

果园柱花草刈割处理对其与柑橘养分竞争的影响

姚青¹ 朱红惠^{2*} 陈杰忠¹

(¹ 华南农业大学园艺学院, 广州 510642; ² 广东省微生物研究所, 广州 510070)

摘要: 以‘萝岗’橙和柱花草为试材, 在根箱中研究了生草栽培体系中刈割对果树生长和养分竞争的影响和机制。结果表明, 在低磷土壤中, 刈割可以显著减轻柱花草对磷的竞争, 促进柑橘的生长; 作用机制在于刈割强烈抑制了柱花草的根系生长, 使得根系长度显著降低, 空间分布也有所改变, 导致植株的磷含量、磷吸收量显著下降; 相应地, 柑橘根系对磷的表现吸收速率显著提高, 植株的磷含量、磷吸收量显著增加, 甚至达到施磷的效果, 根系长度也显著加长。认为刈割主要是通过对根系的影响来改变果树与生草之间养分竞争关系, 推测根系分布在养分竞争中占重要地位。

关键词: 柑橘; 生草栽培; 刈割; 养分竞争; 磷

中图分类号: S 666; Q 945 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 01-0011-05

Influence of Orchard Sod Mowing on Nutrient Competition between *Citrus sinensis* and *Stylosanthes gracilis* and Mechanisms

Yao Qing¹, Zhu Honghui², and Chen Jiezhong¹

(¹ College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ² Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070, China)

Abstract: To investigate the influences of mowing on the fruit tree growth and nutrient competition in a sod culture system, and to elucidate the corresponding mechanisms, *Citrus sinensis* and *Stylosanthes gracilis* were grown in rhizoboxes as tested plants. The results showed that mowing significantly alleviated the grass competition for phosphorus, and promoted the citrus plant growth, in a low P soil. Mechanism analysis indicated that mowing strongly inhibited the grass root growth, significantly decreased the total root length, and also changed the root system distribution, which resulted in a significant decrease in plant P content and P uptake. For citrus plants, the total root length and apparent P uptake rate of root were increased, P content and P uptake were significantly enhanced, to a comparable level with fertilized plants. It is suggested that mowing changed the competition status between fruit tree and grass through the influence on root system, and the root distribution pattern may play a important role in the nutrient competition.

Key words: Citrus; Sod culture; Mowing; Nutrient competition; Phosphorus

生草栽培是果树产业发达国家普遍推行的果园土壤管理措施之一。与清耕相比, 果园生草具有可以改善土壤质地, 增加有机质含量, 改善果园小气候, 提高果园土壤的机械承载力等优点。尽管如此, 生草对土壤中养分和水分的竞争可能会严重抑制果树的生长, 尤其是在幼龄果园。Tan 等^[1]在葡萄—多年生黑麦草的生草果园的研究中发现, 行间生草显著降低葡萄叶片中 11 种矿质养分的含量, 新梢长度和叶片干样质量也显著降低。Tworkoski^[2]用盆栽试验研究了多年生黑麦草和高羊茅对桃的养分竞争, 认为生草可以显著抑制果树的生长。Skroch 等^[3]认为, 对生草进行刈割是减轻生草养分竞争

收稿日期: 2003 - 04 - 14; 修回日期: 2003 - 06 - 03

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30200006); 广东省科技攻关项目 (2002C20137)

* 通讯作者

的有效措施,但是, Tan 等^[1]在大田试验中发现刈割的作用并不显著。本试验以柑橘和柱花草为试材,研究刈割对柑橘与柱花草之间养分竞争的影响,并探讨根系在其中的作用。

1 材料与方

以柑橘和柱花草为研究对象,两者分别为‘萝岗’橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck. ‘Luogang’] 和格拉姆柱花草 (*Stylosanthes gracilis* H. B. K. ‘Graham’)。栽培容器为有机玻璃板制成的根箱,长、宽、高分别为 30 cm、3 cm、40 cm。栽培介质为红壤、泥炭土和河沙的混合物(体积比为 3:1:1),每个根箱装 4 kg。选取饱满的柑橘种子,用 10% H_2O_2 表面消毒后播种于育苗盘中。幼苗长出 2~3 片真叶后,选取长势一致的植株移栽到根箱的一侧。柱花草种子用 60℃ 温水催芽 5 min,在移栽柑橘的同时播种到根箱的另一侧,10 d 后柱花草定苗,每盆 10 株。柑橘和柱花草的定植位置见图 1。

