

银杏园土壤酶活性与土壤肥力的关系研究

唐艳¹, 杨林林², 叶家颖³

S782.85-0.2

(1 广西柑桔研究所, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学, 广西桂林 541004)

摘要: 研究了银杏土壤酶活性与土壤肥力的关系, 试图探索利用土壤酶活性作为评价银杏果园土壤肥力的指标。结果表明, 有3种酶的活性与土壤肥力存在着极为密切的关系, 酶活性随土壤肥力的高低而有规律地变化。根据相关分析, 该土壤的脲酶、蛋白酶、转化酶的活性均与土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾及银杏果实产量呈极显著相关, 不同土壤酶活性之间也存在极显著的相关性。因此, 土壤酶活性作为评价银杏土壤肥力水平的指标是可行的。

关键词: 银杏; 土壤酶活性; 土壤肥力; 相关性

中图分类号: S154.2 **文献标识码:** A

Studies on the relationship between enzyme activity and fertility of soil in Ginkgo orchard

TANG Yan¹, YANG Lin-lin², YE Jia-ying²

(1. Citrus Research Institute of Guangxi, Guilin 541004, China; 2. Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: The relationship between enzyme activity and fertility of soil in Ginkgo orchard was studied, we attempted to use the enzyme activity of soil as an index to evaluate the fertility of soil in Ginkgo orchard. The results show that the enzyme activity of Urease, Protease and Invertase has closely relation with the fertility of soil, the enzyme activity varies regularly with high and low of fertility of soil. According to correlation analyse, enzyme activity of Urease, Protease, Invertase has extrememarked correlation with organic matter total N, total P, total K, hydrolysable N, available P, available K of soil and yield of Ginkgo. Different enzyme activity of soil has extreme-marked correlation. Therefore, it is reasonable that the enzyme activity of soil is used as an index to evaluate fertility of soil in Ginkgo orchard.

Key words: Ginkgo; enzyme activity; soil fertility; correlation

银杏 (*Ginkgo biloba* Linn.) 是古老的珍稀植物, 是裸子植物银杏纲中唯一存留下来的最古老的一个树种, 仅存我国, 被称为远古名贵植物的活化石⁽¹⁾。它是我国出口创汇的传统名特优果品, 桂

收稿日期: 1999-01-18

作者简介: 唐艳 (1965-), 女, 助理研究员, 生物学专业。

林市的兴安、灵川、全州是我国银杏主产区之一，年产量约占全国总产量的三分之一。然而，其产量远未满足国内外市场需求，故大幅度提高其产量是当务之急。从该产区目前的生产水平而言，加强果园土壤管理，促进土壤的培肥，是提高银杏产量的重要环节。因此，深入研究银杏果园土壤的肥力状况，对提高银杏的生产水平，具有重要的意义。

土壤酶在土壤营养物质的循环和能量的转化过程中起着重要作用。有关研究报道指出，研究土壤酶活性的变化，将有助于了解土壤肥力的现状和演化^[2]。对于土壤酶活性的研究，近年来取得了很大的进展。然而，对银杏园土壤酶活性的研究，仅叶家颖等报导了银杏根际的土壤酶活性研究^[3]。对银杏园土壤酶活性与土壤肥力的关系，至今尚无报导。因此，我们对银杏土壤酶活性与土壤肥力的关系进行了研究，试图利用土壤酶活性作为评价该土壤肥力的指标，为指导制定合理的银杏园土壤管理措施，定向培肥土壤和调控土壤肥力提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

于白果采收时，在灵川县海洋乡银杏园中，分别选择有代表性的高、中、低产园的银杏树各5株，并在每株树的树冠滴水线上采垂直0~40 cm深土层的土壤样品1个，共15个土壤样品，测定其脲酶、蛋白酶、转化酶的活性及有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾的含量，称各株白果的产量，分析不同肥力水平的土壤酶活性、养分含量及白果产量的变化。

同时，选择上述高、中、低产园的银杏树各1株，在每株的树冠滴水线上，分别采垂直0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm深的不同土层的土样各1个，每株树采1个土壤剖面，3个土样，共9个土样，分析不同土层的土壤酶活性与养分含量的变化。

