29 (2): 129 - 130. (in Chinese)
- 吕长平, 陈海霞. 2003. 多效唑对盆栽花叶美人蕉的矮化效果. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 29 (2): 129 - 130.
- Mao Long-sheng, Gao Yong, Yao Ya-ying, Qian Yao, Tang Yin-lan. 1991. The effects of PP333, B9 and CCC on salvia. *Acta Horticulturae Sinica*, 18 (2): 177 - 179. (in Chinese)
- 毛龙生, 高 勇, 姚亚英, 钱 遥, 唐吟岚. 1991. PP333、B9、CCC 对盆栽一串红矮化效应研究. *园艺学报*, 18 (2): 177 - 179.
- Nie Lei, Xie Jian-bo. 2003. Improve cold-resistance of *Zoysia tenuifolia* in winter by plant growth retardants. *Pratacultural Science*, 20 (3): 63 - 65. (in Chinese)
- 聂 磊, 谢剑波. 2003. 植物生长延缓剂提高结缕草冬季抗寒性的初步研究. *草业科学*, 20 (3): 63 - 65.
- Qian Ren-juan, Wang Bi-qing, Liao Fei-xiong. 2006. Research review on *Zamioculcasz zamiifolia*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22 (4): 317 - 320. (in Chinese)
- 钱仁卷, 王碧青, 廖飞雄. 2006. 金钱树及其研究进展. *中国农学通报*, 22 (4): 317 - 320.
- Wang Liang-jū, Sun Wen-quan, Li You-sheng. 1990. A preliminary study on dwarfing effect of paclobutrazol on *Narcissus* plants and its possible mechanism. *Acta Horticulturae Sinica*, 17 (4): 15 - 18. (in Chinese)
- 汪良驹, 孙文全, 李友生. 1990. PP333 对水仙花的矮化效应及其生理机制初探. *园艺学报*, 17 (4): 15 - 18.
- Wang Yin-tung, Gregg Lori L. 1990. Uniconazole controls growth and yield of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae*, 43 (1 - 2): 55 - 62.
- Wu Xiao-ling, Shao Sheng-rong, Yao Ai-xing. 2005. The effect of plant growth retardants and mowing on hot resistance and cold resistance of perennial ryegrass. *Pratacultural Science*, 22 (7): 83 - 85. (in Chinese)
- 吴晓玲, 邵生荣, 姚爱兴. 2005. 植物生长延缓剂和修剪对多年生黑麦草抗寒性和抗热性的影响. *草业科学*, 22 (7): 83 - 85.
- Xia Ning. 2001. Effects of paclobutrazol on carbohydrase in leaves of tall fescue Interaction of legumes and grasses grown in a mixture. *Pratacultural Science*, 18 (6): 67 - 71. (in Chinese)
- 夏 宁. 2001. 多效唑对高羊茅叶片糖酶活性的影响. *草业科学*, 18 (6): 67 - 71.
- Ying Wu, Chen Jin-xin, Zhang Guo-ping. 2002. Study on the effect of plant growth regulators to improve heat tolerance of cool season turfgrass. *Pratacultural Science*, 19 (9): 55 - 57. (in Chinese)
- 应 武, 陈锦新, 张国平. 2002. 植物生长延缓剂对提高冷季型草坪草抗热性的研究. *草业科学*, 19 (9): 55 - 57.