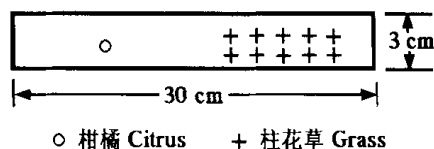


图 1 柑橘与柱花草定植根箱位置俯视图

Fig. 1 Bird's-eye view of planting site of citrus and grass in rhizobox

对于华南地区的红壤而言,磷是最有可能限制植物生长的养分因子^[4]。本试验以磷为考察对象,设不施磷、不施磷+刈割、施磷等 3 个处理。刈割在柱花草生长 2 个月后进行,刈割高度为 15 cm,剪下的地上部烘干后备用。施磷处理为在栽培介质中施 $P\ 50\ mg\ kg^{-1}$ (KH_2PO_4)。

植株移栽或播种 4 个月后取样,先用切纸刀取植株的地上部,再拆开根箱,小心操作使土壤保持原状(长方体),用近镜头拍摄根系。用切纸刀将每个长方形土体纵向一分为二,区分柑橘和柱花草根系,清水洗净,剪成约 2 cm 的根段,用方格交叉法^[5]测定根长;地上部和根系在 70℃ 烘干至恒重,测定干物质量(刈割处理中柱花草的生物量包括剪下的部分),计算根冠比;植物干样粉碎后在 550℃ 灰化,用钒钼黄比色法^[6]测定磷含量,计算磷吸收量、表观吸收速率(单位时间内单位长度的根系所吸收的磷)。所得数据用 SPSS 11.0 统计软件进行多重比较(LSD)分析。

2 结果与分析

2.1 刈割对柱花草和柑橘生长的影响

刈割对柱花草的生长有显著的抑制作用。刈割处理中柱花草的生物量显著低于同样不施磷但是没有刈割的植株(表 1)。施磷处理的柱花草生物量显著高于其他处理。刈割处理的柱花草根冠比显著低于没有刈割的两个处理,而后两者之间不存在显著差异。试验过程中发现,刈割后柱花草的地上部生长非常缓慢(直至最后取样时植株高度不足 20 cm),推测这与根系的生长与代谢受到抑制密切相关,尤其是根系的吸收能力,根冠比的数据也能说明根系受抑制的程度大于地上部。

刈割处理中柑橘的生长得到明显改善,植株生物量显著高于不施磷处理,达到施磷处理的水平(表 2)。结合柱花草的数据,可以推测这是因为刈割显著地抑制了柱花草根系的生长,尤其是根系对磷营养的吸收,从而减轻了柱花草对养分的竞争。

2.2 刈割对柱花草和柑橘根系生长的影响

刈割虽然是对柱花草的地上部进行的,但是对柱花草根系的影响非常明显。从表 2 可以看出,施磷处理的柱花草的根系最长,达到 44.14 m,显著大于不施磷处理,而刈割处理的柱花草的根系最短,

表 1 刈割对柑橘和柱花草生物量的影响

Table 1 Influence of mowing on the biomass of citrus and grass

处理 Treatment	柑橘 Citrus		柱花草 Grass	
	生物量 Biomass(g)	根冠比 R/S	生物量 Biomass(g)	根冠比 R/S
不施磷 No P addition	1.95 a	1.05 a	7.86 b	0.22 b
不施磷+刈割 No P addition + mowing	2.88 b	0.97 a	3.76 a	0.13 a
施磷 P addition	2.77 b	0.80 a	15.09 c	0.19 b

注:具有相同字母的同列数据差异不显著(LSD_{0.05})。

Note: Data with same letter in column are not significantly different (LSD_{0.05}).

仅为 9.59 m，与不施磷处理的差异达到显著水平。虽然柑橘侧土壤中的柱花草根系长度远低于柱花草侧根系长度，但是上述差异在两侧的趋势相同。

与植株的生长状况相似，在柑橘侧的土壤中，柑橘的根系长度也因柱花草的刈割而增加，显著高于不施磷和施磷处理（表 2）。施磷处理的根长尽管大于不施磷处理，但没有达到显著水平。在柱花草侧的土壤中，柑橘根很短，处理间也没有差异。

