

宫川蜜柑根际土壤酶活性与土壤 养分含量相关性的研究

李洁荣, 邓业成, 叶家颖, 杨林林

(广西师范大学生物系, 广西桂林 541004)

摘要: 研究了不同肥力水平的宫川蜜柑根际土壤酶的活性及其与土壤农化特性的关系。结果表明: 高产园的土壤酶活性显著高于低产园的土壤酶活性。经统计分析, 土壤酶活性与养分含量均呈极显著相关。而且酶的活性在土壤中的分布有一定的规律性。其水平分布是在树冠内半径的 4/5 处至树冠滴水线范围内, 酶的活性最高, 由此处向内向外酶的活性逐渐降低; 其垂直分布是 0~20 cm 土层酶的活性最高, 随土层的加深而逐渐降低。

关键词: 宫川蜜柑; 根际; 土壤酶活性; 养分含量; 相关性; 分布规律

中图分类号: S154.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)02-0189-04

Studies on the correlation of soil enzyme activity of Gong-Chuan (*Citrus umshiu* MARC) root-area with soil nutrient content

LI Jie-rong, DENG Ye-cheng, YE Jia-ying, YANG Lin-lin

(Department of Biology, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: Soil enzyme activity of Gong-Chuan root-area and the relations between the enzyme activity and the agrochemical properties in soils with different fertility were studied. The results indicate that the soil enzyme activity in high-yield orchard is notably higher than that of in low-yield orchard, and the soil enzyme activity is remarkably correlated with the nutrient content. It is also shown that the distributions of soil enzyme activity in soils have some regularity. The enzyme activity is highest in its level distribution area from the location of 4/5 radius of tree crown to that of the maximal radius, and in area inward or outward from the above area the enzyme activity decreases gradually. The enzyme activity in its vertical distribution of soil of 0~20 cm depth is highest, and with the depth increasing, the enzyme activity decreases gradually.

Key words: Gong-Chuan (*Citrus umshiu* MARC); root-area; soil enzyme activity; nutrient content; correlation; distribution regularity

土壤中物质的转化、累积和分解是一个复杂的生物化学过程, 而这些过程几乎都是通过酶的作用

来完成的^[1]。土壤酶活性反映了土壤中进行的各种生物化学过程的动向和强度^[2]。在土壤肥力的研究

收稿日期: 2001-05-25

作者简介: 李洁荣(1952-), 男, 广西横县人, 副教授, 生物学专业, 从事土壤肥科学的教学和科研工作。

中,土壤酶活性占有重要的地位。

近年来,国内外土壤学家研究了许多土类及不同作物根际土壤酶活性,但对官川蜜柑根际土壤酶活性的研究,目前仍未涉及。官川(*Citrus umshiu* MARC)是温州蜜柑中的一个早熟品种。我国南方各省及广西各柑桔产区均有栽培。根据市场的需求,经过近年来的柑桔品种结构调整及品种熟期搭配,不少柑桔产区积极发展早熟温州蜜柑官川,它在柑桔栽培中的比例仍有上升趋势。但是不少柑桔果园仍处于粗放型栽培,单位面积产量低,品质差,造成价低滞销。本研究旨在提高官川蜜柑果实的产量和品质,研究官川蜜柑根际土壤酶活性及其与土壤养分含量的关系,以及土壤酶活性的分布规律,

揭示该土壤肥力的实质,为制定官川蜜柑优质高产的施肥技术措施提供新的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

(1)土样在阳朔县白沙镇的7年生枳砧官川蜜柑果园采集,采土果园土壤质地为粘壤。选择高产、低产树各5株,分别在每株树的树冠滴水线上采0~40 cm深的土壤样品1个,共采10个样品,测定其脲酶、蛋白酶、转化酶的活性及有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾的含量。进行统计分析,找出高、低产果园的土壤肥力本质所在。

(2)在上述官川蜜柑果园中选择高产、低产树

表 1 不同肥力水平的官川蜜柑根际土壤酶活性及农化特性

Table 1 Enzyme activity and agrochemical properties of different fertility soils in Gong-Chuan root-area

