

两个柱花草品种根系构型差异及其对间作柑橘砧木实生苗磷营养的竞争

王彩环¹, 李立颖^{1,3}, 谢小林^{1,2}, 朱红惠², 姚青^{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; ³河北省玉田县林业局, 河北玉田 064199)

摘 要: 根系构型与植物的养分吸收密切相关, 可能影响植物不同个体间的养分竞争。比较了‘格拉姆’和‘184 号’柱花草(*Stylosanthes Sw.*)的根系构型差异, 并探讨了两者在间作条件下对柑橘砧木红黎檬(*Citrus limonia*)实生苗的生长和养分吸收的影响。结果表明, ‘格拉姆’和‘184 号’在单作条件下生物量、总根长、主根长和根尖数相似, 但是‘184 号’的基根角度、根系表面积、平均根直径均小于‘格拉姆’; 在与柑橘实生苗间作条件下, ‘184 号’有 41.4% 的根系进入柑橘根区, 而‘格拉姆’仅有 0.8% 的根系进入柑橘根区, 因此与‘184 号’间作的柑橘砧木实生苗的生物量和对磷养分的吸收均显著低于与‘格拉姆’间作的柑橘砧木实生苗。研究表明, 与根系垂直生长型的‘格拉姆’相比, 根系水平生长型的柱花草‘184 号’不宜用于果园生草栽培, 根系构型应该成为草种筛选的重要指标。

关键词: 柑橘; 柱花草; 根系构型; 养分竞争

中图分类号: S 666

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 05-0953-07

Difference in Root Architecture of Two *Stylosanthes* Cultivars and Their Competition for Phosphorus with Citrus Rootstock Seedling

WANG Cai-huan¹, LI Li-ying^{1,3}, XIE Xiao-lin^{1,2}, ZHU Hong-hui², and YAO Qing^{1,*}

(¹College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ²Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070, China; ³Forestry Bureau, Yutian County, Yutian, Hebei 064199, China)

Abstract: Root architecture is closely associated with plant nutrient uptake, and can influence the nutrient competition among different plants. Root architectures of *Stylosanthes* ‘Graham’ and ‘CIAT 184’ were compared, and their effects on plant growth and nutrient uptake of *Citrus limonia* in inter-cropping condition were investigated. Results indicated that, the biomass, total root length, tap root length and root tip number were comparable for ‘Graham’ and ‘CIAT 184’ in mono-cropping condition, however, the basal root angle, root surface area and average root diameter of ‘CIAT 184’ were lower than those of ‘Graham’. In inter-cropping condition, 41.4% roots of ‘CIAT 184’ grew into the root zone of citrus while only 0.8% roots of ‘Graham’ grew into the root zone of citrus. Therefore, the biomass and phosphorus uptake of citrus seedlings inter-cropped with ‘CIAT 184’ were significantly lower than those with

收稿日期: 2013 - 01 - 26; 修回日期: 2013 - 04 - 12

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31270448, U1131001)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: yaoqsc@scau.edu.cn)

‘Graham’。This study suggests that *Stylosanthes* ‘CIAT 184’ with horizontal root growth are not suitable for sod culture in orchard when compared with *Stylosanthes* ‘Graham’ with vertical root growth, and that root architecture can be regarded as critical indicator for the screening of grass species.