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，转化酶用3,5-二硝基水杨酸比色法。

用电脑计算土壤脲酶、蛋白酶、转化酶的活性之间及其与土壤养分含量、银杏产量的相关系数。

土壤酶活性的表示单位：脲酶用 $\text{NH}_3\text{N mg/g}$ (\pm)，37℃，24 h；蛋白酶用 $\text{NH}_2\text{N mg/g}$ (\pm)，30℃，24 h；转化酶用 glucose mg/g (\pm)，30℃，24 h。

2 结果与讨论

2.1 不同肥力水平的银杏园土壤酶活性与化学性状

从表1的结果表明，其土壤酶活性与化学性状的变化趋势一致，其脲酶、蛋白酶、转化酶活性及有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾的含量均随土壤肥力水平的高低而有规律地变化。即肥力水平高的高产园土壤，不仅土壤养分含量最高，而且酶活性也最高。肥力水平居中的中产园土壤，其养分含量及酶活性均是中等。肥力水平最低的低产园土壤其酶活性及养分含量均最低。本研究结果揭示了土壤酶活性不仅与土壤碳、氮、磷、钾的含量密切相关，而且也能反映土壤速效氮、磷、钾含量水平。值得提出的是，该土壤不论中产园土壤还是低产园土壤与高产园土壤相比较，其土壤碳、氮、磷、钾全量的差异不如速效养分、土壤酶活性及银杏种实的差异大。从表1可见，中产园土壤比高产园土壤的各项测试值减少的百分率分别是：有机质14.16、全氮12.79、全磷9.84、全钾7.0，而碱解氮30.05、速效磷32.85、速效钾41.15、脲酶活性39.11、蛋白酶28.77、转化酶30.38、

表1 不同肥力水平的银杏园土壤酶活性及化学性状
Table 1 Enzyme activity and chemical properties of different fertility soil in Ginkgo orchard

