

## 土施多效唑对高羊茅生长的效应

刘果<sup>1</sup> 李绍才<sup>1,2,\*</sup> 杨志荣<sup>1</sup>

<sup>1</sup>四川大学生命科学学院, 成都 610064; <sup>2</sup>四川省励自生态技术有限公司, 成都 610031

**摘要** 土施条件下, 多效唑用量与高羊茅生长速率存在显著的二次函数关系, 其矮化效应随着多效唑用量的增大而增大, 剂量超过  $0.65 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  时效应减弱; 植株地上部生物量和生长速率有类似关系, 剂量超过  $0.8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  时效应不显著, 但地下部生物量随多效唑供给量增加而递减。多效唑低于  $0.35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  的高羊茅叶色深绿, 超过此剂量叶片即枯黄, 且随着剂量增大而更加严重。高羊茅叶片总含水量随着多效唑用量增大而减小, 但在干旱胁迫条件下, 叶中总含水量随着多效唑用量增大而增大; 束缚水含量也有上升。高羊茅在严重干旱后的生长恢复能力随着多效唑用量增大而增大, 超过  $0.95 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  时即下降。

**关键词** 多效唑; 高羊茅; 生长; 叶色; 水分含量

## Effects of PP<sub>333</sub> Soil Application on Growth of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)

LIU Guo<sup>1</sup>, LI Shao-Cai<sup>1,2,\*</sup>, YANG Zhi-Rong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China; <sup>2</sup>Sichuan Lizi Bioenvironmental Engineering Limited Company, Chengdu 610031, China

**Abstract** The growth rate of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) reduced with increasing of PP<sub>333</sub> application in soil, but when application dose exceeded  $0.65 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , the effect weakened. The biomass of above ground part reduced with increasing of PP<sub>333</sub> application dose, when application dose exceeded  $0.8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , the effect declined; the root biomass also reduced. Drought resistance of tall fescue increased with increasing of PP<sub>333</sub> application dose and reduced as PP<sub>333</sub> application dose exceeded  $0.80\text{--}0.95 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ . Low dose ( $0.35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) of PP<sub>333</sub> made leaf color green, but over  $0.35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  the leaf color became yellow.

**Key words** PP<sub>333</sub>; tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.); growth; color of foliage; water content

多效唑(PP<sub>333</sub>)是一种赤霉素生物合成抑制剂, 通过阻断内源贝壳杉烯合成酶的合成而诱导植物矮化, 具有高效的植物生长调节作用以及广谱性杀真菌效果(张远海1988; Sankhal等1985)。自1980年代在我国推广以来, 已广泛应用于防治病菌、抑制果树抽枝、促进发芽、减少修剪、增加分蘖、抗倒伏、增强植物抗逆性以及绿地草坪的矮化等诸多方面(贾洪涛等2003)。多效唑在矮化草坪、减小蒸腾量、提高草坪草抗逆性中效应显著。但报道的多效唑施用量差异较大(杨志民等2002; 杨烈等2000; 王漫琳等2000), 多效唑用量与调控效果之间的数量关系报道较少, 也很少提及多效唑对植物引起的药害。高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.)和早熟禾等草坪植物个体较小, 对多效唑供给量敏感, 施用量过大会引起生长受抑制过度, 对植株产生毒害(赵成章等1994)。我们曾观察到, 滥施多效唑会导致草坪植物生长

停滞, 叶色枯黄甚至死亡, 所以, 研究多效唑对草坪植物生长的效应有现实意义。为此, 本文考察了土施多效唑对草坪草代表植物高羊茅生长、叶色、水分含量和旱后恢复能力的效应, 以期能为用于绿地养护和植被护坡工程的多效唑优化供给模式提供参考。

### 材料与方 法

试验在成都西北 50 km 的生态试验基地进行(东经  $106.2^\circ$ , 北纬  $29.5^\circ$ , 海拔 497 m), 该地区属亚热带湿润季风气候区, 年平均气温为  $16.2^\circ\text{C}$ , 年极端最高气温为  $37.3^\circ\text{C}$ , 年极端最低气温为  $-5.9^\circ\text{C}$ , 年总日照时数为 1148.9 h。采用温室盆

