

徐淮平原农田防护林树木根系 对土壤酶活性影响的研究*

张金池 胡海波 张新中 郑在彬 赵宝华

摘要 研究了徐淮平原农田防护林树木根系对土壤中蔗糖酶、碱性磷酸酶、脲酶和蛋白酶活性的影响,得到如下结论:(1)在林带附近土壤酶活性较高,距林带较远处酶活性较低,根际土壤酶活性大于非根际土;(2)各土壤酶活性的垂直变化规律比较复杂,蔗糖酶和碱性磷酸酶活性自上而下逐渐减小,尤其是蔗糖酶急剧下降,脲酶和蛋白酶活性变化幅度较小;(3)树木根系,尤其是根径小于1 mm的吸收根和细根数量的增加,能够显著提高土壤酶的活性。

关键词 农田防护林、根系、根际、土壤酶活性

土壤肥力是植物生长的基础,作物产量的高低,森林生产力的大小都与它有着密切的关系。近几十年来,在土壤肥力研究中,由于分子生物学的成就,人们越来越重视土壤酶的研究,这是因为土壤酶是以蛋白质为主体的生物活性物质,土壤中许多生物化学过程(有机质的分解,物质的循环和转化等)基本上都是在各种酶的参与下完成的,因而对土壤酶的研究有利于进一步揭示土壤生物化学反应的本质。土壤酶与土壤理化性质和作物产量的关系在农业上研究得较多^[1~3],而在林业上,特别是在农田防护林中,探讨防护林树木根系对土壤酶活性空间变化规律的影响尚报道不多。本文对此进行系统的研究,现将研究结果报道如下。

1 研究区概况

试验区设在徐州市铜山县大庙镇和新沂市邵店镇,该地属暖温带湿润气候区,年平均温度14.5~15.6℃,年降水量800~900 mm,集中在6~8三个月,占全年降水量的60%以上。该地日照、高温和雨季一致,对农作物和林木生长十分有利。全年无霜期210 d左右,年平均蒸发量1700多mm,约比降水量大1倍。铜山县大庙镇的地貌类型主要为平原,土壤发育于黄河冲积母质,主要有沙土和二合土,还有少量飞沙泡土和山淤土,土壤质地大多为砂壤土和轻壤土,耕作层土壤有机质含量为0.50%~1.30%,全N为0.035%~0.090%,速效P为1.0~4.0 mg/kg,速效K为40.0~125.0 mg/kg,pH值为8.0~9.0,属碱性土。新沂市邵店镇为沭河、沂河冲积平原,土壤肥沃,质地良好(砂壤土和壤土),水源充足,土壤呈碱性。

1990年前,两地的农田防护林网都比较差,特别是大庙镇的林网极不规整,不仅林网化率低,缺株断带,而且病虫害极为严重,主要树种有大官杨,I-214杨,沙兰杨和刺槐等。1990年秋

1995—10—23 收稿。

张金池副教授,胡海波(南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037);张新中(安徽省合肥林校);郑在彬(江苏省铜山县林业局);赵宝华(江苏省徐州市绿化委员会)。

* 本文为国家黄淮海综合开发项目“徐淮平原农田防护林体系建设效益与配套技术研究”的部分内容。

对两镇农田防护林进行全面规划后, 于 1991 年春建立了以新一代速生杨树(I-69、W-46、NL-105、NL-106、NL-116、NL-121 和 NL-203) 为主体的农田防护林体系, 另外还有水杉、泡桐、国槐、铅笔柏、银杏、悬铃木等乔木树种, 林下配置有紫穗槐、杞柳、花椒、水蜜桃、金针菜等经济灌草植物。基本上形成了乔、灌、草主体配置的农田林网。现有林木生长整齐, 长势良好, 树木平均胸径 12.0~18.0 cm, 平均高 11.0~15.0 m。

2 研究方法

2.1 取样方法

为弄清农田防护林树木根系对土壤酶活性的影响, 选择典型林带(10 条), 在距林带 1、3、5 m 处挖土壤剖面, 其中 3 条林带在距林带 10、20 m 处增加 2 个剖面, 在每一取样点, 每一层(0~10 cm, 10~20 cm, 20~40 cm 和 40~80 cm) 各取 2~3 个样品, 均匀混合后再取出 0.5 kg 土样作为该层次的样品进行室内土壤酶活性的测定。取样时间为 1995 年 3 月 10~25 日, 天气比较干燥, 日平均气温 10 左右。此外, 还取了部分根际土, 用以比较其与非根际土之间的差异。将土样带回室内立即风干, 碾磨置冰箱保存备用, 保存时间应尽量缩短。