| 样株号 Tree No. | 土壤号 Soil sample No. | 土壤质地 Soil texture | pH (H ₂ O) | 有机质(%) Organic matter | 全氮(%) Total N | 全磷(%) Total P | 全钾(%) Total K | 水解氮 (mol/L) Hydrolyzable N | 速效磷 (mol/L) Available P | 速效钾 (mol/L) Available K | 脲酶 ¹⁾ Urease | 蛋白酶 ¹⁾ Protease | 转化酶 ¹⁾ Invertase | 白果单株产 量(kg) Yield per tree |
|-----------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1 | 沙壤 | 7 | 3.23 | 0.213 | 0.196 | 2.05 | 203.0 | 9.68 | 81.0 | 0.881 | 0.485 | 7.94 | 47.0 |
| 2 | 2 | 沙壤 | 7 | 3.26 | 0.246 | 0.206 | 2.15 | 219.0 | 12.62 | 87.0 | 0.903 | 0.513 | 8.29 | 52.5 |
| 3 | 3 | 沙壤 | 7 | 3.25 | 0.224 | 0.201 | 2.12 | 217.0 | 11.34 | 85.0 | 0.891 | 0.506 | 8.18 | 51.0 |
| 4 | 4 | 沙壤 | 7 | 2.86 | 0.205 | 0.176 | 1.79 | 176.0 | 9.46 | 72.0 | 0.836 | 0.468 | 7.75 | 42.0 |
| 5 | 5 | 沙壤 | 7 | 2.95 | 0.208 | 0.186 | 1.91 | 198.0 | 9.59 | 76.0 | 0.875 | 0.476 | 7.86 | 45.0 |
| 平均 | | | | 2.91 | 0.219 | 0.193 | 2.88 | 202.6 | 10.5 | 80.2 | 0.877 | 0.49 | 8.00 | 47.5 |
| 6 | 6 | 粘壤 | 7 | 2.70 | 0.200 | 0.185 | 1.94 | 159 | 7.13 | 58.0 | 0.581 | 0.372 | 6.05 | 34.5 |
| 7 | 7 | 粘壤 | 7 | 2.68 | 0.198 | 0.183 | 1.89 | 149.0 | 6.85 | 48.0 | 0.576 | 0.356 | 5.68 | 28.3 |
| 8 | 8 | 粘壤 | 7 | 2.41 | 0.188 | 0.179 | 1.85 | 138.0 | 6.38 | 46.0 | 0.563 | 0.349 | 5.46 | 26.8 |
| 9 | 9 | 粘壤 | 7 | 2.36 | 0.186 | 0.164 | 1.83 | 134.0 | 6.15 | 43.0 | 0.491 | 0.338 | 5.37 | 26.3 |
| 10 | 10 | 粘壤 | 7 | 2.34 | 0.185 | 0.158 | 1.81 | 130.0 | 5.96 | 41.0 | 0.463 | 0.331 | 5.29 | 24.5 |
| 平均 | | | | 2.498 | 0.191 | 0.174 | 1.86 | 142.0 | 6.5 | 47.2 | 0.534 | 0.349 | 5.57 | 28.08 |
| 11 | 11 | 粘壤 | 7 | 2.10 | 0.180 | 0.151 | 1.76 | 96.0 | 4.38 | 21.0 | 0.251 | 0.203 | 3.91 | 20.3 |
| 12 | 12 | 粘壤 | 7 | 2.09 | 0.178 | 0.150 | 1.65 | 75.0 | 4.26 | 19.0 | 0.248 | 0.196 | 3.86 | 18.6 |
| 13 | 13 | 粘壤 | 7 | 2.06 | 0.158 | 0.145 | 1.48 | 61.0 | 4.14 | 17.0 | 0.229 | 0.181 | 3.41 | 11.8 |
| 14 | 14 | 粘壤 | 7 | 1.80 | 0.138 | 0.124 | 1.30 | 39.0 | 3.28 | 14.0 | 0.185 | 0.168 | 3.36 | 6.3 |
| 15 | 15 | 粘壤 | 7 | 2.08 | 0.159 | 0.146 | 1.51 | 64.0 | 4.16 | 18.0 | 0.236 | 0.187 | 3.48 | 12.5 |
| 平均 | | | | 2.03 | 0.163 | 0.143 | 1.54 | 67.0 | 4.04 | 17.8 | 0.23 | 0.187 | 3.6 | 13.9 |
| 中产比高产减少量 | | | | 0.142 | 0.028 | 0.019 | 0.14 | 61.0 | 3.18 | 33.0 | 0.343 | 0.141 | 2.43 | 19.42 |
| 中产比中产减少量 | | | | 14.16 | 12.79 | 9.84 | 7.00 | 30.05 | 32.85 | 41.15 | 39.11 | 28.77 | 30.38 | 40.88 |
| 低产比高产减少量 | | | | 0.88 | 0.056 | 0.05 | 0.46 | 136.0 | 5.64 | 62.4 | 0.647 | 0.303 | 4.40 | 33.60 |
| 低产比中产减少量 | | | | 30.24 | 25.58 | 25.91 | 23.00 | 67.00 | 58.26 | 77.81 | 73.77 | 61.84 | 55.00 | 70.74 |

1) 脲酶、蛋白酶、转化酶的活性单位分别是 NH₄-N mg/g, NH₄-N mg/g, glucose mg/g

表2 银杏园土壤中不同土层的酶活性及化学性状
Table 2 Enzyme activity and chemical properties of different soil depth in Ginkgo orchard

| 土壤 Soil | 树号 Tree No. | 土壤号 Soil sample No. | 采土深度 (cm) Depth | 有机质(%) Organic matter | 全氮(%) Total N | 全磷(%) Total P | 全钾(%) Total K | 水解氮 (mol/L) Hydrolyzable N | 速效磷 (mol/L) Available P | 速效钾 (mol/L) Available K | 脲酶 ²⁾ Urease | 蛋白酶 ²⁾ Protease | 转化酶 ²⁾ Invertase |
|------------|----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 高产园 | 16 | 16 | 0~20 | 3.08 | 0.23 | 0.21 | 1.12 | 202 | 14.84 | 82.9 | 0.891 | 0.516 | 8.12 |
| | 16 | 17 | 20~40 | 2.83 | 0.21 | 0.19 | 1.86 | 181 | 10.2 | 75.8 | 0.803 | 0.448 | 6.98 |
| | 16 | 18 | 40~60 | 1.48 | 0.13 | 0.11 | 1.32 | 125 | 5.1 | 35.2 | 0.512 | 0.313 | 3.81 |
| 中产园 | 17 | 19 | 0~20 | 2.59 | 0.20 | 0.18 | 1.97 | 161 | 10.6 | 61.2 | 0.587 | 0.397 | 6.12 |
| | 17 | 20 | 20~40 | 2.25 | 0.15 | 0.14 | 1.49 | 123 | 5.4 | 49.3 | 0.415 | 0.203 | 4.38 |
| | 17 | 21 | 40~60 | 1.02 | 0.10 | 0.09 | 0.98 | 81.3 | 2.8 | 23.4 | 0.271 | 0.153 | 1.13 |
| 低产园 | 18 | 22 | 0~20 | 2.24 | 0.17 | 0.15 | 1.87 | 101.4 | 4.5 | 22.4 | 0.263 | 0.216 | 4.06 |
| | 18 | 23 | 20~40 | 1.62 | 0.11 | 0.10 | 1.38 | 70.3 | 1.4 | 10.5 | 0.114 | 0.103 | 2.68 |
| | 18 | 24 | 40~60 | 0.73 | 0.04 | 0.05 | 0.63 | 29.1 | 0.63 | 0.4 | 0.068 | 0.051 | 0.74 |