收稿 2005-11-09 修定 2006-06-27

资助 国家重点基础研究发展规划(2003CB415100)。

\* 通讯作者(E-mail: lizist@vip.sina.com, Tel: 028-87669739)。

栽, 盆口直径 30 cm, 高 40 cm, 内装 15 kg 取自当地农田的土壤(有机质 89 g·kg<sup>-2</sup>, 全氮 8 g·kg<sup>-2</sup>, 有效磷 3.5 g·kg<sup>-2</sup>, 硝态氮 22 g·kg<sup>-2</sup>, 铵态氮 7.54 g·kg<sup>-2</sup>, 含水量 25%)。供试草种为高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.) 品种‘热浪’, 于 2004 年 4 月播种, 播种密度 33 g·m<sup>-2</sup>, 早晚浇水, 以称重法控制基质中含水量在 25% 左右, 苗期结束后每处理约 400 株。多效唑(97.5%)由四川省农业科学院提供。

苗龄 40 d 时, 统一修剪至 6 cm 高, 土施多效唑。定点施用, 用小型土钻在基质表面钻取 4 个均匀分布的孔, 深 2 cm, 将配制好的多效唑溶液灌入孔中, 再以适量泥土覆盖。以施清水为对照, 多效唑用量设 10 个水平(以多效唑纯品计, 用量有: 0.05、0.20、0.35、0.50、0.65、0.80、0.95、1.10、1.25、1.40 g·m<sup>-2</sup>), 重复 6 次。

每处理取苗 10 株测定株高, 每 3 d 进行 1 次, 共 60 d, 计算每 10 d 内的平均增长量。用 9 级评分制(任继周 1998)对叶色进行评分: 深绿色为 9 分, 青绿色为 8 分, 部分叶尖出现枯黄为 7 分, 所有叶尖出现枯黄且枯黄的部分(按长度计)低于 10% 为 6 分, 叶尖枯黄的部分超过 10% 为 5 分, 叶尖枯黄的部分超过 20% 为 4 分, 叶尖枯黄的部分超过 30% 为 3 分, 叶尖枯黄的部分超过 40% 为 2 分, 叶尖枯黄的部分超过 50% 为 1 分。试验期间, 基质含水量维持在 25% 左右。整个处理分为 2 组: 一组用于统计植株地上部和地下部生物量; 一组进行干旱胁迫试验, 停止供水连续干旱, 于 0 和 7 d 测定叶片(取第三叶)总含水量和束缚水含量, 30 d 时统计每处理地上部分完全死亡植株的比率(以茎基部完全枯黄失水为准), 连续干旱 60 d 后剪去植株地上部分, 恢复正常供水, 测定每个处理在 15 d 内芽的萌发数。

## 结果与讨论

### 1 多效唑对高羊茅株高增长速率的影响

从图 1 可以看到, 高羊茅株高增长速率与多效唑供给量之间存在显著的二次函数关系。施用 0.05 g·m<sup>-2</sup> 多效唑效果不显著( $P>0.05$ ); 随着多效唑用量的增加, 高羊茅的生长受抑逐渐增大, 施用 0.65 g·m<sup>-2</sup> 多效唑的株高增长速率为不施用的

34.7%; 施用量在 0.65~1.40 g·m<sup>-2</sup> 范围内, 植株高度增长速率差异不显著( $P>0.05$ ), 说明多效唑超过 0.65 g·m<sup>-2</sup> 对高羊茅生长无更强的抑制作用。可见, 高羊茅对多效唑的吸收和响应的临界范围是 0.10~0.65 g·m<sup>-2</sup>。

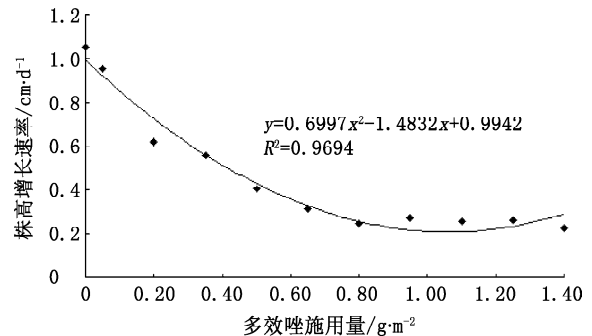


图1 多效唑对高羊茅株高增长速率的影响

Fig. 1 Effect of PP<sub>333</sub> on height increment rapidity of tall fescue

### 2 多效唑对高羊茅干物质积累的影响

多效唑施用 60 d 后分别测定地上部和地下部生物量(干重)的结果(图 2)表明, 高羊茅地上部生物量显著下降, 呈现与株高类似的二次函数关系: 地上部生物量随着施用量增大而减小, 施用量超过 0.65 g·m<sup>-2</sup> 时, 地上部生物量变化趋于平缓。