表 2 刈割对柑橘和柱花草根系长度和分布的影响

Table 2 Influence of mowing on the root length of citrus and grass

处理 Treatment	长度 Length(m)				分布 Distribution(%)			
	柑橘侧 Citrus side		柱花草侧 Grass side		柑橘根系 Citrus root system		柱花草根系 Grass root system	
	柑橘 Citrus	柱花草 Grass	柑橘 Citrus	柱花草 Grass	柑橘侧 Citrus side	柱花草侧 Grass side	柑橘侧 Citrus side	柱花草侧 Grass side
	柑橘 Citrus	柱花草 Grass	柑橘 Citrus	柱花草 Grass	柑橘侧 Citrus side	柱花草侧 Grass side	柑橘侧 Citrus side	柱花草侧 Grass side
不施磷 No P addition	6.20 a	13.79 b	0.18 a	28.75 b	95.4 a	4.6 a	32.4 b	67.6 b
不施磷 + 刈割 No P addition + mowing	9.54 b	3.53 a	0.40 a	9.59 a	95.9 a	4.1 a	26.7 a	73.3 c
施磷 P addition	7.35 a	31.16 c	0.36 a	44.14 c	95.1 a	4.9 a	41.3 c	58.7 a

注：具有相同字母的同列数据差异不显著（LSD_{0.05}）。

Note: Data with same letter in column are not significantly different (LSD_{0.05}).

柑橘和柱花草的根系分布存在很大的差异。柑橘的根系主要分布在柑橘侧的土壤中，占 95.1%~95.9%，仅有 4.1%~4.9% 的根系“入侵”到柱花草侧的土壤中（表 2）；与之相对，柱花草的根系有相当部分“入侵”到柑橘侧的土壤中，其比例为 26.7%~41.3%。推测这种差异与两种植物的侧根分枝角度不同有关，柑橘的侧根生长向下，与主根的角度较小（图 2，B），而柱花草的侧根倾向于水平生长，与主根的角度较大（图 2，A）。另外，柱花草的根系分布在处理间存在着显著差异，施磷处理中较多的根系进入柑橘侧的土壤空间，刈割处理进入柑橘侧土壤空间的根系比例最低。这表明刈割不仅减少柱花草的根系长度，而且能降低“入侵”根系的比例。

2.3 刈割对柱花草和柑橘磷营养的影响

施磷处理中柑橘和柱花草的磷含量显著高于不施磷处理，植株吸磷量的差异也达到显著水平（表 3）。刈割处理的柱花草的磷含量并未降低，反而达到施磷处理的水平，这可能是刈割前植株已经吸收了较多的磷。尽管如此，由于柱花草生物量受到强烈抑制，使得植株吸磷量在 3 个处理中最低，仅为 13.00 mg。对于刈割处理中的柑橘，由于柱花草根系受到抑制，其磷含量和磷吸收量都高于不施磷处理，磷吸收量甚至达到施磷处理的水平（表 3）。

柑橘根系对磷的表观吸收速率在处理间存在显著的差异，不施磷处理最低，施磷处理最高（表 3），这个趋势与磷含量、磷吸收量一致，表明磷吸收速率是柑橘磷营养的处理间差异的主要原因。柱花草根系对磷的表观吸收速率虽然也在处理间存在显著差异，但是情况较为复杂，不施磷处理最低，刈割处理最高，但这不一定是刈割处理柱花草根系的实际吸收能力提高的结果。一方面，柱花草在刈割前已经吸收相当的磷，刈割后根系又受到强烈的抑制，根长很短，导致其表观吸收速率显著高于其他两个处理；另一方面，刈割后地上部新叶增多，向根系运输的生长素也增多，可能促进根系的吸收。这些推测尚需进一步的试验加以证实。

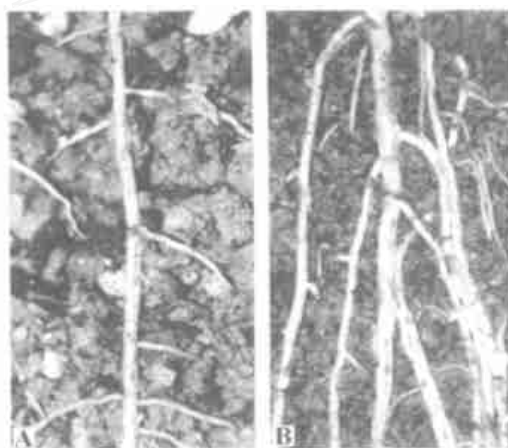


图 2 柑橘与柱花草的侧根与主根之间的角度
A: 柱花草; B: 柑橘

Fig. 2 Adjunction angle between lateral root and taproot of citrus and grass plant

