

DOI: 10.5846/stxb201405110956

曾艳, 周柳强, 黄美福, 黄金生, 韦运兰, 谢如林, 谭宏伟. 不同施氮量对桑园红壤耕层酶活性的影响. 生态学报, 2014, 34(18): 5306-5310.

Zeng Y, Zhou L Q, Huang M F, Huang J S, Wei Y L, Xie R L, Tan H W. Effects of nitrogen fertilization on enzyme activities in surface layer of red soil under mulberry cultivation. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(18): 5306-5310.

不同施氮量对桑园红壤耕层酶活性的影响

曾 艳¹, 周柳强¹, 黄美福¹, 黄金生¹, 韦运兰¹, 谢如林¹, 谭宏伟^{2,*}

(1. 广西农科院农业资源与环境研究所, 南宁 530007; 2. 广西农科院甘蔗研究所, 南宁 530007)

摘要:在广西红壤典型气候区研究施用氮肥对桑园土壤过氧化氢酶、脲酶、酸性磷酸酶和转化酶活性的影响, 为广西红壤区桑园合理施氮和耕地保育提供科学依据。试验设置 3 个施氮量水平 (N_1 : 120.75 kg N/hm², N_2 : 172.5 kg N/hm², N_3 : 207 kg N/hm²), 在冬季测定不同氮肥处理下耕层土壤酶活性, 并与桑叶产量进行相关分析。结果表明, 土壤脲酶和转化酶活性均随着施氮量的增加而增加, 过氧化氢酶和酸性磷酸酶活性在中等施氮量 (N_2 处理) 下较大。土壤转化酶和脲酶活性呈显著的正相关关系、转化酶和磷酸酶活性呈显著的正相关关系, 土壤脲酶、磷酸酶、转化酶活性与桑叶产量呈极显著相关。合理施用氮肥能提高桑园土壤转化酶、磷酸酶、脲酶活性, 土壤脲酶和蔗糖酶活性可作为评价桑园土壤肥力质量的指标之一。

关键词: 桑园; 土壤酶活性; 施氮量; 红壤区

Effects of nitrogen fertilization on enzyme activities in surface layer of red soil under mulberry cultivation

ZENG Yan¹, ZHOU Liuqiang¹, HUANG Meifu¹, HUANG Jinsheng¹, WEI Yunlan¹, XIE Rulin¹, TAN Hongwei^{2,*}

1 Agricultural Resources and Environment Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China

2 Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China

Abstract: Studying the effect of nitrogen fertilizer on soil enzymatic activities and Mulberry production is helpful for rational application of N fertilizer and preservation of cultivated lands in Guangxi. Four soil enzymes activities in surface layer of red soil were investigated by using a Mulberry field experiment with different N fertilization treatments in the representative climate zone of Guangxi province. There were three application levels for nitrogen fertilization, including 120.75 kg/hm² (N_1), 172.5 kg/hm² (N_2) and 207 kg/hm² (N_3). The soil enzymes activities were investigated in winter and their correlation with Mulberry leaf yield was analyzed. The results showed that the urease and invertase activities were enhanced with increasing N application rate, while the maximal activities of acid-phosphatase and catalase occurred under the moderate N application rate (N_2). Significant positive correlation was found between Mulberry leaf yield and activities of invertase, urease, and alkali-phosphatase. The invertase activity was closely correlated to the activities of alkali-phosphatase and urease.