2.2 测定方法

2.2.1 蔗糖酶活性的测定 采用 T. A. ербакова 法(1968)^[4], 酶活性用每克土葡萄糖毫克数(37 , 24 h) 表示。

2.2.2 碱性磷酸酶活性的测定 采用改进后的 Hoffman 法(1986)^[4,5], 酶活性用每克土酚的毫克数(37 , 24 h) 表示。

2.2.3 脲酶活性的测定 采用 G. Hoffman 和 K. Teicher 法^[4], 酶活性用每克土氨态氮毫克数(37 , 24 h) 表示。

2.2.4 蛋白酶活性测定 采用 A. . Та лян и З. А. Арутюнян 法^[4], 酶活性用每克土氨态氮毫克数(30 , 24 h) 表示。

同时, 为研究土壤酶活性与树木根系的关系, 还进行了根系调查, 即在上述林带附近(1、3、5 m 处) 从上到下取 20 cm × 30 cm × 10 cm 的土柱, 直到没有根系为止, 拣出根系、洗净、烘干、分级, 并测定根长和根量。

3 结果与分析

3.1 土壤酶活性之间的相关分析

由表 1 可以看出, 各土壤酶活性之间均存在显著的相关关系, 蔗糖酶与碱性磷酸酶, 碱性磷酸酶与脲酶, 脲酶与蛋白酶达到了显著水平, 而蔗糖酶与脲酶, 蔗糖酶、碱性磷酸酶与蛋白酶虽然相关, 但相关系数较小, 这很可能是因有机肥、磷肥与氮肥不同的施肥方法引起的^[6]。

3.2 土壤酶的空间分布规律

3.2.1 土壤酶的水平分布 由表 2 可以看出, 在林带附近(5 m 以内), 由于树木根量, 尤其是 < 1 mm 细根数量较多, 4 种土壤酶活性均较高, 距林带 10、20 m 处, 此 4 种土壤酶活性均比 5 m 以内的有较大幅度的下降。距林带 1、3、5 m 处 0~20 cm 土层内蔗糖酶活性分别为每克土葡萄糖 21.28、19.25 和 20.59 mg, 而在 10、20 m 处其值分别为每克土葡萄糖 13.34、13.87 mg, 仅为 1 m 处的 62.7% 和 65.2%, 碱性磷酸酶、脲酶和蛋白酶也表现出同样的规律性, 表明

树木根系活动能有效地提高土壤酶的活性。

表1 各种土壤酶之间及其与根量之间的相关矩阵($n=26$)

项 目	蔗糖酶	碱性磷酸酶	脲酶	蛋白酶	< 1 mm 的根量	> 1 mm 的根量	总根量
蔗糖酶	1.000 0						
碱性磷酸酶	0.837 0 ^{***}	1.000 0					
脲 酶	0.396 2 [*]	0.594 9 ^{* *}	1.000 0				
蛋白酶	0.424 8 [*]	0.392 4 [*]	0.564 4 ^{* *}	1.000 0			
< 1 mm 的根量	0.526 0 ^{* *}	0.470 8 [*]	0.439 1 [*]	0.369 0 [*]	1.000 0		
> 1 mm 的根量	0.249 5	0.394 1 [*]	0.452 5 [*]	0.285 5	0.569 8 ^{* *}	1.000 0	
总根量	0.431 0 [*]	0.445 0 [*]	0.438 7 [*]	0.387 9 [*]	0.794 6 ^{***}	0.951 7 ^{***}	1.000 0

注: 根量指 $20\text{ cm} \times 30\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 土柱中的根系重量(g); * 表示 $\alpha=0.05$ 时显著相关, * * 表示 $\alpha=0.01$ 时显著相关, * * * 表示 $\alpha=0.001$ 时显著相关。

表2 林带附近土壤酶的活性

离林带直线距离(m)	根量 (g)	蔗糖酶 (mg 葡萄糖/g)	碱性磷酸酶 (mg 酚/g)	脲 酶 (mg 氨态氮/g)	蛋白酶 (mg 氨态氮/g)
1	12.781	21.28	1.242	0.178	0.125
3	8.953	19.25	1.212	0.171	0.137
5	6.741	20.59	1.278	0.175	0.120
10	1.235	13.34	1.066	0.128	0.099
20		13.87	1.026	0.114	0.097