Key words: citrus; *Stylosanthes*; root architecture; nutrient competition

生草栽培是果园土壤管理的重要措施之一, 在果树栽培发达的国家已有近百年的发展历程 (Skroch & Shribbs, 1986)。研究发现, 多年的生草栽培可以提高果园土壤肥力, 减少水土流失, 改善果园小气候, 增加果园生物多样性从而减少虫害的发生等等 (李会科 等, 2007; Gómez et al., 2011; Simon et al., 2011)。因此, 生草栽培被认为是果园可持续生产的重要保障, 甚至是果树有机栽培体系中的关键技术之一 (Granatstein & Sánchez, 2009)。然而, 生草与果树之间的养分和水分的过度竞争也不利于果树的生长 (Tan & Crabtree, 1990; Granatstein & Sánchez, 2009; 潘学军 等, 2010)。生草对果树的养分竞争是通过根系进行的, 抑制生草根系的生长则能有效抑制其养分竞争。研究发现, 生草刈割可以有效地减轻生草的养分竞争 (姚青 等, 2004); 利用有益土壤微生物促进果树根系的养分吸收也可能有助于减轻竞争胁迫 (Yao et al., 2005; Yu et al., 2011)。植物根系对土壤养分的竞争 (吸收) 涉及两个途径, 即空间上的竞争和效率上的竞争。前者与根系构型密切相关, 如基根角度、根系分支 (侧根) 等 (Fitter, 2002), 后者则主要决定于根系生理功能, 如分泌磷酸酶、高效的磷酸转运蛋白等 (Shen et al., 2011)。对于在土壤中难以移动的养分 (如磷) 而言, 前者似乎更为关键。因此, 选择根系构型适宜的草种或者品种 (基因型) 可以减轻对果树的养分竞争。

果园种植柱花草进行生草栽培在华南地区已有多年的实践 (唐燕琼 等, 2009), 但是柱花草属植物有许多基因型, 生产中对基因型的选择主要基于长势、抗性等 (唐燕琼 等, 2009)。本研究将从养分竞争的角度, 研究生产上常用的 ‘格拉姆’ 和 ‘184 号’ 两个柱花草基因型的根系构型差异以及与柑橘间作时的养分竞争效应, 为果树生草栽培体系中草药种的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料的选择

前期研究对柱花草属 (*Stylosanthes* Sw.) 植物的 7 个基因型的根系构型和生长状况进行了调查, 发现 ‘格拉姆’ 柱花草 (*Stylosanthes guianensis* ‘Graham’) 的生物量大且根系垂直分布, ‘184 号’ 柱花草 (*Stylosanthes guianensis* ‘CIAT 184’) 生物量大且根系水平分布。因此, 本试验中以这两种具有代表性的柱花草为供试草种, 柑橘材料选择常用砧木红黎檬 (*Citrus limonia*) 的实生苗。

1.2 柱花草的根系构型差异比较试验

试验于 2011 年 4—6 月在华南农业大学园艺学院的温室中进行, 柱花草种植在根箱中, 根箱由黑色 PVC 板制成, 宽度、高度、厚度分别为 12、20 和 0.3 cm。培养基质为过 2 mm 筛的河沙, 经 121 °C 灭菌 5 h 后装入根箱, 每箱装 90 g。两种柱花草的种子经 10% 的 NaClO 表面消毒后播于根箱中, 每箱播 3 粒, 长至 3~4 片真叶后间苗, 每箱留 1 株。每种柱花草设 4 个重复 (即 4 个根箱)。根箱在恒温光照培养箱中培养, 培养条件为: 每天 16 h 光照, 温度 25 °C。根箱每周浇一次 Hoagland 营养液。柱花草植株生长 60 d 后采收, 用于生物量和根系构型的测定。

1.3 两种柱花草与柑橘的根系养分竞争试验

试验于 2012 年 3—7 月在华南农业大学园艺学院的温室中进行, 植株种植在根箱中, 根箱由黑色 PVC 板制成, 宽度、高度、厚度分别为 26、50 和 3 cm。培养基质为果园土壤, 基本理化性状如下: pH 5.47, 速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 38.7、13.1 和 70.5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。土壤风干后过 2 mm 筛, 经 121 $^{\circ}\text{C}$ 灭菌 5 h 后施入基肥 (N 200、P 50 和 K 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别以 NH_4NO_3 、 KH_2PO_4 、 K_2SO_4 施入), 肥料与土壤充分混匀后装入根箱, 每箱装 1.8 kg。柑橘种子经 10% 的 NaClO_3 表面消毒后播于根箱中, 每箱播 3 粒, 出现 2~3 片真叶后间苗, 每箱留 1 株。柑橘实生苗生长 45 d 后进行柱花草播种, 即在柑橘实生苗两边各 9 cm 处播 5 粒柱花草种子, 长至 3~4 片真叶后间苗, 两边各留 1 株, 每箱 2 株柱花草 (图 1)。另设立一个不播种柱花草的对照。每种柱花草和对照