Key Words: mulberry gardens; soil enzyme activities; nitrogen application rate; red soil

氮素是植物生长的必需大量元素之一, 同时也是组成植物体内蛋白质、酶类和维生素、生物碱、叶

绿素以及其它数千种物质的重要成分之一, 故氮肥对促进桑树生长发育及增产的效果最为显著。但

基金项目: 国家自然科学基金 (U1033004); 广西农科院基金 (2011JM12, 2013YM19, 2014JZ18); 农业部科技专项 (201003014, 201203030)

收稿日期: 2014-05-09; 修订日期: 2014-08-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hwtan@gxaas.net

是,一些蚕农为了获得较高的桑树叶片产量,未能根据土壤养分状况和桑树需肥规律而盲目地加大氮肥的施用量,这不但不能提高桑叶产量,反而加大了投入成本,致使养蚕质量差。造成氮肥利用率降低,土壤养分大量累积、盐分表聚、土壤酸化及生态环境恶化等现象日益突出,逐渐成为当前急需解决的关键问题,受到广泛的关注。因此,深入研究不同氮肥用量对桑园耕层土壤酶活性的影响,对广西桑树种植氮肥用量方面的研究,提高蚕桑的生产水平,发展优质蚕桑丝绸产业都具有重要的意义。土壤酶是土壤中动植物残体分解、植物根系分泌和土壤微生物代谢的产物,是一类具有生物化学催化活性的特殊物质,参与土壤中许多重要的生物化学过程,如腐殖质的合成与分解,有机化合物、高等植物和微生物残体的分解及其转化等^[1],为评价土壤肥力和土壤生态环境质量的重要生物学指标之一^[2-3],与土壤质量存在极为密切的关系。适量施用氮、磷、钾等无机肥料对土壤酶有一定的激活效应,能增强土壤酶活性^[4]。施肥可影响红壤旱地土壤微生物量及 C、N、P 的动态变化,并能调控土壤养分,提高各种土壤酶活性^[5]。目前有关不同氮肥处理对桑园土壤酶活性影响的研究报道相对较少。通过开展不同施氮肥处理对广西桑园土壤酶活性的影响研究,分析桑园土壤酶活性之间及土壤酶与桑叶产量之间的相关性,为制定合理的桑园土壤管理措施,定向培肥土壤和调控土壤肥力提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地设在广西南宁市良庆区书林镇书林村。位于 108°25'39.16"E, 22°44'35.41"N,属于典型的南亚热带季风气候,四季气温温暖适中,日照充足,年平均气温 21.6℃,年平均降水量 1562mm。属于典型的南亚热带季风气候。试验地土壤属于典型的赤红壤类型,其基本理化性状为:pH 4.4,有机质 17.0 g/kg,碱解氮 31.6 mg/kg,速效磷 73.85 mg/kg,速效钾 50.85 mg/kg。供试桑树品种为桑沙 22* 伦 109 品种 (*Morusatropurpurea* Roxb.),供试肥料为尿素(产于广西河池市, N 46%)、硫酸钾镁(产于青海, K₂O 22%)、过磷酸钙(产于广西贵港市, P₂O₅ 16%)。

1.2 试验方法

试验设 3 个不同氮施用水平,即 N₁(120.75 kg

N/hm²)、N₂(172.5 kg N/hm²)和 N₃(207kg N/hm²), 3 次重复,随机区组排列,小区面积 26.7 m²。各处理均施等量 148.5 kg/hm² K₂O 和 174.3kg/hm² P₂O₅。所施用肥料均作为基肥一次性施入。7 月收获期每小区调查 20 株桑树,测定其桑叶产量,并同期于每个试验区随机采集 3 个样点 0—20cm 土层土壤,同层混合后作为供试土样,样品采回后,立即放在 4℃ 冰箱中备用。

1.3 测定项目及方法

土壤脲酶用苯酚钠比色法测定,37℃ 培养 24h;磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法测定,37℃ 培养 24h;过氧化氢酶活性用高锰酸钾滴(0.1mol/L KMnO₄,30min);转化酶活性用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定,37℃ 培养 24h^[6]。

土壤基本理化性状采用常规分析法测定^[7]。有机质,用重铬酸钾容量法;全 N,用半微量凯氏法;全磷用高氯酸-硫酸-钼锑抗比色法;速效氮,用碱解扩散硼酸吸收法;速效磷,用 0.5mol/L 碳酸氢钠浸提,钼锑抗比色法;速效 K,用火焰光度法。