注: 土壤酶活性均为 0~20 cm 土层内的平均值, 根量为 $20\text{ cm} \times 30\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 土柱内根径 < 2 mm 的根系重量。

对距离林带不同远处土壤酶活性进行差异显著性检验(见表3), 蔗糖酶、碱性磷酸酶和脲酶在距林带 1、3、5 m 处两两间没有显著差异, 而这 3 个点的酶活性均与 10、20 m 处的酶活性存在显著差异, 表明这 3 种酶的活性在林带附近确实高于较远处。不同距离处土壤蛋白酶的活性除距林带 3 m 和 5 m 间存在差异外, 其它变化规律与前述几种酶相同。

表3 不同位置土壤酶活性的差异性检验

距林带直线 距离(m)	蔗 糖 酶				碱 性 磷 酸 酶				脲 酶				蛋 白 酶			
	1 m	3 m	5 m	10 m	1 m	3 m	5 m	10 m	1 m	3 m	5 m	10 m	1 m	3 m	5 m	10 m
3	√				√				√				√			
5	√	√			√	√			√	√			√	×		
10	×	×	×		×	×	×		×	×	×		×	×	×	
20	×	×	×	√	×	×	×	√	×	×	×	√	×	×	×	√

注: "√"表示差异不显著($\alpha=0.05$), "×"表示差异显著。

3.2.2 土壤酶活性的垂直变化 由表4可见, 蔗糖酶和碱性磷酸酶活性随土层自上而下减小, 在距林带 1 m 处, 第 2~4 层(10~20 cm, 20~40 cm 和 40~80 cm) 蔗糖酶活性分别为第 1 层的 56.37%, 21.31% 和 1.73%; 碱性磷酸酶变幅较小, 第 2、3、4 层酶活性分别为第 1 层的 81.98%、56.92% 和 37.66%。蔗糖酶活性自第 1 层至第 4 层急剧下降, 这是由于根径小于 1 mm 的树木根系和农作物根系都集中在表土层, 并随土层向下急剧减少, 尽管在底土层(20 cm

以下) 根径大于 1 mm 的根系仍大量存在, 但从表 1 可知蔗糖酶活性与根径小于 1 mm 的根量相关极显著, 与根径大于 1 mm 的根量相关不显著, 故蔗糖酶活性大幅度下降。

表 4 土壤酶活性的空间变化

土壤酶	深度 (cm)	距林带距离(m)				
		1	3	5	10	20
蔗糖酶 (mg 葡萄糖/g)	0~10	27.41	23.55	17.11	16.25	17.82
	10~20	15.45	14.94	16.92	10.42	9.91
	20~40	5.84	5.08	4.96	2.31	1.83
	40~80	0.473				
碱性磷酸酶 (mg 酚/g)	0~10	1.365	1.330	1.337	1.229	1.205
	10~20	1.119	1.094	1.238	0.903	0.847
	20~40	0.777	0.845	0.612	0.623	0.555
	40~80	0.514				
脲酶 (mg 氨态氮/g)	0~10	0.140	0.164	0.181	0.136	0.121
	10~20	0.216	0.177	0.668	0.126	0.115
	20~40	0.109	0.133	0.136	0.990	0.105
	40~80	0.032				
蛋白酶 (mg 氨态氮/g)	0~10	0.136	0.165	0.142	0.106	0.108
	10~20	0.114	0.107	0.098	0.092	0.085
	20~40	0.156	0.129	0.115	0.071	0.076
	40~80	0.107				

脲酶活性除在 10~20 cm 土层内(距林带 1、3 m 处)较 0~10 cm 土层略高, 蛋白酶在 20~40 cm 土层(距林带 1、3、5 m 处)较其上层土壤略高外, 仍表现出自上而下逐渐减小的趋势。脲酶和蛋白酶在林带附近的反常现象, 可能与根系活动, 氮肥的施用方式^[6]以及它们酶促反应的物质不同有关。

3.3 树木根系对土壤酶活性的影响

根系与土壤酶活性的关系, 实际上是相互影响和相互促进的关系。肥沃的土壤, 土壤酶活性较高, 一般而论, 根系也

比较发达, 尽管林带附近农田中因耕作每年都要破坏表层根系, 但经过一段时间后毛细根和细根又很快生长出来, 恢复很快; 另一方面, 发达的根系在其生长发育过程中, 又会产生一些生物化学物质, 其中包括土壤酶, 它们能促进土壤微生物的活动, 从而提高土壤酶活性。由表 5 可以看出, 根际土壤酶活性明显高于非根际土, 即使在 40~80 cm 土层内当非根际土蔗糖酶活性为零时, 根际土蔗糖酶