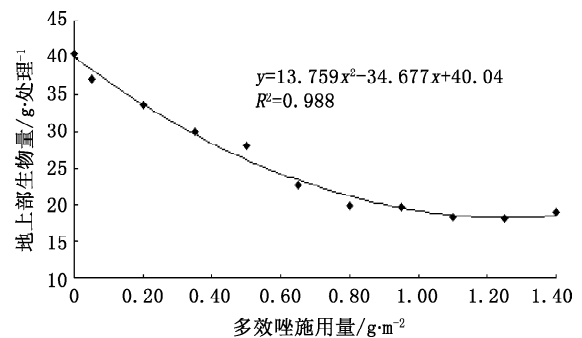


图2 多效唑对高羊茅地上部生物量的影响

Fig. 2 Effect of PP<sub>333</sub> on the biomass of above ground part of tall fescue  
施用后 60 d 测定。

多效唑影响植物根系生长的结论有不同的看法(霍成君等 2000; 张睿等 1995; 夏宁 2001)。本文中, 多效唑显著抑制高羊茅地下部生物量积累, 其随施用量增大而呈递减趋势, 其与地上部

生物量变化规律不同之处在于: 多效唑施用量与地下部生物量成线性关系, 不存在拐点(图3), 说明 $1.40 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 的多效唑对高羊茅根系生长的抑制效应可能还未达到最大, 高羊茅地下部生长对多效唑的响应范围可能比地上部分更大。

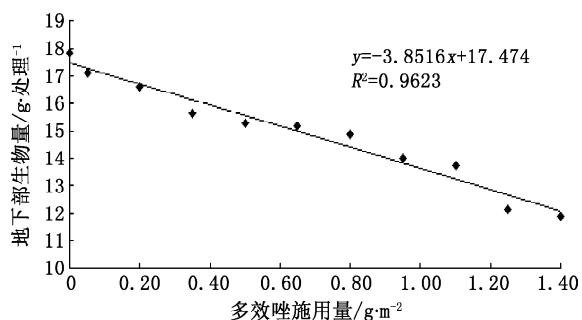


图3 多效唑对高羊茅地下部生物量的影响

Fig. 3 Effect of  $\text{PP}_{333}$  on root biomass of tall fescue

施用不同量多效唑的高羊茅根冠比呈现先增后降的趋势(图4), 在施用量为 $0.80 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时达到最大值(0.75),  $1.40 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时下降到0.63。

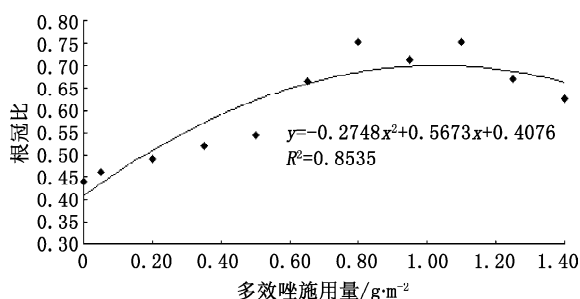


图4 多效唑对高羊茅根冠比的影响

Fig. 4 Effect of  $\text{PP}_{333}$  on root/shoot ratio of tall fescue  
施用后 60 d 测定。

### 3 多效唑对高羊茅叶色的影响

多效唑作用下, 高羊茅叶绿素含量增加, 叶色变得墨绿(王锁民等1994), 但多效唑过量会导致高羊茅叶尖枯黄和叶片衰老加快(霍成君等1999; 张远兵等2003), 严重时还会造成整个植株枯萎, 在草坪上会出现成片枯草斑。图5显示, 施用 $0.05\sim 0.35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 多效唑时, 叶片色泽加深; 施用量达到 $0.50 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 部分叶尖即出现微弱枯黄; 施用量为 $0.65 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 除少数新叶外, 全部叶

尖都枯黄, 枯黄程度随着施用量继续增加而增强; 施用量为 $0.80 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 枯黄的部分占整个叶片的20%以上, 而叶基部保持深绿; 施用量超过 $0.80 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 叶片枯黄程度略有增加, 但变化不明显。