1.4 统计分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 11.0 软件对试验数据进行整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 施用氮肥对红壤区桑园耕层土壤酶活性的影响

2.1.1 不同氮肥处理对红壤区桑园耕层土壤过氧化氢酶活性的影响

不同施氮肥水平条件下桑园土壤过氧化氢酶活性存在明显差异。过氧化氢酶是一种重要的氧化还原酶,酶促有害物质 H₂O₂ 分解形成 H₂O 和 O₂,从而缓解甚至消除 H₂O₂ 的毒害作用,在一定程度上可以表征土壤生物氧化过程的强弱。从表 1 结果可以看出:与低氮肥处理 N₁相比,施氮肥降低了土壤中过氧化氢酶活性,N₃处理的过氧化氢酶活性最低,N₁的过氧化氢酶活性最高,各处理的过氧化氢酶活性变化为 0.120—0.195 mL g⁻¹ 24h⁻¹,各施氮肥处理间差异并不十分显著。

2.1.2 不同氮肥处理对桑园耕层土壤转化酶、脲酶活性的影响

肥料直接为桑树提供养料,桑树根系分泌释放酶类,残留根系也为土壤酶提供基质;肥料是微生物

的能量与底物,它能促进微生物的合成作用,土壤微生物区系释放分泌酶类,使土壤酶活性增强。

从表 1 可见,施氮肥处理的土壤转化酶、脲酶活性随着施氮量的增加而有所提高,说明氮肥施用对这三种酶均有激活作用。 N_2 和 N_3 处理的脲酶活性分别比 N_1 处理显著增加了 7.98%、12.8%,从而利于增加桑树氮的供给。蔗糖酶参与土壤碳循环,酶促蔗糖水解生成葡萄糖和果糖,为植物及微生物提供

重要的碳源。 N_2 处理 N_3 处理的蔗糖转化酶活性分别比 N_1 显著增加了 52.5%、62.5%,随着施氮量的增加蔗糖酶活性增幅均较大,表明施用氮肥有利于增强蔗糖酶活性。土壤转化酶、脲酶活性的变化趋势均表现为随施氮量的增加而逐渐增加,以 N_3 处理的土壤转化酶、脲酶活性最高, N_1 处理最低,且 N_3 处理与 N_1 处理的差异均达极显著水平。表明桑园土壤转化酶、脲酶活性的高低与施氮水平相关。

表 1 不同氮肥处理对红壤区桑园耕层土壤酶活性的影响

Table 1 Effect of nitrogen fertilization on soil enzymatic activities in surface layer of red soil under mulberry cultivation				
处理 Treatment	过氧化氢酶 ($\text{mL}_{0.1\text{mol/L KMnO}_4} \text{g}^{-1} 24\text{h}^{-1}$)	转化酶 ($\text{Glu.mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$)	磷酸酶 ($\text{Phenol mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$)	脲酶 ($\text{NH}_3\text{-Nmg g}^{-1} \text{d}^{-1}$)
	Catalase	Sucrase	Phosphatase	Urease
N_1	0.195a	12.39bB	0.192cC	0.188bB
N_2	0.122a	18.89aA	0.202aA	0.203aAB
N_3	0.120a	19.88aA	0.195bB	0.212aA

同列中不同的大写和小写字母分别代表 1%和 5%水平差异显著性

2.1.3 不同氮肥处理对红壤区桑园耕层土壤磷酸酶活性的影响

氮肥对桑园土壤磷酸酶活性的影响如表 1 所示。结果表明: N_2 处理 N_3 处理的磷酸酶活性分别比 N_1 显著增加了 5.2%、1.6%,施用氮肥将加速磷酸酶酶促土壤有机磷化合物的水解,生成更多植物可利用的无机态磷,增强土壤磷的供应能力。而过多施用氮肥,土壤磷酸酶的活性受到抑制,其中, N_1 处理最低, N_2 处理最高说明适当增加土壤氮含量可以促进磷酸酶的活性。