A: Grass; B: Citrus

表 3 刈割对柑橘和柱花草磷营养的影响

Table 3 Influence of mowing on the phosphorus nutrition of citrus and grass

处理 Treatment	柑橘 Citrus			柱花草 Grass		
	磷含量	磷吸收量	表观吸收速率	磷含量	磷吸收量	表观吸收速率
	P content (mg g ⁻¹)	P uptake (mg)	Apparent uptake rates ($\mu\text{mol m}^{-1} \text{d}^{-1}$)	P content (mg g ⁻¹)	P uptake (mg)	Apparent uptake rates ($\mu\text{mol m}^{-1} \text{d}^{-1}$)
不施磷 No P addition	0.94 a	1.80 a	0.66 a	2.52 a	19.60 a	1.10 a
不施磷 + 刈割 No P addition + mowing	1.18 ab	3.36 b	0.81 b	3.47 b	13.00 a	2.35 c
施磷 P addition	1.36 b	3.77 b	1.16 c	3.50 b	52.52 b	1.65 b

注：具有相同字母的同列数据差异不显著 (LSD_{0.05})。

Note: Data with same letter in column are not significantly different (LSD_{0.05}).

3 讨论

3.1 生草体系中刈割在促进果树生长中的作用

果园生草栽培虽然具有许多优势^[7]，但是同时造成养分竞争（氮营养竞争尤为明显），削弱果树生长（幼龄果园上尤为明显）。刈割作为一种有效缓解养分竞争的措施，已经被广泛认同。本试验中，柱花草刈割也显著促进了柑橘的生长，增幅为 47.7%，达到了施肥的水平。但是 Tan 等^[1]的试验表明，多年生黑麦草刈割促进葡萄生长的作用并不明显。两个试验所得结论的差异至少由两个原因造成：首先，黑麦草的根系为须根系，根系较细，根系构建所需的光合产物较少，而柱花草则相反，根系构建对地上部光合产物的依赖较大；其次，本试验采用 40 cm 高的根箱，柑橘与柱花草的根系在有限的土壤空间中强烈竞争，此消彼长，而黑麦草与葡萄的竞争是在田间。因此，本试验的结果是否适用于田间，在田间的促进效果有多大等问题，仍有待于进一步试验。

3.2 刈割对根系生长和养分吸收的影响

根系是植物养分吸收的主要器官，也是生草栽培果园中养分竞争的作用部位，刈割对根系生长和养分吸收的影响主要是通过光合产物运输量的减少而实现的，因为无论是根系的构建还是养分的吸收都需要消耗地上部提供的光合产物。Thornton 等^[8]的研究发现，刈割使得 4 种草的根系干样质量降低 63.1%~91.3%，本试验中柱花草的根系长度则减少 69.2%。对于养分吸收，Castal 等^[9]认为，摘叶能够强烈地抑制了草根的功能，使得植株对氮吸收量大幅度降低，本试验中柱花草的磷吸收量也因刈割而降低 33.7%。事实上，刈割对养分吸收的影响是通过直接和间接两个途径实现的，直接途径是降低养分的吸收速率，因为养分吸收是耗能的主动过程，间接途径是减少根系长度，降低有效吸收面积。

3.3 生草体系中根系特征在养分竞争中的作用

植物根系对养分的竞争吸收取决于许多因素，其中最大吸收速率和米氏常数是重要的生理特征，根长、根系分布等是重要的形态特征^[10]。本试验中，柱花草根系的吸收速率高于柑橘，同时具有较强的水平扩张性，根系分布广，因而竞争性强，这种根系特征在竞争难以移动的矿质元素（如磷）时更具有优势^[11]，其他研究也认为较强的磷吸收效率是柱花草适应低磷土壤的重要原因^[12,13]。在田间条件下，如果果树和生草的根系在垂直分布上处于不同的土层，则可以大大降低养分竞争的强度，这也是幼龄果园养分竞争激烈的原因。根系构型是影响根系分布的重要因子，侧根的垂直分枝角度越大则越倾向于水平生长，本试验中柱花草就是如此。因此，根系特征是筛选适宜的果园生草的重要依据。

参考文献：

- 1 Tan S, Crabtree G D. Competition between perennial ryegrass sod and 'Chardonnary' wine grapes for mineral nutrients. HortScience, 1990, 25 (5): 533~535
- 2 Tworowski T. Response of potted peach trees to pruning and grass competition. HortScience, 2000, 35 (7): 1209~1212