处理均设 4 个重复。柱花草生长 60 d, 即柑橘生长 105 d 时采收, 用于生物量、根系长度、养分含量的测定。在根系长度的测定中, 为区分根系在柱花草侧和柑橘侧的分布比例, 人为地将柑橘两边各 5 cm 的土体界定为柑橘根区, 其他的土体界定为柱花草根区 (图 1)。

1.4 指标测定

柑橘和柱花草的生物量按常规方法测定; 根表面积、平均根直径和根系长度用根系扫描仪进行扫描, 再经软件 WinRHIZO (Regent Instruments Inc, Quebec, Canada) 进行分析测定 (Yao et al., 2009); 基根夹角 (即水平面与植株第 1 条基根约 1 cm 长根段之间的夹角) 按照文献 (Nord et al., 2011) 用量角器测定; 植物组织的磷含量用钼锑抗比色法 (Murphy & Riley, 1963) 测定。

所有数据为 4 次重复的平均值, 采用 SPSS 13.0 (SPSS Co Lt., Chicago) 进行多重比较分析 (LSD , $P = 0.05$), 柑橘相关指标的多重比较和柱花草相关指标的多重比较分开进行。

2 结果与分析

2.1 两种柱花草的生物量与根系构型

试验结果表明, ‘格拉姆’和‘184 号’在砂培条件下具有相似的生长表现, 两者的单株生物量 (干样质量) 分别是 0.36 和 0.35 g, 没有显著差异。但是两者的根系构型存在差异 (图 2)。

表 1 中的数据表明两者的根系构型存在显著差异, 主要表现在根系表面积、平均根直径和基根角度上。‘格拉姆’具有较大的根系表面积、较粗的根系直径和较大的基根角度 (即更为垂直), 分别为 123.9 cm^2 、0.68 mm 和 41.0 $^{\circ}$, 而‘184 号’分别为 82.2 cm^2 、0.47 mm 和 17.5 $^{\circ}$, 这表明‘184 号’的根系更倾向于水平生长, 且根系较细。但是, 两者在总根长、主根长和根尖数上没有显著差异。

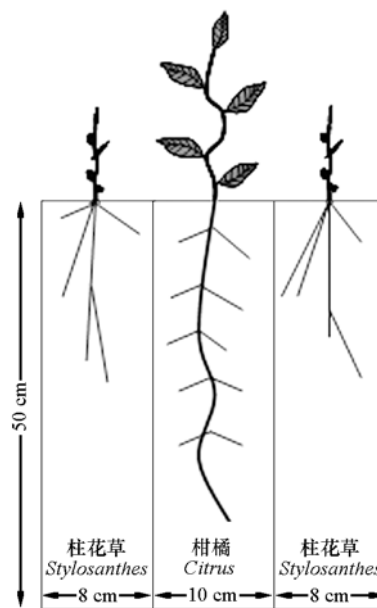


图 1 根箱及根区划分示意图

Fig. 1 Illustration diagram of the rhizobox and the division of root zones

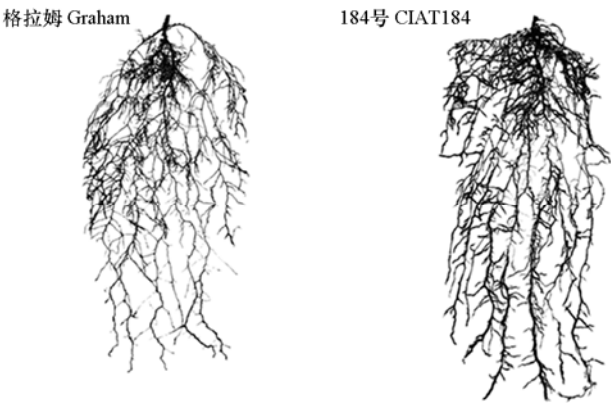


图 2 柱花草 ‘格拉姆’ 和 ‘184 号’ 的根系构型

Fig. 2 Root system architectures of *Stylosanthes guianensis* ‘Graham’ and ‘CIAT 184’