2.2 不同氮肥处理对红壤区桑树生长、桑叶产量的影响

从表 2 可以看出,桑叶产量随着施氮量的增加而先增加后降低,在各种氮肥施用水平中以 N_2 处理全年产量最高为 36089 kg/hm^2 ,其次是 N_3 为 34771

kg/hm^2 ,最低是 N_1 产量为 30654 kg/hm^2 ; N_3 和 N_2 比 N_1 分别增产桑叶 4117 kg/hm^2 和 5435 kg/hm^2 ,增产幅度分别为 13.43%和 17.73%,差异均达显著水平;而 N_3 和 N_2 之间差异不显著。。说明施用适量的氮肥有利于桑树的生长和产量的提高,当施氮量浓度大于 172.5mg/kg 时,可能会抑制桑树生长,增产效果不明显降低其产量。各氮肥处理间的叶片数,差异达到极显著水平,其叶片数多少顺序是: $N_2>N_3>N_1$;不同施氮水平对桑树生长特性均有促进作用,桑树枝条的各项经济性状指标都有一定的提高。 N_2 处理、 N_3 处理比 N_1 处理的平均条长伸长的幅度分别为 2.47%—5.10% (伸长了 4.90—7.70 cm)、2.10%—2.32% (伸长了 3.17—4.60 cm),差异达到极显著 ($P<0.01$) 水平;而处理 N_2 和处理 N_3 之间无显著差异。

表 2 不同氮肥处理对桑树生长的影响

Table 2 Effect of nitrogen fertilization on growth of mulberry trees			
处理 Treatment	桑叶产量/(kg/hm^2) Leaf yield of mulberry	叶片数/(叶/株) Number of leaves	枝条长/cm branch growth
N_1	30654 bB	51cC	198.67bB
N_2	36089 a A	55 aA	203.57aA
N_3	34771 a A	53 bB	203.27aA

同列中不同大写和小写字母分别代表 1%和 5%水平差异显著性

2.3 土壤酶活性与桑叶产量之间的相关性
桑园土壤酶活性之间,土壤酶活性与桑叶产量

相关关系如表 3 所示。土壤蔗糖转化酶和脲酶、蔗糖转化酶和磷酸酶活性均呈显著的正相关关系,特

别是土壤中转化酶活性与脲酶活性呈极显著正相关。土壤中脲酶、磷酸酶、转化酶活性与产量均为显著正相关,而过氧化氢酶活性与产量呈负相关。

表 3 桑园土壤酶活性与桑叶产量相关关系
Table 3 Correlation between soil enzyme activities and Mulberry leaf yield

	脲酶活性 Urease	过氧化氢酶活性 Catalase	磷酸酶活性 Phosphatase	转化酶活性 Sucrase
过氧化氢酶活性 Catalase	-0.092			
磷酸酶活性 Phosphatase	0.432	-0.938		
转化酶活性 Sucrase	0.968 **	-0.338	0.643 *	
桑叶产量 Mulberry leaf Yield	0.763 *	-0.714	0.912 **	0.900 **

$R_{0.05}=0.602, R_{0.01}=0.735, n=7$, * 和 ** 分别表示两因素间的相关性达 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的显著水平

3 讨论

土壤酶是土壤重要组成成分,参与土壤中许多重要的生物化学和物质循环过程,其活性的高低可以客观反映土壤肥力状况^[5,7]。土壤酶活性是土壤生物学活性的表现,也是衡量土壤肥力水平的重要指标,能反映土壤养分尤其是 N、P 转化能力的强弱,但土壤生物活性又受土壤养分状况、土壤质地等因素的影响^[9]。在本试验土壤肥力条件下,桑园土壤转化酶、磷酸酶、脲酶活性对氮肥有积极的响应,这一方面是因为适量施入氮肥有利于协调桑园土壤 C/N,改善土壤理化性质,从而有助于桑树和土壤微生物的生长,使更多的酶伴随着旺盛的根系活动和土壤动物、微生物的生命活动而进入土壤;另一方面氮肥的分期施入补充了桑园土壤中氮的消耗,促进了土壤微生物的繁殖,从而提高了土壤酶活性和土壤肥力。