2) 脲酶、蛋白酶、转化酶的活性单位同表1

白果产量 40.88; 低产园土壤比高产园土壤所测各项值减少的百分率分别是: 有机质 30.24、全氮 25.58、全磷 25.91 全钾 23, 而碱解氮 67, 速效磷 58.26, 速效钾 77.81, 脲酶活性 73.77, 蛋白酶 61.84, 转化酶 55、白果单株产量 70.74。说明土壤酶活性在土壤肥力的发展中起了重要的作用。高产园土壤在人为耕作培肥的作用下, 使得土壤中碳、氮、磷、钾含量得到积累, 有机肥的施用比中、低产园多, 直接为土壤带入大量的胞外酶, 从而酶的活性较强, 促进了土壤中营养物质的循环代谢, 使得土壤速效氮, 磷, 钾等有效养分含量较高, 保证适时供应银杏生长发育所需的营养, 获得了高产。中、低产园土壤较粘, 土壤结构性差, 通气不良, 土壤水、肥、气、热不协调, 影响了土壤酶的活性, 土壤的营养物质与能量转化速度缓慢, 供给有效养分不足而致产量低。可见, 土壤酶活性是一项最敏感的土壤生化指标, 可以反映该土壤肥力水平及供肥性能。

2.2 银杏园土壤中不同土层的土壤酶活性及化学性状

许多研究资料指出, 土壤中酶活性随土层加深而递减^[2~4]。本研究也进一步证实了这一观点。从表 2 反映出, 不论是高产银杏园还是中产银杏园、低产银杏园的土壤剖面, 其有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾的含量及土壤脲酶、蛋白酶、转化酶的活性均随土层加深而递减。这是因为上部土层有较多的营养物质及较强的生物学活性, 土壤结构也较好。土壤酶活性在该土壤各土层的变化与土壤碳、氮、磷、钾养分的变化是同步的, 说明土壤酶活性与土壤肥力水平有着极为密切的内在联系。

2.3 银杏园土壤酶活性与土壤肥力因素的相关性

50 年代初, Hofmann 提出用土壤酶活性作为衡量土壤的生物学活性与生产力的指标, 其后有些学者建议将这种相关用于农业生产实际^[5]。近年来, 我国学者也积极开展了对红壤、黑土、黑垆土、棕色石灰土、冲积土等土壤酶活性与土壤肥力的关系研究, 肯定了酶的活性可以作为衡量土壤肥力的指标。但是, 也有不少学者提出不同的见解, 例如 Koepf 曾提出酶活性与营养水平之间不存在紧密的相关性, 从而不能作为评价土壤肥力水平的标准^[5]。本研究相关分析结果表明 (表 3), 所测 3 种土壤酶活性与银杏园土壤肥力性状有极显著的相关性。

脲酶 脲酶能酶促尿素的水解, 尿素是以植物残体、厩肥组分和无机氮肥形式进入土壤, 也能作

为蛋白质和核酸等含氮有机化合物的转化中间产物在土壤中生成。它的水解产物——氨是高等植物氮与营养的直接来源。在研究蛋白酶的同时, 研究脲酶的活性将有助于更好地了解土壤氮素的转化进程。本研究表明 (表 3), 其脲酶活性不仅与全氮、碱解氮呈极显著相关, 而且与有机质、全磷、全钾、速效磷、速效钾也呈极显著相关。

