

249—254

12022(4)

第14卷 第3期
1994年9月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 14, No. 3
Sep., 1994

红壤坡地柑桔园栽植香根草的生态效应*

陈凯 胡国谦

(南京农业大学园艺系, 南京, 210014)

饶辉茂 徐林华 吴华清

(江西省临川县引进外资项目办公室, 江西, 334100)

A

摘要 在红壤坡地柑桔园沿等高线带状栽培香根草的植株生长发育良好, 可年产鲜草 $15\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右, 用其覆盖柑桔树盘土壤, 能在高温伏旱期有效地降低柑桔园的气温和土温、提高空气相对湿度和土壤含水率, 香根草还能遮挡部分过强的太阳辐射, 有良好的水土保持作用和改土培肥效果, 使柑桔园土壤容重下降、孔隙率增大, pH 值上升, 有机质、全 N、水解 N、速效 P、速效 K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、B、Mo 和 20 种氨基酸的含量都有提高。柑桔树得以健壮地生长发育, 本研究为我国南方广大红黄壤区域治理与综合开发, 实现柑桔高产优质和高效低耗栽培积累了新的资料。

关键词: 红壤, 坡地, 柑桔园, 香根草, 生态效应。

我国红壤区域横跨南方热带和亚热带地区的 15 个省(区)、957 个县(市), 总面积 218万 km^2 , 占国土面积 23% ^[1]。该区以山丘坡地为主, 是我国柑桔主产区^[2]。由于过去不合理的开发利用, 全区现有 $1/4$ 以上的山丘失去植被成为裸地, 水土流失严重, 生态环境破坏, 土壤具有酸、瘦、蚀、板、粘诸低产因素, 严重影响柑桔生产的发展^[3-5]。在开发利用坡地红壤时, 工程措施对水土保持和改善生态环境的效果并不令人满意, 生物措施则有良好的水土保持作用和明显的生态效应, 已受到普遍重视^[3-7]。近年来, 作者在实施红壤开发项目和“八·五”国家科技攻关项目“南方红黄壤丘陵低产地综合治理研究”过程中, 大力引种香根草(*Vetiveria Zizanioides*)^[6,7], 丛植于新垦植的红壤坡地柑桔园等高土埂外侧, 形成草篱, 并定期刈割用作树盘覆盖材料, 已取得明显的生态效应。

1 材料与方法

试验在江西省临川县外资办小华山基点南京农业大学红壤试验站(116.5°E , 28.0°N)进行, 海拔约 50m; 中亚热带季风气候, 旱涝分明, 伏秋两季高温干旱, 土壤由第四纪红色粘土母质发育而成, 松土层 $>0.5\text{m}$, 由岗、坡、谷等地貌单元组成, 形成几公顷至数十公顷的集流面^[3]。试验选择 $5^\circ-10^\circ$ 、西南向的同一坡地集流面, 1988 年春全园等高开垦, 每隔 4m 筑一条高 0.1m、宽 0.5m 与坡向垂直的等高土埂, 土取自埂的上坡。在每小块地中央定植枳(*Poncirus trifoliata*)砧温州蜜柑(*Citrus unshiu*), 株距 3m, 在土埂外侧丛植一行香根草, 丛距 1—20cm, 每丛 3~4 株。常规栽培管理, 每年刈割香根草 0.3m 以上的茎叶 2—3 次, 覆盖于柑桔树盘土壤上。1992 年 8 月 22 日, 从 6:00 至 18:00 于每小时整点在柑桔树冠中部定位观测沿气温、相对湿度、光照强度、树盘表土温度和根际土壤(20cm 深)温度。同时, 用对角线法多点挖取柑桔

*“八·五”国家科技攻关项目 85-009-001-002-004 的一部分。

本研究获联合国世界银行颁发的 1993 年度国际科学研究奖。

收稿日期: 1993 03 16, 修改稿收到日期: 1993 06 11。

树根际土样,回实验室测定土壤含水量,理化指标和氨基酸含量^[6]。其中,土壤含水量用烘干称重法测定,土壤容重和孔隙率用环刀切割称重法测定,土壤 pH 用国产 MV-pH 计测定,土壤有机质、全 N、水解 N、速效 P 和速效 K 含量分别用重铬酸钾法、重铬酸钾-硫酸消化法、碱解蒸馏法、高氯酸-硫酸酸溶-钼锑抗比色法和火焰光度法测定,Ca、Mg、Cu、Zn、Fe 和 Mn 元素含量用原子吸收光谱法测定,土壤氨基酸用日立 835 型氨基酸自动分析仪测定。各项测定均重复 3 次,实验资料经电子计算机统计分析。香根草和柑桔树植株生长发育指标均在每年生长季节结束时按常规方法随机抽样调查。