表 1 柱花草 ‘格拉姆’ 和 ‘184 号’ 的部分根系构型指标差异

Table 1 Difference in selected parameters of root system architectures of <i>Stylosanthes guianensis</i> ‘Graham’ and ‘CIAT 184’						
品种 Cultivar	总根长/(cm · pot ⁻¹) Total root length	主根长/cm Tap root length	根系表面积/cm ² Root surface area	平均根直径/mm Average root diameter	根尖数 Root tip number	基根角度/° Basal root angle
格拉姆 Graham	671.2 ± 102.3 ^{NS}	18.4 ± 3.6 ^{NS}	123.9 ± 21.0 [*]	0.68 ± 0.05 [*]	962 ± 133 ^{NS}	41.0 ± 5.4 ^{**}
184 号 CIAT 184	541.9 ± 76.5	18.9 ± 2.9	82.2 ± 13.8	0.47 ± 0.05	1319 ± 265	17.5 ± 2.9

注: NS, *和**分别表示没有差异, $P = 0.05$ 的显著差异和 $P = 0.01$ 的显著差异 (t 检验)。
Note: NS, * and ** indicate no significance, significance at $P = 0.05$ significance at $P = 0.01$, respectively (t test) .

2.2 柑橘与柱花草的根系分布

从根系生长看, 柑橘实生苗的根系长度在 160 ~ 210 cm 之间, 在水平方向主要分布在主根两侧各 5 cm 的区域内, 极少量根系延伸到之外的柱花草根区 (‘格拉姆’ 处理中的 8.2%), 柑橘实生苗的根系长度在两个处理和对照之间均没有显著性差异 (表 2)。柱花草的根系长度远高于柑橘实生苗, ‘格拉姆’ 和 ‘184 号’ 的总长度分别是 471.7 cm 和 328.2 cm。尽管 ‘格拉姆’ 的总根长远大于 ‘184

表 2 柑橘和柱花草根系分布的百分比例

Table 2 The percentage of root distribution of citrus seedlings and <i>Stylosanthes</i> spp. plants				
处理 Treatment	柑橘根区 Citrus root zone and		柱花草根区 <i>Stylosanthes</i> root zone	
	柑橘根长/(cm · pot ⁻¹) Citrus root length	柱花草根长/(cm · pot ⁻¹) <i>Stylosanthes</i> root length	柑橘根长/(cm · pot ⁻¹) Citrus root length	柱花草根长/(cm · pot ⁻¹) <i>Stylosanthes</i> root length
对照 (无柱花草) Control (no <i>Stylosanthes</i>)	164.7 ± 36.1 a (100%)	—	0 ± 0 b (0%)	—
柑橘 + ‘格拉姆’ Citrus + ‘Graham’	190.5 ± 33.5 a (91.8%)	4.5 ± 6.1 ^{**} (0.9%)	17.0 ± 7.5 a (8.2%)	467.3 ± 66.7 ^{**} (99.1%)
柑橘 + ‘184 号’ Citrus + ‘CIAT 184’	158.5 ± 40.2 a (100%)	135.9 ± 28.1 (41.4%)	0 ± 0 b (0%)	192.4 ± 26.8 (58.6%)

注: 不同字母表示柑橘实生苗的根系长度差异达到显著水平 (Duncan’s 多重比较, $P = 0.05$), **表示两个柱花草品种的根系长度差异达到显著水平 (t 检验, $P = 0.01$); 括号中的百分数表示植株根系分别在柑橘根区和柱花草根区的比例 (以根长为基础)。
Note: Different letters indicate significant difference in root length of citrus seedlings (Duncan’s multiple range test, $P = 0.05$) . ** indicates significant difference in root length between two *Stylosanthes* citivars (t test, $P = 0.01$) . Percentages in brackets indicate the proportion of plant roots in citrus root zone and *Stylosanthes* root zone, respectively (on the base of root length) .