- 3 Skroch W A, Shribbs J M. Orchard floor management: An overview. *HortScience*, 1986, 21: 390 ~ 394
- 4 全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998. 901 ~ 921
- 5 Newman E I. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*, 1966, 3: 139 ~ 145
- 6 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 1992. 54 ~ 61
- 7 Butler J D. Grass interplanting in horticulture cropping systems. *HortScience*, 1986, 21 (3): 394 ~ 397
- 8 Thhornton B, Millard P. Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. *Journal of Range Management*, 1996, 49 (5): 443 ~ 447
- 9 Castal F, Durand J L. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: Lemaire G, Hodgson J, de Moraes A, et al. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. New York: CAB International, 2000. 15 ~ 39
- 10 蒋廷惠, 郑绍建, 石锦芹, 等. 植物吸收养分动力学研究中的几个问题. *植物营养与肥料学报*, 1995, 1 (2): 11 ~ 17
- 11 刘芷宇. 植物的磷素营养和土壤磷的生物有效性. *土壤*, 1992, 2: 97 ~ 101
- 12 杨 茂, 严小龙. 柱花草在酸性红壤中磷吸收效率及其形态和生理生化特性初探. *草地学报*, 1998, 6 (3): 212 ~ 220
- 13 Lynch J P. Root architecture and plant productivity. *Plant Physiology*, 1995, 109: 7 ~ 13

菜用香椿无性系愈伤组织诱导及植株再生

康 冰¹ 李秧秧²

(¹ 西北农林科技大学生命科学学院, 杨凌 712100; ² 西北农林科技大学水土保持研究所, 杨凌 712100)

Studies on the Callus Induction and Differentiation of the Optimum Vegetable Using Clones of *Toona sinense*

Kang Bing¹ and Li Yangyang²

(¹ College of Life Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; ² Water and Soil Conservation of Institute, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

关键词: 香椿; 无性系; 愈伤组织; 培养基; 植株再生

中图分类号: S 644.4 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2004) 01-0015-01

香椿 (*Toona sinense*) 生产上一般利用当地资源, 常规根蘖繁殖倍数低、周期长; 而通过愈伤组织诱导分化进行优良无性系再生系统营建, 可实现种苗的工厂化生产, 并有利于香椿优良种质资源的保存及品种选育。

材料与方法

材料为经过多年无性选育所获得的 5 个优良菜用品系: T4、8902-9、8907-3、8902-1、B, 母株树龄 15 年。通过对不同类型、不同无性系外植体的采集、清洗、消毒、接种等环节完成接种工作。以 MS 为基本培养基, 附加琼脂 6 g/L, pH 5.8。通过不同蔗糖浓度及各种激素浓度试验, 观察糖和外源激素对愈伤组织诱导及芽分化的影响, 筛选出较好的浓度配比, 从而确定较适宜的培养基, 培养温度 (25 ± 2) °C, 光照强度 600 ~ 1000 lx, 光周期 6 ~ 10 h/d。

结果与讨论

香椿 5 个无性系愈伤组织诱导率从高到低依次为: 茎段、叶柄、根段、皮块、叶片; 不定芽分化率从高到低依次为: 茎段、根段、叶柄、皮块、叶片。无性系 B 的愈伤组织诱导及芽分化率最高, 愈伤组织诱导及芽分化率从高到低依次为 B、T4、8902-9、8907-3、8902-1, B 和 T4 为较好的培养材料。不同外源激素、蔗糖浓度明显影响愈伤组织培养及植株再生, 6-BA 0.2 ~ 1.0 g/L 与 NAA 组合优于 KT 与 NAA 组合, NAA 0.1 ~ 0.5 g/L 利于愈伤组织诱导, IAA 0.1 ~ 0.5 g/L 则利于不定芽的分化, 35 g/L 蔗糖能有效提高愈伤组织诱导及芽分化率。无性系 T4 愈伤组织诱导、芽分化的较适宜培养基分别为 MS + 6-BA 0.2 mg/L + NAA 0.1 mg/L、MS + 6-BA 0.5 mg/L + IAA 0.2 mg/L。通过愈伤组织及芽的切转可实现大量增殖, 结合生根、炼苗、移栽等措施就营建起再生系统, 45 d 为一个繁殖周期, 繁殖倍数达到 5.5, 而常规根蘖繁殖一年只能进行一次, 繁殖倍数仅为 0.3。

收稿日期: 2003 - 10 - 30; 修回日期: 2004 - 01 - 05

基金项目: 国家自然科学基金重点项目资助 (30230290)