2 结果与分析

2.1 香根草生长发育情况

试种结果表明,香根草很适应红壤坡地的生态环境。定植后第一年扎根深度就>1m,形成高 1m、宽 0.4m 的草篱,当年夏、秋季即可刈割 2 次,促发大量分蘖。以后,随着植株发育,分蘖逐年增多,生物量加大,鲜草产量进一步增加(表 1),足够就地供应柑桔树盘覆盖所需的材料。

表 1 红壤坡地柑桔园种植香根草的生长发育情况
Table 1 Growth and development of vetiver grass planted in sloping citrus groves of red soil ($\bar{x} \pm s$, $n=270$)

栽植后时间(a) Years after planting	草篱高 Grass row height (cm)	草篱宽 Grass row width (cm)	每丛分枝数 Tiller number per group	扎根深度 Rooting depth (cm)	鲜草年产量 Annual yield of fresh grass (t·hm ⁻²)
1	96.2±7.3	40.4±7.9	10.4±1.2	144.1±12.0	11.4±1.1
2	137.0±10.7	43.7±7.9	18.3±2.9	221.2±13.8	14.7±0.8
3	143.4±11.1	46.5±8.8	29.4±5.8	294.9±30.6	17.8±0.9
4	151.2±9.8	48.2±8.6	31.2±4.7	298.2±21.5	18.1±0.6

观察发现,日平均气温稳定通过 10—15℃时,香根草开始萌发;20—30℃时,进入快速生长发育期,土壤水分充足时,株高日生长量>2—3cm,即使在高温伏旱期,最高气温>40℃,仍保持日增高 0.5cm 的生长速率,说明香根草对高温干旱有较强的适应能力。由于其植株在冬季自然休眠,以宿根越冬,因此,抗寒性也很强。1991—1992 年冬春发生了一 15℃低温冻害,许多柑桔树冻死,香根草仍安然无恙。

2.2 改良柑桔园小气候环境的效果

与未种香根草的同类柑桔园相比(表 2),栽植香根草并割后覆盖树盘的柑桔园比树冠中部在高温伏旱期日平均气温降低 2.8℃,空气相对湿度提高 4.3%,光照强度减弱 18.6 klx;树盘表土温度日平均、最高值和日较差分别减小 5.1℃、19.1℃和 20.8℃,其最低值则增高 1.7℃;根际土壤日平均温度下降 1.7℃,含水率提高 2.8%。这些事实说明,栽植香根草对改良红壤坡地柑桔园小气候环境有明显的效应,尤其在高温伏旱期有良好的降温保湿作用。

2.3 对柑桔园改土培肥的效果

2.3.1 土壤物理性状 试验结果表明,红壤坡地柑桔园栽植香根草并覆盖树盘能改善土壤物理性状。与对照相比,栽香根草的柑桔园土壤容重下降 0.09t·m⁻³,孔隙率增加 3.8%(表 3)。使其土壤通气透水性增强,有利于蓄水保肥。

2.3.2 土壤化学性状 分析结果表明,栽植香根草的柑桔园与对照比土壤 pH 值上升 0.65,因而有利于改良红壤的酸性土质;土壤有机质,全 N、水解 N、速效 P 和速效 K 含量分别增加

4.60g·kg⁻¹、0.29g·kg⁻¹、17mg·kg⁻¹、2.4mg·kg⁻¹和 51mg·kg⁻¹;Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、B 和 Mo 等营养元素的含量依次提高 274mg·kg⁻¹、21.85mg·kg⁻¹、18.27mg·kg⁻¹、1.59mg·kg⁻¹、1.90mg·kg⁻¹、0.32mg·kg⁻¹、0.04mg·kg⁻¹和 0.01mg·kg⁻¹(表 3)。说明在红壤坡地柑桔园中栽植香根草有改良土壤化学性状的作用。其中,土壤 pH 值的提高和有机质的增加有利于增强土壤营养元素的有效性和柑桔树根系吸收功能,为柑桔树生长发育和开花结果创造有利的土壤理化条件。