活性仍高达每克土葡萄糖 28.74 mg, 表明根系活动有助于提高土壤酶的活性。

由前页表 1 可知, 除根径大于 1 mm 的根量与蔗糖酶和蛋白酶活性相关不显著外, 根径小于 1 mm 的根量和总根量与 4 种土壤酶活性之间均相关显著, 其中根径小于 1 mm 的根量与蔗糖酶活性之间相关极显著, 说明根径小于 1 mm 的吸收根和细根能更有效地提高土壤酶的活性。

4 结论与讨论

(1) 蔗糖酶、碱性磷酸酶、脲酶、蛋白酶 4 种土壤酶活性之间均存在显著的相关关系, 其中蔗糖酶与碱性磷酸酶, 碱性磷酸酶与脲酶, 脲酶与蛋白酶达到显著水平以上。

(2) 此 4 种土壤酶在林带附近(5 m 以内)活性均较高, 当距林带 10、20 m 时, 均比 5 m 以

表 5 根际土与非根际土土壤酶活性的比较

取样深度 (cm)	土样来源	蔗糖酶	碱性 磷酸酶	脲酶	蛋白酶
0~20	非根际土	19.21	1.286	0.193	0.138
	根际土	40.18	1.442	0.252	0.182
20~40	非根际土	0	0.575	0.105	0.150
	根际土	35.23	0.748	0.132	0.194
40~80	非根际土	0	0.417	0.048	0.097
	根际土	28.74	0.566	0.062	0.178

注: 土壤酶活性单位见表 4。

内的有较大幅度的下降,差异达到了显著水平。

(3)蔗糖酶和碱性磷酸酶活性随土层自上而下减小,脲酶活性除在 10~20 cm 土层(距林带 1、3 m 处)较 0~10 cm 土层略高,蛋白酶在 20~40 cm 土层(距林带 1、3、5 m 处)略高外,仍表现出自上而下逐渐减小的趋势。

(4)防护林树木根系活动有助于提高土壤酶活性,不同土层的根际土 4 种土壤酶的活性均大于非根际土,根径小于 1 mm 的吸收根和细根能更有效地提高土壤酶活性。

(5)土壤中蔗糖酶、碱性磷酸酶、蛋白酶活性越高,土壤肥力就越高^[1-3,6],只有脲酶除外^[7],但究竟脲酶活性要达到多少才会对农作物产生毒害作用?因它不是本文研究的内容,在此不作讨论,有待于今后作专门的研究。

参 考 文 献

- 1 胡海波,康立新,梁珍海,等.泥质海岸防护林土壤酶活性与理化性状关系研究.东北林业大学学报,1995,23(5):37~45.
- 2 李汉霖.应用聚类—主组元分析检验土壤酶活性作为土壤肥力指标的可行性.土壤通报,1990,21(6):217~274.
- 3 李勇.试论土壤酶活性与土壤肥力.土壤通报,1981,20(4):190~193.
- 4 关松荫.土壤酶及其研究法.北京:农业出版社,1986.
- 5 赵兰坡,姜岩.土壤磷酸酶活性测定方法的探讨.土壤通报,1986,17(3):138~141.
- 6 马志勤,张先婉.有机质对紫色土壤酶活性的影响.土壤通报,1992,23(1):24~27.
- 7 周礼恺.土壤的脲酶活性与尿素肥料在土壤中的转化.土壤学进展,1984,(1):1~7.

Characteristic Study on Soil Enzyme Activities of Shelter-forest for Farmland in Xuhuai Plain Area

Zhang Jinchi Hu Haibo Zhang Xinzhong Zheng Zaibin Zhao Baohua

Abstract This paper mainly deals with the characteristics of soil enzyme activities and the influence of tree root system on soil enzymes. The conclusions are as follows: (1) The relationship between the soil enzyme activities is close. The soil enzyme activities near the shelter-forest are much stronger than those in the farther place. (2) The vertical variation rules are complex, the activities of invertase and alkaline phosphatase are on a decline from the surface soil to deep soil. Near the shelterforest, the activities of urease and protease are the highest at 0~10 cm and 20~40 cm respectively whereas in the farther place their values decline from the surface to deep soil. The enzyme activities of rhizosphere soil are stronger than those of non-rhizosphere soil. (3) Tree root system, especially the root the diameter of which is thinner than 1 mm, could remarkably increase the soil enzymes activities.

Key words shelter-forest, root system, rhizosphere, soil enzymes activity