号’，但其几乎所有根系（99.1%）位于柱花草根区，而‘184 号’根系有 41.4% 进入柑橘根区（表 2），使得柱花草根区中‘格拉姆’的根长显著高于‘184 号’根长，而柑橘根区的‘格拉姆’根长显著低于‘184 号’根长。

2.3 柑橘与柱花草的生长及其对磷营养的竞争

表 3 表明，柱花草间作对柑橘实生苗的生长产生影响。具体来看，间作‘184 号’柱花草的柑橘实生苗生物量显著低于无间作和间作‘格拉姆’的柑橘实生苗生物量。另一面，在间作体系中，两种柱花草的生物量也出现显著差异（ $P = 0.01$ ），即‘格拉姆’的生物量显著低于‘184 号’。如果将每盆中所有植株看作一个整体，无柱花草间作的总生物量为 0.29 g，柑橘实生苗占 100%；间作‘格拉姆’的总生物量为 0.59 g，柑橘实生苗占 50.9%；间作‘184 号’的总生物量同样为 0.59 g，但是柑橘实生苗占 30.6%。这表明间作柱花草虽然增加了系统的总生物量，但是根系呈水平生长的柱花草会导致柑橘实生苗的生长受到抑制。

柑橘实生苗的磷吸收量差异与其生物量差异相似，无柱花草的对照和‘格拉姆’处理中的柑橘实生苗磷吸收量之间没有差异，而均显著高于‘184 号’处理中的柑橘实生苗的磷吸收量（表 3）。对于柱花草而言，‘格拉姆’的磷吸收量显著低于‘184 号’的磷吸收量（ $P = 0.05$ ）。如果将每盆中所有植株看作一个整体，那么无柱花草间作的总磷吸收量为 0.050 mg，柑橘实生苗占 100%；间作‘格拉姆’的总磷吸收量为 0.137 mg，柑橘实生苗占 40.9%；间作‘184 号’的总磷吸收量为 0.126 mg，但是柑橘实生苗仅占到 23.5%。这表明，‘格拉姆’和‘184 号’根系构型的不同导致其根系对磷的吸收存在差异，最终影响了柑橘实生苗对磷的吸收。

表 3 柑橘和柱花草的生物量和磷吸收量及其所占比例
Table 3 The biomass and phosphorus uptake of citrus seedlings and *Stylosanthes* spp. plants and their percentage

处理 Treatments	柑橘 Citrus		柱花草 <i>Stylosanthes</i>	
	生物量/ (g · pot ⁻¹) Plant biomass	磷吸收量/ (g · pot ⁻¹) P uptake	生物量/ (g · pot ⁻¹) Plant biomass	磷吸收量/ (g · pot ⁻¹) P uptake
对照 (无柱花草) Contro (no <i>Stylosanthes</i>)	0.29 ± 0.02 (100%) a	0.050 ± 0.006 (100%) a	-	-
柑橘 + ‘格拉姆’ Citrus + ‘Graham’	0.30 ± 0.03 (50.9%) a	0.056 ± 0.008 (40.9%) a	0.29 ± 0.03 (49.1%)**	0.081 ± 0.008 (59.1%)*
柑橘 + ‘184 号’ Citrus + ‘CIAT 184’	0.18 ± 0.01 (30.6%) b	0.032 ± 0.005 (23.5%) b	0.41 ± 0.03 (69.4%)	0.104 ± 0.010 (76.5%)

注：不同字母表示柑橘实生苗生物量或磷吸收量的差异达到显著水平（Duncan’s 多重比较， $P = 0.05$ ），**表示两个柱花草品种的生物量或磷吸收量的差异达到显著水平（ t 检验， $P = 0.01$ ）；括号中的百分数表示植株的生物量或磷吸收量占每盆总量的比例。
Note: Different letters indicate significant difference in plant biomass or phosphorus uptake of citrus seedlings (Duncan’s multiple range test, $P = 0.05$). ** indicates significant difference in biomass or phosphorus uptake between two *Stylosanthes* cultivars (t test, $P = 0.01$). Percentages in brackets indicate the proportion of plant biomass or phosphorus uptake in total amount of each pot.