表 2 栽种香根草对改良红壤坡地柑桔园小气候环境的效应

Table 2 Effect of planting vetiver grass on microclimate environment of sloping citrus groves in red soil (Aug. 22, 1992, fine)

处 理 Treatment	日平均气温 Mean daily air temperature (°C)	日平均空气 相对湿度 Mean daily air relative humidity (%)	日平均 光照强度 Mean daily sunlight intensity (klx)	树盘表土温度 Temperature of surface soil under the citrus tree			根际土壤 Rhizosphere soil of the citrus tree		
				日均值 Mean daily temperature (°C)	最高值 Max. (°C)	最低值 Min. (°C)	日较差 Daily variation (°C)	日均温 Mean daily temperature (°C)	含水率 Water content (%)
对照 Contrast	29.3	59.2	57.2	33.8	58.6	22.5	36.1	29.2	17.4
种香根草 Planting vetiver	26.5	63.5	38.6	28.7	39.5	24.2	15.3	27.5	20.2

表 3 栽植香根草对改良红壤坡地柑桔园土壤理化性状的效应

Table 3 Effect of planting vetiver grass on soil improvement of physical and chemical characteristics of sloping citrus grove in red soil (4 years after plantation)

处 理	土壤容重 Soil volume weight (t · m ⁻³)	土壤孔隙率 Soil porosity (%)	pH 值 pH	有机质 Organic matter	全 N Total N	水解 N Hydrdytic N	速效 P Effective P	速效 K Effective K
Treatment			value	(g · kg ⁻¹)			(mg · kg ⁻¹)	
对照 Contrast	1.35	48.6	4.70	10.30	0.54	47	7.0	24
种香根草 Planting vetiver	1.26	52.4	5.35	14.90	0.83	64	9.4	75

处 理	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Treatment					(mg · kg ⁻¹)			
对照 Contrast	252	70.36	14.37	3.85	1.15	0.75	0.10	0.04
种香根草 Planting vetiver	526	92.21	32.64	5.44	3.05	1.07	0.14	0.05

2.3.2 土壤氨基酸 N 素是柑桔树根系吸收的最主要营养,土壤中 90%以上的 N 素是有机 N 化合物,其水解物中最主要的成分是氨基酸^[9]。土壤受不同耕作制度的影响,以及光照、温度和湿度等环境条件、土壤理化性状和水分状况等发生变化时,其氨基酸含量及其组成也会随之改变^[9]。因此,分析土壤氨基酸含量及其组成,可进一步探讨其肥力水平的变化规律。结果表明,红壤坡地柑桔园中都存在 20 种土壤氨基酸(表 4)。其中,中性氨基酸含量最高,种类最多;酸性氨基酸含量次之,有 2 种;碱性氨基酸含量再次之,有 4 种;含硫氨基酸含量最低,有 2 种。在各类氨基酸中,中性氨基酸含量以甘氨酸最高,丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、丝氨酸、缬氨酸和苏氨酸其次;脯氨酸和苯丙氨酸再次,酪氨酸和 γ-氨基丁酸较低;酸性氨基酸中,天门冬氨酸和谷氨酸含量都较高;碱性氨基酸中,赖氨酸含量最高,精氨酸其次,组氨酸和鸟氨酸含量都较低;含硫氨基酸中,胱氨酸含量较高,蛋氨酸含量较低。

表 4 栽植香根草对红壤坡地柑桔园土壤氨基酸的影响

Table 4 Effect of planting vetiver grass on soil amino acids in sloping citrus groves of red soil (4 years after plantation)