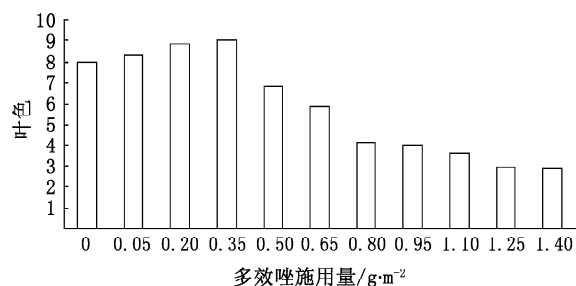


图5 多效唑对高羊茅叶色的影响

Fig. 5 Effect of  $\text{PP}_{333}$  on leaf color of tall fescue  
施用后 60 d 测定。

### 4 多效唑对高羊茅水分含量的影响

图6表明, 正常水分条件下, 高羊茅叶片总含水量与多效唑施用量呈负相关, 这与许鸿源等(1995)的结果一致。在干旱胁迫7 d后, 未施用多效唑的高羊茅叶片总含水量下降40.87%, 而 $1.40 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 多效唑处理的仅下降5.57%, 说明多效唑能极大地增强高羊茅在干旱条件下的保水能力。

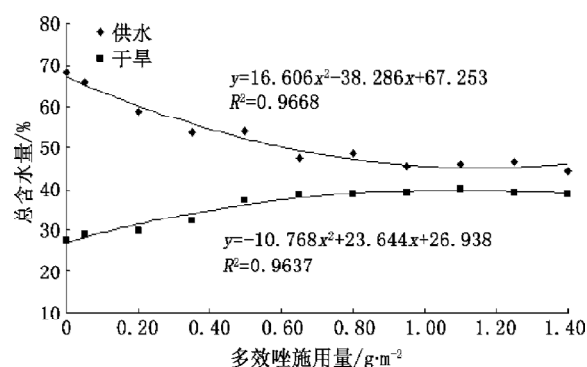


图6 多效唑对高羊茅叶片总含水量的影响

Fig. 6 Effect of  $\text{PP}_{333}$  on total water content of tall fescue leaves

束缚水常被用作为评价植物抗旱能力的指标之一。图7表明, 多效唑施用量与高羊茅叶片的束缚水含量呈显著的二次函数关系。在干旱条件下, 施用多效唑的高羊茅叶片总含水量和束缚水