3 讨论

3.1 间作体系中根系构型在养分竞争中意义

本研究结果清楚地表明，在相同的间作条件下，‘184 号’对磷养分的竞争效应显著大于‘格拉姆’，抑制了柑橘实生苗的生长。这种抑制作用显然与两者根系构型（尤其是基根角度）的差异有关，因为‘184 号’根系有 41.4% 进入柑橘根区，而‘格拉姆’根系只有 0.8% 进入柑橘根区。Liao 等 (2001) 认为，基根角度是根系构型中决定根系吸收能力的重要指标。在菜豆、水稻等植物上的研究指出，基根角度小的水平生长型根系对磷的吸收强于基根角度大的垂直生长型根系 (Liao et al., 2001; Fang

et al., 2009)。这一现象在农田土壤中尤其具有现实意义, 因为由于土壤对磷的强烈固定, 农田土壤中的磷通常在表层累积。本研究结果则进一步表明这一现象在相邻植物(间作体系)的养分竞争(空间竞争)中也有现实意义。

根系的养分竞争还受到其养分吸收效率的影响, 如吸收面积, 有机酸、磷酸酶的分泌, 磷酸转运蛋白的亲性等(Shen et al., 2011)。本研究中‘184 号’的吸收面积小于‘格拉姆’, 但是其根尖数(即分支数)大于‘格拉姆’, 这表明‘184 号’的根毛区面积可能大于‘格拉姆’; 同时, ‘184 号’的平均根直径大于‘格拉姆’。这些因素有可能导致‘184 号’比‘格拉姆’具有更高的吸收效率。这可以从‘184 号’具有更高的生物量和磷吸收量上得到印证。然而, 本研究未测定两者的生理指标, 有必要进一步研究。

本研究中, 在间作条件下每盆植物的生物量远大于单独种植柑橘实生苗的生物量, 这表明间作能够充分挖掘养分资源、增加单位面积土壤上植物生产力(肖焱波 等, 2004)。

3.2 基于根系构型选育适于生草栽培体系的草种

本试验中柱花草‘格拉姆’显然比‘184 号’更适于柑橘园的生草栽培。从已有的草种中筛选适于生草栽培体系的基因型是一条便捷的途径, 以优良草种为母本培育具有适宜根系构型的基因型则是另一条可行的途径, 已有的根系构型相关指标的 QTL 定位研究(Cichy et al., 2009; Liang et al., 2010)为此打下了坚实的基础。事实上, ‘格拉姆’是 1990 年代从澳大利亚引进的品种, 由于其对炭疽病的抗性较弱而逐渐被‘184 号’取代(唐燕琼 等, 2009)。显然, 如何获得兼具高抗性、低竞争性的柱花草品种具有重要的现实意义。因此, 在柱花草的选育种中, 增加根系构型相关指标(尤其是基根角度)为育种目标之一, 培育适宜南方红壤果园生草栽培的品种, 将能够推动果树可持续发展的向前发展。

References

- Cichy K A, Blair M W, Mendoza C H G, Snapp S S, Kelly J D. 2009. QTL analysis of root architecture traits and low phosphorus tolerance in an Andean bean population. *Crop Science*, 49: 59 - 68.
- Fang S, Yan X, Liao H. 2009. 3D reconstruction and dynamic modeling of root architecture in situ and its application to crop phosphorus research. *The Plant Journal*, 60: 1096 - 1108.
- Fitter A H. 2002. Characteristics and functions of root systems/Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U. *Plant roots: the hidden half*. New York: Marcel Dekker: 249 - 259.
- Gómez J A, Liewellyn C, Basch G, Sutton P B, Dyson J S, Jones C A. 2011. The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyard and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management*, 27 (4): 502 - 514.
- Granatstein D, Sánchez E. 2009. Research knowledge and needs for orchard floor management in organic tree fruit systems. *International Journal of Fruit Science*, 9: 257 - 281.
- Li Hui-ke, Zhang Guang-jun, Zhao Zheng-yang, Li Kai-rong. 2007. Effects of interplanted herbage on soil properties of non-irrigated apple orchards in the Loess Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*, 16 (2): 32 - 39. (in Chinese)
- 李会科, 张广军, 赵政阳, 李凯荣. 2007. 生草对黄土高原旱地苹果园土壤性状的影响. *草业学报*, 16 (2): 32 - 39.
- Liao H, Rubio G, Yan X, Cao A, Brown K M, Lynch J. 2001. Effect of phosphorus availability on basal root shallowness in common bean. *Plant and Soil*, 232: 69 - 79.
- Liang Q, Cheng X, Mei M, Yan X, Liao H. 2010. QTL analysis of root traits as related to phosphorus efficiency in soybean. *Annals of Botany*, 106: 223 - 234.
- Murphy J, Riley J. 1963. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31 - 36.