采样株号 Free No.	土样编号 Sample No.	采土位置 Location	采土深度 Depth (cm)	pH	脲酶 Urease	蛋白酶 Protease	转化酶 Invertase	有机质(%) Organic matter	全氮 Total N(%)	全磷 Total P(%)	全钾 Total K(%)	碱解氮 Hydroly sable N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
高产园	1	r	0~40	5.6	0.788	0.433	6.68	2.85	0.188	0.152	1.86	175	8.08	89
	2	r	0~40	5.6	0.788	0.435	6.66	2.80	0.185	0.154	1.81	171	8.02	86
	3	r	0~40	5.6	0.789	0.429	6.69	2.81	0.187	0.153	1.87	173	9.01	84
	4	r	0~40	5.6	0.784	0.436	6.68	2.86	0.181	0.156	1.79	176	8.09	87
	5	r	0~40	5.6	0.779	0.431	6.64	2.85	0.186	0.151	1.86	180	9.02	83
平均				5.6	0.755	0.433	6.67	2.84	0.184	0.153	1.83	175	8.44	85.8
低产园	6	r	0~40	5.6	0.296	0.164	2.28	2.16	0.139	0.126	1.43	76	3.15	31
	7	r	0~40	5.6	0.298	0.161	2.22	2.15	0.140	0.124	1.42	79	3.18	39
	8	r	0~40	5.6	0.314	0.163	2.31	2.11	0.142	0.131	1.41	73	3.20	34
	9	r	0~40	5.6	0.318	0.162	2.33	2.13	0.147	0.126	1.39	75	3.17	37
	10	r	0~40	5.6	0.315	0.165	2.24	2.14	0.144	0.123	1.46	74	3.13	35
平均				5.6	0.308	0.163	2.296	2.14	0.142	0.125	1.43	76.4	3.17	35.2
高产园比低产园增加量					0.477	0.270	4.374	0.702	0.043	0.028	0.406	99.6	5.278	50.6
高产园比低产园增加(%)					154.77	165.52	190.51	32.83	30.20	22.27	28.47	132.10	166.71	143.75

注:脲酶、蛋白酶、转化酶的单位分别是: $\text{NH}_4\text{-N mg/g}$ 土, 37°C , 24 h; $\text{NH}_2\text{-N mg/g}$ 土, 30°C , 24 h; glucose mg/g 土, 30°C , 24 h。碱解氮、速效磷、速效钾的单位均为 $\mu\text{g/g}$ 。

Note: The unit of urease, protease, invertase is $\text{NH}_4\text{-N mg/g}$ 土, 37°C , 24 h; $\text{NH}_2\text{-N mg/g}$ 土, 30°C , 24 h; glucose mg/g 土, 30°C , 24 h respectively. The unit of hydroly sable N, available p, available K is $\mu\text{g/g}$.

各1株,以每株树干基点为圆心,至树冠滴水线为半径(r),分别在树冠内(1/2r处,4/3r处)、树冠滴水线上(r处)及树冠外($r+1/2r$ 处)垂直采0~40 cm土层的土壤样品,每株树采土样4个,共8个。分析官川蜜柑根际土壤脲酶、蛋白酶、转化酶活性及其养分含量的水平分布规律。

(3)在上述2株树中,分别在每株树滴水线上(r处),采0~20 cm,20~40 cm,40~70 cm不同土层的土壤样品3个,共计6个。分析官川蜜柑根际土壤脲酶、蛋白酶、转化酶活性及其养分含量的垂直分布规律。

1.2 方 法

土壤养分含量的测定,用土壤常规分析方法。

土壤脲酶活性用靛酚比色法,蛋白酶活性用茚三酮比色法,转化酶活性用3,5-二硝基水杨酸比色法。用计算机计算土壤脲酶、蛋白酶、转化酶的活性之间及其与养分含量的相关系数。

2 结 果 与 分 析

2.1 不同肥力水平的土壤酶活性及土壤特性

从表1可知,不同肥力水平的土壤酶的活性、农化特性是有差异的。高产园土壤的酶活性、农化特

性均高于低产园土壤。高产园土壤比低产园土壤的各项测定值增加的百分率分别是:脲酶 154.77、蛋白酶 165.52、转化酶 190.51、有机质 32.83、全氮 30.20、全磷 22.17、全钾 28.47、碱解氮 132.10、速效磷 166.77、速效钾 143.75。但不论是高产园的土壤还是低产园土壤,其有机质、全氮、全磷、全钾增加的百分率都较小,而其速效养分和酶的活性增加的百分率都很大。这说明土壤酶活性在土壤物质的分解和转化过程中起了重要作用。

表 2 宫川蜜柑根际土壤酶活性与养分含量的相关性

Table 2 Correlation coefficient of enzyme activity and nutrient content in Gong-Chuan root-area