含量均有提高,说明多效唑不仅能提高束缚水含量以增强植株的抗旱能力,又能维持较高的自由水含量(图8)来保证代谢水平。

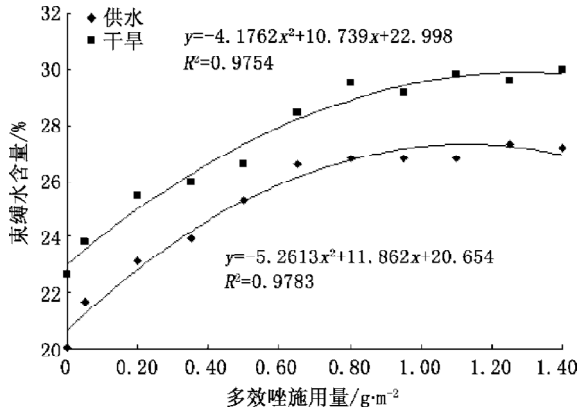


图7 多效唑对高羊茅叶片束缚水含量的影响

Fig. 7 Effect of PP<sub>333</sub> on bound water content of tall fescue leaves

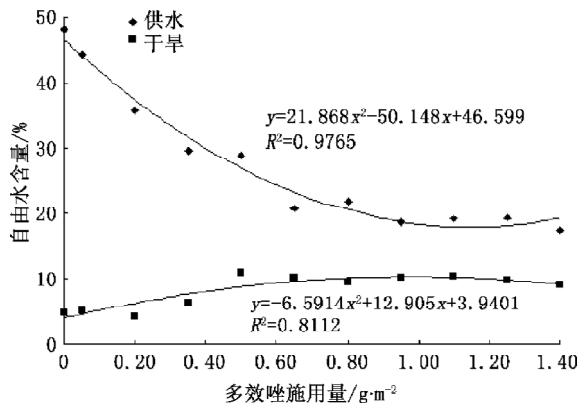


图8 多效唑对高羊茅叶片自由水含量的影响

Fig. 8 Effect of PP<sub>333</sub> on free water content of tall fescue leaves

## 5 多效唑对干旱胁迫后高羊茅再生能力的影响

经过7~8月60 d的持续高温干旱后,各处理植株地上部分已基本上枯黄。剪去地上部分,恢复正常供水后的情况各不相同(图9):施用多效唑的高羊茅植株再生能力较强,且随着多效唑施用量的增加而递增,以施用0.95 g·m<sup>-2</sup>多效唑的植株芽的萌发数最高(每处理为137株);但多效唑施用量过高的芽萌发数减少,这可能是由于施用过量多效唑后的植株根系活力降低,从而影响了地上

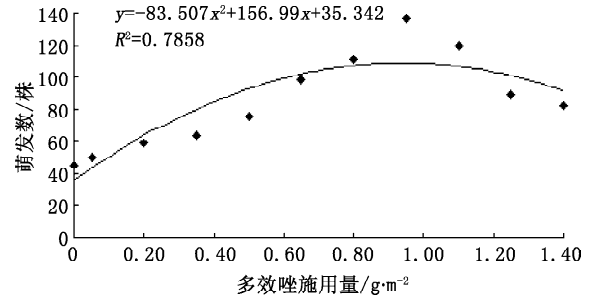


图9 干旱胁迫后恢复供水对萌芽的影响

Fig. 9 Effect of water re-supplying on sprouting after drought stress

部的再生能力。

另外,试验结束后12个月(2005年7月)观察到芽萌发的植株高度仅在10~15 cm,生长十分缓慢,说明多效唑对高羊茅的抑制期长达1年。

## 参考文献

- 霍成君, 韩建国, 蔡卫国, 张宏海(1999). 植物生长调节剂对高羊茅草坪质量的影响. 中国草地, 6: 46~51
- 霍成君, 韩建国, 毛培胜, 张宏海(2000). 矮壮素和多效唑对草地早熟禾草坪质量的影响. 草地学报, 8 (2): 137~143
- 贾洪涛, 党金鼎, 刘风莲(2003). 植物生长延缓剂多效唑的生理作用机理及应用. 安徽农业科学, 31 (2): 323~324
- 任继周(1998). 草业科学研究方法. 北京: 中国农业出版社, 51~72
- 王漫琳, 夏福利, 贾春虹, 南淳熙(2000). 利用植物生长调节剂促控早熟禾、高羊茅生长速度的研究. 草业科学, 17 (1): 40~44
- 王锁民, 张洪荣, 周志宇(1994). PP<sub>333</sub>对黑麦草生长和某些物质含量变化的影响. 植物生理学通讯, 30 (1): 15~18
- 夏宁(2001). 多效唑对高羊茅叶片中淀粉酶和转化酶活性的影响. 植物生理学通讯, 37 (2): 116~118
- 许鸿源, 周岐伟, 杨美纯(1995). PP<sub>333</sub>对小麦幼苗抗旱性的影响. 作物学报, 21 (1): 124~129
- 杨烈, 沈国辉, 钱振官, 陈春梅(2000). 多效唑对高羊茅草坪的控长促壮效应. 上海农业学报, 16 (增刊): 46~48
- 杨志民, 李志华, 沈益新, 朱洪刚(2002). 多效唑对高羊茅草坪草生长特性的影响. 草业科学, 19 (7): 43~45
- 张睿, 蒋代章, 李景奇(1995). MET促根效应的研究. 国外农学, 2: 47~48
- 张远兵, 刘爱荣, 吴晓东, 张俊长(2003). 不同浓度的多效唑对两种常见草坪生长的影响. 中国林副特产, 4: 47~51
- 张远海(1988). 多效唑调节水稻植株生长的作用机理. 植物生理学报, 14 (4): 338~343
- 赵成章, 梁天锡, 杨长登, 戚秀芳, 楼小华, 吴园生(1994). 水稻再生苗对多效唑(MET)的吸收动态及其作用. 作物学报, 20 (6): 716~720
- Sankhla N, Davis TD, Upadhyaya A, Sankhla D, Walser RH, Smith BN (1985). Growth and metabolism of soybean as affected by paclobutrazol. Plant Cell Physiol, 26: 913~921