施肥和作物残体可以改善土壤水热状况和微生物区系从而影响土壤酶活性,改善土壤^[10]。增施有机物料和化学肥料有利于改善土壤理化性质和微生物区系,提高土壤酶活性^[11]。在本试验条件下,施氮量的增加各施氮肥处理间差异并不十分显著,这与有关资料认为过氧化氢酶活性在施肥处理间差异较小相似。但也与有些文献报道长期施肥可以提高土壤过氧化氢酶活性不同:可能是由于所研究的土壤类型、施肥方式及肥料用量不同的缘故。随着施氮量的增加,土壤酶活性呈升高趋势,土壤磷酸酶 N₂ 处理的最高,土壤脲酶和转化酶最高值出现在 N₃ 处理。表明在氮肥对土壤脲酶、转化酶均有激活作用。可能是由于氮肥促进了作物根系代谢,使根系分泌物质增多,加快了微生物的繁殖,而根际微生物通过吸

收土壤中的养分,形成了近根缓效供应的养分库,从而有利于土壤酶活性的提高^[12-13]。随着桑树的生长,桑根系分泌物增加,土壤微生物数量增加,土壤脲酶活性增强,促进了土壤有机氮的转化,从而提高了土壤氮素肥力^[14-15]。但如果肥料用量超过最大临界范围,酶活性将会降低^[6]。本研究结果表明,氮肥施用量在 172.5—207 kg/hm² 范围内均有利于桑园土壤酶活性的提高,增加氮肥可提高桑园土壤脲酶、转化酶和酸性磷酸酶活性,但不同土壤酶活性的影响变化有所不同,土壤磷酸酶适宜氮用量(N₂)处理的最高,土壤脲酶和转化酶出现在高施氮量(N₃)处理。桑园土壤转化酶和脲酶、转化酶和磷酸酶活性均呈显著或极显著相关。除与土壤过氧化氢酶外,土壤脲酶、磷酸酶、转化酶与桑叶产量呈显著相关性,可作为衡量土壤肥力水平的灵敏指标之一。

4 结论

合理施用氮肥能提高桑园土壤转化酶、磷酸酶、脲酶活性,可以为桑园稳产高产创造良好的土壤生物化学环境,土壤脲酶和蔗糖酶活性可作为评价桑园土壤质量指标之一。施用过多的氮肥,土壤过氧化氢酶、磷酸酶活性受到抑制。

References:

[1] Zhang X Y, Sui Y Y, Wang Q C, Yu T Y, Zhang S L, Cheng W. Relationship between black soil organic matter content and corn productivity. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38 (4): 657-660.
[2] Song R, Wu C S, Mou J M, Jiang Y, Guo J X. Effects of maize stubble remaining in field on dynamics of soil microbial biomass C and soil enzyme activities. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(3): 303-306.