	蛋白酶 Protease	转化酶 Invertase	有机质 Organic matter	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	碱解氮 Hydroly Sable N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
脲酶 Urease	0.996 7	0.994 2	0.847 2	0.885 7	0.765 9	0.750 9	0.988 3	0.976 3	0.980 0
蛋白酶 Protease	-	0.995 4	0.843 7	0.828 1	0.756 9	0.732 3	0.993 0	0.968 1	0.979 0
转化酶 Invertase	-	-	0.833 8	0.819 5	0.740 2	0.726 0	0.993 6	0.928 1	0.982 3

$$|r| = \begin{cases} 0.404 & p=0.05 & \text{显著相关 Notable correlation} \\ 0.515 & p=0.01 & \text{极显著相关 Most notable correlation} \end{cases} \quad \text{样品数} = 24; \text{ Sample numbers} = 24$$

表 3 宫川蜜柑根际土壤酶活性及养分含量的水平分布

Table 3 Level distribution of enzyme activity and nutrient content in Gong-Chuan root-area

采样序号 Tree No.	土样编号 Sample No.	采土位置 Location	采土深度 Depth (cm)	pH	脲酶 Urease	蛋白酶 Protease	转化酶 Invertase	有机质 (%) Organic matter	全氮 Total N (%)	全磷 Total P (%)	全钾 Total K (%)	碱解氮 Hydroly sable N	速效磷 Available P	速效钾 Available K	
高产园	1	11	1/2 r	0~40	5.6	0.678	0.325	4.750	2.09	0.149	0.123	1.44	125	5.09	52
	1	12	4/5 r	0~40	5.6	0.790	0.457	6.662	2.86	0.186	0.158	1.86	174	5.75	86
	2	13	r	0~40	5.6	0.781	0.448	6.584	2.79	0.175	0.149	1.78	169	5.69	78
	1	14	r+1/2 r	0~40	5.6	0.464	0.206	3.812	1.51	0.121	0.087	1.21	96	4.71	46
低产园	6	15	1/2 r	0~40	5.6	0.203	0.135	1.752	1.675	0.101	0.096	1.276	58	2.554	21
	6	16	4/5 r	0~40	5.6	0.308	0.164	2.371	2.134	0.146	0.126	1.481	76	3.212	36
	6	17	r	0~40	5.6	0.298	0.158	2.281	2.083	0.139	0.120	1.472	71	3.181	32
	6	18	r+1/2 r	0~40	5.6	0.174	0.116	1.583	1.416	0.061	0.068	0.893	46	2.586	11

注:脲酶、蛋白酶、转化酶的单位分别是: $\text{NH}_4\text{-N mg/g} \pm 37^\circ\text{C}, 24\text{ h}$; $\text{NH}_4\text{-N mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$; $\text{glucose mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$ 。碱解氮、速效磷、速效钾的单位均为 $\mu\text{g/g}$ 。

Note: The unit of urease, protease, invertase is $\text{NH}_4\text{-N mg/g} \pm 37^\circ\text{C}, 24\text{ h}$; $\text{NH}_4\text{-N mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$; $\text{glucose mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$ respectively. The unit of hydroly sable N, available P, available K is $\mu\text{g/g}$.

2.3 宫川蜜柑根际土壤酶活性及养分含量的水平分布

从表 3 可知,宫川蜜柑根际土壤酶活性的水平分布规律,不论是高产园土壤,还是低产园土壤,都是在树冠内半径的 1/5 处至树冠滴水线的范围内,酶的活性最高。在树冠滴水线向外加冠幅半径长的 1/2 处显著降低。土壤养分含量的水平分布规律与土壤酶活性的水平分布规律是一致的。经观察发现,在宫川蜜柑树冠半径的 4/5 处至树冠滴水线的范围内,细根分布最密集,新根数量也多,根系活力最强,分泌的酶多,酶的活性最强。而在树冠滴水线

2.2 宫川蜜柑根际土壤酶活性与养分含量的相关性

大量研究资料指出,土壤酶活性与土壤有机质、全氮、全磷、有效氮、有效磷具有较好的相关性^[2~5]。某些土壤酶之间也有一定的关系^[4~5]。本研究结果(表 2)表明,土壤酶活性不仅与土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷呈极显著相关,而且与全钾、速效钾也呈极显著相关。同时,脲酶、蛋白酶、转化酶的活性之间也呈极显著相关。因此,土壤酶活性可作为评价该土壤肥力的指标。

向外加冠幅半径长 1/2 处,根系的分布明显减少,因此酶的活性最低。

2.4 宫川蜜柑根际土壤酶活性及养分含量的垂直分布

土壤中的酶活性及养分含量的垂直分布随土壤深度而递减,且有层次性^[3~5]。研究结果表明(表 4),不论是高产园还是低产园的土壤,其根际土壤酶活性及养分含量的垂直分布规律是,0~20 cm 土层的酶活性及养分含量最高,20~40 cm 土层稍低,而 40~70 cm 的土层最低。因为,土壤酶既来源于微生物,也来源于动、植物残体及植物根系^[6]。说明 0