处 理 Treatment	项 目 Item	中性氨基酸 Neutral amino acid												
		甘氨酸	丙氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	丝氨酸	缬氨酸	苏氨酸	脯氨酸	苯丙氨酸	磺基丙氨酸	酪氨酸	γ -氨基丁酸	总量
		GLY	ALA	ILE	LEC	SER	VAL	THR	PRO	PHE	CYSO ₃ H	TYR	γ -ABA	Total
对 照 Contrast	含量 (mg · kg ⁻¹) Content	38.62	22.41	21.60	21.25	18.37	16.25	14.32	8.78	8.76	6.54	3.21	1.12	181.23
	占百分比(%) Percentage	15.16	8.80	8.47	8.34	7.21	6.38	5.62	3.45	3.44	2.57	1.26	0.44	71.14
种香根草 Planting vetiver	含量 (mg · kg ⁻¹) Content	43.43	29.61	25.84	25.03	21.71	20.58	17.08	13.26	11.34	7.69	4.24	1.82	221.63
	占百分比(%) Percentage	13.91	9.48	8.28	8.02	6.96	6.59	5.47	4.25	3.63	2.46	1.36	0.58	70.99
处 理 Treatment	项 目 Item	酸性氨基酸 Acidic amino acid			碱性氨基酸 Basic amino acid					含硫氨基酸 Sulfuric amino acid			总氨基酸 Total of all amino acids	
		天门冬氨酸	谷氨酸	总量	赖氨酸	精氨酸	组氨酸	鸟氨酸	总量	胱氨酸	蛋氨酸	总量		
		ASP	GLU	Total	LYS	ARG	HIS	ORN	Total	CYS	MET	Total		
对 照 Contrast	含量 (mg · kg ⁻¹) Content	26.12	22.45	48.57	10.34	7.36	1.94	1.86	21.50	2.01	1.44	3.45	254.75	
	占百分比(%) Percentage	10.25	8.81	19.06	4.06	2.89	0.76	0.73	8.44	0.79	0.57	1.36	100.00	
种香根草 Planting vetiver	含量 (mg · kg ⁻¹) Content	30.21	28.34	58.55	12.91	9.00	2.91	2.81	27.63	2.73	1.65	4.38	312.19	
	占百分比(%) Percentage	9.68	9.08	18.76	4.14	2.88	0.93	0.90	8.85	0.87	0.53	1.40	100.00	

种香根草的柑桔园与未种者相比,总氨基酸含量增加了 $57.44\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其中,中性氨基酸、酸性氨基酸、碱性氨基酸和含硫氨基酸分别增加 $40.40\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $9.98\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $6.13\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.93\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。各种氨基酸中,所增加含量的多少顺序为:丙氨酸>谷氨酸>甘氨酸>脯氨酸>缬氨酸>异亮氨酸>天门冬氨酸>亮氨酸>丝氨酸>苏氨酸>苯丙氨酸>赖氨酸>精氨酸>磺基丙氨酸>酪氨酸>组氨酸>鸟氨酸>胱氨酸> γ -氨基丁酸>蛋氨酸(表 4)。从各类氨基酸占总氨基酸的百分比来看,除碱性氨基酸和酸性氨基酸略有增减外,其余变化不大。由于酸性土壤有利于碱性氨基酸的保存⁽⁹⁾,因此,供试红壤坡地柑桔园中土壤氨基酸组成的数量增减表现出了上述变化规律。这一结果进一步证明栽植香根草能提高红壤坡地柑桔园的土壤肥力。

2.4 对柑桔树生长发育的影响

调查结果表明,红壤坡地柑桔园中,种植香根草的树势明显比未种香根草者强。两者相比,4a 中前者比后者的树高增加 26cm,冠径扩大 25cm,干径增粗 0.65cm,新梢长度和粗度分别增加 5.22cm 和 0.03cm(表 5)。这说明红壤坡地柑桔园种香根草能促进柑桔树生长发育,起到生物间互补的效果。

表 5 栽植香根草对红壤坡地柑桔树生长发育的影响(4a 生, $\bar{x} \pm s, n=210$)

Table 5 Effect of planting vetiver grass on growth and development of citrus trees in sloping fields of red soil

处 理 Treatment	树 高 Tree height (m)	冠 径 Canopy diameter (m)	干 径 Trunk diameter (cm)	新梢长度 Shoot length (cm)	新梢粗度 Shoot diameter (cm)
对照 Contrast	1.32±0.12	1.40±0.18	4.21±0.60	36.28±8.60	0.39±0.11
种香根草 Planting vetiver	1.58±0.15	1.65±0.28	4.86±0.68	42.50±12.11	0.42±0.14