- Nord E A, Zhang C, Lynch J P. 2011. Root responses to neighbouring plants in common bean are mediated by nutrient concentration rather than self/non-self recognition. *Functional Plant Biology*, 38: 941 – 952.
- Pan Xue-jun, Zhang Wen-e, Fan Wei-guo, Peng Gui-hua, Luo Guo-hua. 2010. Effects of sod culture and intercropping green manure on the soil nutrient, enzyme activities and microorganisms in bonsai citrus. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (8): 1235 – 1240. (in Chinese)
- 潘学军, 张文娥, 樊卫国, 蓬桂华, 罗国华. 2010. 自然生草和间种绿肥对盆栽柑橘土壤养分、酶活性和微生物的影响. *园艺学报*, 37 (8): 1235 – 1240.
- Shen J, Yuan L, Zhang J, Li H, Bai Z, Chen X, Zhang W, Zhang F. 2011. Phosphorus dynamics: From soil to plant. *Plant Physiology*, 156: 997 – 1005.
- Simon S, Bouvier J, Debras J, Sauphaunor B. 2011. Biodiversity and pest management in orchard systems. *Sustainable Agriculture*, 2 (5): 693 – 709.
- Skroch W A, Shribbs J M. 1986. Orchard floor management: An overview. *HortScience*, 21: 390 – 394.
- Tan S, Crabtree G D. 1990. Competition between perennial ryegrass sod and ‘Chardonnary’ wine grapes for mineral nutrients. *HortScience*, 1990, 25 (5): 533 – 535
- Tang Yan-qiong, Wu Zi-yun, Liu Guo-dao, Yi Ke-xian. 2009. Research advances in germplasm resources of *Stylosanthes*. *Chinese Bulletin of Botany*, 44 (6): 752 – 762. (in Chinese)
- 唐燕琼, 吴紫云, 刘国道, 易克贤. 2009. 柱花草种质资源研究进展. *植物学报*, 44 (6): 752 – 762.
- Xiao Yan-bo, Li Long, Zhang Fu-suo. 2004. Interspecific competition and facilitation for nutrient in wheat and legumes intercrops. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 12 (4): 86 – 89. (in Chinese)
- 肖焱波, 李 隆, 张福锁. 2004. 两种间作体系中养分竞争与营养促进作用研究. *中国生态农业学报*, 12 (4): 86 – 89.
- Yao Qing, Zhu Hong-hui, Chen Jie-zhong. 2004. Influence of orchard sod mowing on nutrient competition between *Citrus sinensis* and *Stylosanthes gracilis* and mechanisms. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (1): 10 – 15. (in Chinese)
- 姚 青, 朱红惠, 陈杰忠. 2004. 果园生草刈割对柑橘与柱花草之间养分竞争的影响及机制. *园艺学报*, 31 (1): 10 – 15.
- Yao Q, Zhu H H, Chen J Z, Christie P. 2005. Influence of an arbuscular mycorrhizal fungus on competition for phosphorus between sweet orange and a leguminous herb. *Journal of Plant Nutrition*, 28 (12): 2179 – 2192.
- Yao Q, Wang L R, Zhu H H, Chen J Z. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation on root system architecture of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) seedlings. *Scientia Horticulturae*, 121: 458 – 461.
- Yu X, Liu X, Zhu T H, Liu G H, Mao C. 2011. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization. *Biology and Fertility of Soils*, 47: 437 – 446.

征 订

《新编拉汉英植物名称》

本书收集具有经济价值和学术价值或通俗常见的种子植物、蕨类植物、苔藓植物、藻类植物、真菌、地衣名称 55 800 条。每种植物名称有拉、汉、英，3 种文字对照，按拉丁文字母顺序排列。书后附有英文俗名和汉名索引。本书可供农、林、医药、环境保护等学科的管理机构、科研单位、大学中的科技人员以及生物工程、植物检疫、花卉园艺、新闻出版、旅游、外贸等专业的技术人员使用，也是各类图书馆典藏的重要工具书。

定价：185 元（含邮费）。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部，邮编 100081。