- [3] Wang Q K, Wang S L, Feng Z W, Huang Y. Active soil organic matter and its relationship with soil quality. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 513-519.
- [4] Ye J Y, Ma C H, Yang A P, Qin L F, Jiang D G. A study on enzyme activity of persimmon root-range soil. *Journal of Guangxi Normal University: Natural Science*, 2000, 18(4): 82-86.
- [5] Lin T, He Y Q, Li C L, Yang F, Xu J B. Response of soil enzymes to long-term fertilization in upland red soil. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(4): 682-686.
- [6] Guan Y S. *Soil Enzyme and Methods*. Beijing: China Agricultural Press, 1986: 260-360.
- [7] Lu R K. *Soil Agrochemistry Analysis Method*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.
- [8] Zhang X J, Liu J H, Li L J, Duan Y K, Wang Z G, Su S H. Effects of different conservation tillage on soil microbes quantities and enzyme activities in dry cultivation. *Chinese Journal of Soil Science*, 2009, 40(3): 542-546.
- [9] Sun B, Zhao Q G, Zhang T L. Soil quality and sustainable environment. Biological index of soil quality assessment. *Soils*, 1997, (4): 169-175, 184-184.
- [10] Deng S P, Tabatabai M A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. *Biology and Fertility of Soils*, 1997, 24(2): 141-146.
- [11] Vepsäläinen M, Kukkonen S, Vestberg M, Sirviö H, Niemi R M. Application of soil enzyme activity test kit in a field experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33(12/13): 1665-1672.
- [12] Xue D, Yao H Y, He Z L, Huang C Y. Relationships between red soil enzyme activity and fertility. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(8): 1455-1458.
- [13] Carreiro M M, Sinsabaugh R L, Repert D A, Parkhurst D F. Microbial enzyme shifts explain litter decay responses to simulated nitrogen deposition. *Ecology*, 2000, 81(9): 2359-2365.
- [14] Xu F L, Liang Y L, Zhang C E, Du S N, Chen Z J. Effect of fertilization on cucumber growth and soil biological characteristics in sunlight greenhouse. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(7): 1227-1230.
- [15] Yuan L, Yang B J, Zhen L J, Liu X C. Effects of long-term fertilization on enzymatic activities and transformation of nitrogen and phosphorus in soil. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1997, 3(4): 300-306.
- 参考文献:**
- [1] 张兴义, 隋跃宇, 王其存, 于同艳, 张少良, 程伟. 土壤有机质含量与玉米生产力的关系. *土壤通报*, 2007, 38(4): 657-660.
- [2] 宋日, 吴春胜, 牟金明, 姜岩, 郭继勋. 玉米根茬留田对土壤微生物量碳和酶活性动态变化特征的影响. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 303-306.
- [3] 王清奎, 汪思龙, 冯宗炜, 黄宇. 土壤活性有机质及其与土壤质量的关系. *生态学报*, 2005, 25(3): 513-519.
- [4] 叶家颖, 马承豪, 杨爱平, 秦连发, 蒋德光. 月柿根际土壤酶活性的研究. *广西师范大学学报: 自然科学版*, 2000, 18(4): 82-86.
- [5] 林天, 何园球, 李成亮, 杨芳, 徐江兵. 红壤旱地中土壤酶对长期施肥的响应. *土壤学报*, 2005, 42(4): 682-686.
- [6] 关荫松. *土壤酶及其研究法*. 北京: 农业出版社, 1986: 260-360.
- [7] 鲁如坤. *土壤农业化学分析方法*. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [8] 张星杰, 刘景辉, 李立军, 段宇坤, 王智功, 苏顺和. 保护性耕作方式下土壤养分、微生物及酶活性研究. *土壤通报*, 2009, 40(3): 542-546.
- [9] 孙波, 赵其国, 张桃林. 土壤质量与持续环境 II. 土壤质量评价的碳氮指标. *土壤*, 1997, (4): 169-175, 184-184.
- [12] 薛冬, 姚槐应, 何振立, 黄昌勇. 红壤酶活性与肥力的关系. *应用生态学报*, 2005, 16(8): 1455-1458.
- [14] 徐福利, 梁银丽, 张成娥, 杜社妮, 陈志杰. 施肥对日光温室黄瓜生长和土壤生物学特性的影响. *应用生态学报*, 2004, 15(7): 1227-1230.
- [15] 袁玲, 杨邦俊, 郑兰君, 刘学成. 长期施肥对土壤酶活性和氮磷养分的影响. *植物营养与肥料学报*, 1997, 3(4): 300-306.