3 讨论

我国南方红壤区域尚有可垦荒地资源 73.3 万 km², 约占全国荒地资源的 1/6^[1,4]。进一步开垦红壤荒地, 发展柑桔等果树生产的潜力很大^[3]。但土壤贫瘠、理化性状不良, 以及生态环境恶化, 尤其是夏秋季持续高温干旱和冬季冻害已成为当前发展柑桔等果树生产的主要限制因素^[3]。大力改善生态环境和提高红壤地力是当务之急^[5]。本研究为改良红壤坡地柑桔园的生态条件提供了行之有效的新途径。这项成果已受到国内、外专家的关注和推荐, 正在大力推广应用^[7], 这将会取得更加显著的经济效益, 生态效益和社会效益。

香根草属 C₄ 植物, 光合同化效率高, 水分利用经济, 因而长势旺, 发育快, 适应性强; 其须根发达稠密, 扎根深, 植株内盐分含量高, 细胞原生质浓度大, 因此耐旱涝与寒、瘠; 同时, 有固 N 菌根, 所以能适应劣质土壤环境, 并有良好的改土培肥效应^[6,7]。由于香根草是多年生草本植物, 其草篱一旦建成, 就能长期生存, 并不影响果树生长。本研究表明, 在红壤坡地柑桔园中种香根草, 每 hm² 工本费 <500 元, 显著低于工程措施和其它生物措施。而且, 栽后当年就可形成草篱, 很快发挥生态效应, 其植株能自然形成有效拦截坡面径流的生物坝, 使径流水在坡面滞留时间延长, 水分能沿其根系渗入土壤深层; 同时, 径流所携带的泥土和枝叶被拦截于坡面上, 可加厚熟土层; 用其茎、叶覆盖柑桔树盘, 既能在伏秋旱期降温增湿, 又能培肥保墒, 冬季, 香根草植株能阻挡近地面冷空气, 减轻柑桔树冻害。此外, 香根草嫩茎可做饲料, 老茎可作燃料、编织原料和棚顶建材等, 根可提炼香水和药品。可见, 进一步综合开发和合理利用这种植物资源, 具有良好的应用价值和重要的现实意义。

参 考 文 献

- 1 李庆逵主编. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1985
- 2 胡国谦等. 中国优质水果资源的分布与适宜生态环境. 植物资源与环境, 1993, 2(1): 19—24
- 3 陈凯等. 江西省临川县果业结构调整与合理布局研究. 南京农业大学学报, 1993, 16(4): 107—112
- 4 赵其国等. 红黄壤地区农业资源综合发展战略与对策. 红壤生态系统研究(第 1 集), 北京: 科学出版社, 1992
- 5 黄国勤. 我国南方红黄壤地区农业生态问题及对策. 国土与自然资源研究, 1992, (4): 24—27
- 6 陈凯. 坡地水土保持植物——香根草. 植物杂志, 1993, 20(1): 19
- 7 陈凯等. 香根草——红壤坡地水土保持的优良草篱植物. 热带作物科技, 1993(6): 10—12
- 8 中国科学院南京土壤研究所著. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- 9 Stevenson F J. *Advances in organic geochemistry*. Editions Technips, Paris, 1974

ECOLOGICAL EFFECTS OF PLANTING VETIVER GRASS IN CITRUS GROVES ON SLOPING RED SOIL FIELDS

Chen Kai Hu Guoqian

(Department of Horticulture, Nanjing University of Agriculture, Nanjing, 210014)

Rao Huimao Xu Linhua Wu Huaqing

(County's Office of Foreign Capital Projects, Linchuan, Jiangxi Province)

Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) planted in line with contour furrows in sloping citrus groves of red soil grew and developed quickly and strongly, with an annual yield of fresh herb plant of about 15t/hm². The plants were cut down to cover the surface soil under the citrus trees so that the air temperature and soil temperature in the citrus groves were both decreased effectively, and on the contrary, the air relative humidity and water content of soil were both increased during the period of high temperature and drought seasons. In the summer, the over-strong solar radiation was partly shaded by the vetiver grass fence. There were remarkable benefits in water and soil conservation, and also in improving soil structure and fertility. The soil volumetric weight was decreased, while its porosity percentage, pH value, contents of organic matter, total N, hydrolytic N, effective P and K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo and 20 kinds of amino acids in the soil were all increased. The citrus trees, therefore, also grew and developed vigorously. Some new information were provided for regional development and comprehensive exploitation of red soil resources to obtain sustainable high yield and good quality of citrus and its efficient productivity and low cost in southern China.

Key words: red soil, sloping land, citrus grove, vetiver grass, ecological effect.