~40 cm 土层是植物残体及微生物分布较多的层，也是根系分布的密集层，其分泌的酶也多，酶的活性就高。土壤 pH 值随土壤深度而递增，但变化幅度不大，在 5.4~6.8 之间，呈微酸性。

表 4 官川蜜柑根际土壤酶活性及养分含量的垂直分布

Table 4 Vertical distribution of soil enzyme activity and nutrient content in Gong-Chuan root-area

采样株号 Tree No.	土样编号 Sample No.	采土位置 Location	采土深度 Depth (cm)	pH	脲酶 Urease	蛋白酶 Protease	转化酶 Invertase	有机质(%) Organic matter	全氮 Total N(%)	全磷 Total P(%)	全钾 Total K(%)	碱解氮 Hydrolyzable N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
高产园	1 19	r	0~20	5.4	0.796	0.459	0.711	2.81	0.188	0.155	1.95	173.2	5.72	88.7
	1 20	r	20~40	5.6	0.769	0.438	6.562	2.69	0.185	0.148	1.81	168.6	5.63	81.1
	1 21	r	40~70	6.8	0.213	0.146	2.013	0.91	0.064	0.042	0.062	69.8	2.67	18.5
低产园	6 22	r	0~20	5.4	0.310	0.161	2.382	2.144	0.141	0.131	1.51	76.3	3.19	38.7
	6 23	r	20~40	5.6	0.288	0.138	2.201	2.008	0.129	0.120	1.46	75.4	3.04	31.8
	6 24	r	40~70	6.8	0.106	0.046	0.813	0.480	0.024	0.027	0.42	19.2	0.38	4.8

注：脲酶、蛋白酶、转化酶的单位分别是： $\text{NH}_4\text{-N mg/g} \pm 37^\circ\text{C}, 24\text{ h}$ ； $\text{NH}_2\text{-N mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$ ； $\text{glucose mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$ 。碱解氮、速效磷、速效钾的单位均为 $\mu\text{g/g}$ 。

Note: The unit of urease, protease, invertase is $\text{NH}_4\text{-N mg/g} \pm 37^\circ\text{C}, 24\text{ h}$; $\text{NH}_2\text{-N mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$; $\text{glucose mg/g} \pm 30^\circ\text{C}, 24\text{ h}$ respectively. The unit of hydrolyzable N, available P, available K is $\mu\text{g/g}$.

3 结 论

(1) 高产园的土壤与低产园相比较，土壤有机质、全氮、全磷的差异远不如速效养分和酶的活性差异大。说明官川蜜柑产量低的主要原因，是土壤酶活性低，土壤中的物质与能量转化缓慢，有效养分供应不足所致。可见，提高土壤酶活性是提高官川蜜柑产量的关键措施。

(2) 经统计分析，土壤酶活性与养分含量均呈极显著相关，土壤酶活性之间也呈极显著相关。因此，土壤酶活性可作为综合评价土壤肥力的指标之一。

(3) 官川蜜柑根际土壤酶活性及养分含量的水平分布规律是：在树冠内半径的 4/5 处至树冠滴水线的范围内最高，而在树冠滴水线向外加树冠冠幅半径长的 1/2 处显著降低。即距树冠滴水线愈远，土壤酶的活性及养分含量愈低。

(4) 官川蜜柑根际酶活性及养分含量的垂直分布规律是：0~20 cm 土层最高，20~40 cm 土层稍低，而 40~70 cm 土层显著降低。土壤酶活性随土层

的加深而减弱。

(5) 官川蜜柑施肥的最佳水平位置和深度，是在树冠内半径的 4/5 处至树冠滴水线的范围内 0~40 cm 土层较适宜。此处是植物的根系分布最密集，新根多，酶的活性最强，肥料的分解、转化速度快，释放的有效养分多，有利于根系的吸收利用。

参考文献：

- (1) 中国科学院林业土壤研究所，等. 全国土壤酶学论文集[C]. 沈阳：辽宁科学出版社，1988. 203-210.
- (2) 关松荫，沈桂琴，孟照鹏，等. 我国主要土壤剖面酶活性状况[J]. 土壤学报，1984，21(4)：368-380.
- (3) 中国科学院林业土壤研究所. 土壤肥力研究文集[C]. 沈阳：辽宁科学出版社，1984. 135-143.
- (4) 叶家颖，马承豪，邓业成. 银杏根际土壤酶活性研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版)，1997，15(3)：72-77.
- (5) 关松荫，张德生，张志明. 土壤酶及其研究法[M]. 北京：农业出版社，1986. 14-19, 115-120, 130-142.