蛋白酶 在进入土壤的植物残体和微生物体的组成中, 有相当大量的蛋白质。土壤蛋白酶能酶促这类物质水解成肽或氨基酸, 它与脲酶一道, 参与土壤氮素循环, 对土壤生命与作物生长起着重要作用。本研究结果表明 (表 3), 蛋白酶活性与土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮, 速效磷、速效钾均呈极显著相关。

转化酶 转化酶能酶促蔗糖分子中果糖基的 B 葡萄糖苷碳键的断裂, 使蔗糖水解成葡萄糖和果

表 3 银杏园土壤酶活性与土壤养分含量、白果产量的单相关系数

Table 3 Correlation coefficient of enzyme activity and nutrient content of soil and yield of Ginkgo

| | 蛋白酶 | 转化酶 | 有机质 | 全氮 | 全磷 | 全钾 | 碱解氮 | 速效磷 | 速效钾 | 白果产量 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 脲酶 | 0.995 | 0.996 | 0.972 | 0.907 | 0.925 | 0.856 | 0.978 | 0.968 | 0.993 | 0.975 |
| 蛋白酶 | | 0.994 | 0.968 | 0.918 | 0.930 | 0.881 | 0.986 | 0.966 | 0.994 | 0.974 |
| 转化酶 | | | 0.973 | 0.918 | 0.915 | 0.862 | 0.980 | 0.975 | 0.995 | 0.984 |

$$|r| = \begin{cases} 0.514 & P = 0.05 \text{ 时} & \text{显著相关水平} \\ 0.641 & P = 0.01 \text{ 时} & \text{极显著相关水平} \end{cases} \quad \text{样品数} = 15$$

糖。它存在于所有的土壤里,是至今研究得最多的土壤酶,因为土壤的肥力水平和生物学活性强度以及各种农业措施对于土壤的熟化作用,在转化酶的活性上,比其他酶的活性反映得更为明显。本研究表明(表3),转化酶的活性与土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾均呈极显著相关。

本研究的相关性分析还表明(表3),脲酶、蛋白酶、转化酶之间存在极显著的相关性。这就揭示了土壤酶在酶促土壤有机物质转化中,不仅显示专性特性,同时存在共性关系。酶的专性特性能反映土壤中这种或那种有机化合物的转化进程,而有共性关系的酶的总体活性,在一定程度上反映着土壤肥力的水平。我国有的学者研究指出:在评价土壤肥力水平时,酶的专性特性是不可忽略的一面,而应作更多考虑的则是与土壤主要肥力因素有关的分布最广的酶的总体活性。先前的许多学者之所以在土壤酶活性能否作为土壤肥力的指标的问题上存在争议,其原因正是较少地考虑到这一点^[6]。

从表3还可以看出,银杏园土壤脲酶、蛋白酶、转化酶的活性均与银杏种实产量呈极显著相关。

根据以上的相关性分析,脲酶、蛋白酶、转化酶的活性均能专性地或综合地反映土壤的有机质、氮、磷、钾的状况。这3种酶活性与银杏产量也呈极显著的相关性。3种酶之间也存在着极密切的关系,因此,土壤酶活性可作为评价银杏园土壤肥力水平及生产力水平的指标。

3 结 论

脲酶、蛋白酶和转化酶的活性均随土壤肥力水平的高低和土壤剖面深度的变化而有规律地变化。高产园土壤酶活性最高,其次是中产园土壤酶活性,而低产园土壤的酶活性最低。酶活性随土层加深而递减。根据相关分析,所测3种酶的活性均与碳、氮、磷、钾的全量及其速效养分含量白果产量呈极显著相关,酶活性之间也呈极显著相关。因此,酶活性可作为评价土壤肥力的指标。

参考文献:

- (1) 中国农业科学院果树研究所等主编. 中国果树栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1987. 851~852
- (2) 曹承绵, 李荣华, 张志明. 红壤的酶活性与土壤肥力[J]. 土壤通报, 1986, 17(7): 15~19
- (3) 叶家颖, 马承豪, 邓业成. 银杏根际的土壤酶活性研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 1997, 15(3): 72~77
- (4) 关松荫, 沈桂琴, 孟昭鹏等. 我国主要土壤剖面酶活性状况[J]. 土壤学报, 1984, 21(4): 368~380
- (5) 中国科学院林业土壤研究所等编. 全国土壤酶学研究文集[C]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1988. 7~14, 232~236