

施肥对文冠果养分吸收及土壤酶活性的影响

魏 猛¹, 娄燕宏², 栾森年³, 诸葛玉平¹

(1. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 中国科学院武汉植物园 湖北 武汉 430074;

3. 山东博瑞文冠果农林开发有限公司, 山东 莱芜 271111)

摘 要: 针对山东省棕壤山地丘陵区的养分状况, 研究了施用有机肥和不同水平氮、磷肥对文冠果养分吸收及土壤酶活性的影响。结果表明: 施用有机肥和氮、磷配施均能显著提高叶片的全氮、全磷含量, 此外, 施用有机肥还使叶片的全钾含量有显著提高。有机肥处理能够显著提高土壤中过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、酸性磷酸酶的活性。施用氮、磷肥抑制过氧化氢酶和土壤脲酶的活性, 其抑制效应是高量氮、磷处理(N_2P_2) > 低量氮、磷处理(N_1P_1), 增强土壤蔗糖酶的活性, 促进效应为低量氮、磷处理(N_1P_1) > 高量氮、磷处理(N_2P_2), 而对土壤酸性磷酸酶活性影响不明显。在山东省棕壤山地丘陵区, 有机肥处理(M)对提高文冠果养分吸收及土壤酶活性的效果最好。

关键词: 施肥; 文冠果; 养分; 土壤酶活性

中图分类号: S 727.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)10-0032-04

我国山地丘陵区土地资源丰富, 但由于土壤贫瘠、水肥条件差, 大面积的山地丘陵没有得到合理的利用, 造成森林覆盖率低, 水土流失严重^[1]。文冠果(*Xanthoxerces sorbifolia* Bunge)是我国北方特有的木本油料作物, 已被国家林业局定为“生物质能源林”之一^[2,3], 在食用、药用、工农业原料、水土保持、生态绿化、生物质能源等方面都有重要的用途。文冠果具有耐瘠薄、耐干旱、耐盐碱的特性, 为在山地丘陵区的种植提供了有利条件, 但文冠果树形小, 生长缓慢限制了其推广种植。近年来, 国内外对文冠果的研究较多集中在育种和栽培技术方面, 而施肥对文冠果的影响至今未见报道。为了推广文冠果在山地丘陵区的种植, 亟需探讨一种适合文冠果的合理施肥技术。

土壤酶是土壤生物学活性的重要组成部分, 反映了土壤各种生物化学过程的动向和强度, 在土壤的物质循环和能量循环中起到非常重要的作用。由于土壤酶活性的变化, 可以表征土壤熟化程度, 是土壤物理化学特性的综合反映, 对土壤供肥能力和促进土壤良性生态循环有较大作用, 是近年来土壤质量评估工作中必不可少的内容^[4]。该试验结合山东省棕壤丘陵区低氮少磷的养分状况, 研究施用有机肥、不同水平氮、磷肥配施对文

冠果养分吸收及土壤酶活性的影响, 以期对山地丘陵区文冠果种植的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况与供试土壤

试验地位于山东省莱芜市和庄乡大英章村文冠果种植基地, 该区属暖温带大陆性季风气候, 气温偏高, 降水偏少, 干旱、风灾严重。年平均气温 11.0~13.0℃, 降水量 760.9 mm, 日照多年平均 2 629.2 h, 无霜期 204 d。试验地为向阳坡梯田, 土壤类型属棕壤。供试土壤的 pH 5.58, 有机质 5.79 g/kg, 全氮 0.25 g/kg, 碱解氮 11.18 mg/kg, 速效磷 11.17 mg/kg, 速效钾 69.89 mg/kg, C/N 为 13.43。

1.2 试验材料

试验材料为 4 a 生文冠果人工林, 株行距 1.5 m × 2.0 m。供试肥料为尿素(N 含量为 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 含量为 12%), 有机肥为腐熟猪厩肥(N 含量为 1.68%、 P_2O_5 含量为 1.44%和 K_2O 含量为 0.97%)。

1.3 试验方法

该试验采用完全随机区组设计, 共设 4 个处理: (1) 不施肥(CK); (2) 有机肥(M); (3) 低量氮、磷配合施用(N_1P_1); (4) 高量氮、磷配合施用(N_2P_2)。M: 10 400 kg/hm², 与 N_2P_2 处理等 N 量; N_1P_1 : N 87 kg/hm², P_2O_5 43 kg/hm²; N_2P_2 : N 174 kg/hm², P_2O_5 86 kg/hm²。每个施肥处理 3 次重复, 各区组周围设保护行。从 2008 年 3 月 26 日开始, 分别在 0 d(施肥前)、30 d(开花期)、90 d(果实膨大期)、120 d(成熟期)、210 d(落叶期), 取 0~20 cm 土壤样品, 测定土壤中过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、酸性磷酸酶的活性; 在第 30、90、120 天取文冠果的叶片, 测定叶中的

第一作者简介: 魏猛(1983-), 男, 在读硕士, 研究方向为土壤生态与环境。E-mail: wmdoudou@163.com。

通讯作者: 诸葛玉平(1969-), 男, 博士, 教授, 现主要从事土壤生态及环境调控研究工作。E-mail: zhugeyp@sdau.edu.cn。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BAD98B01)。

收稿日期: 2010-02-22

全氮、全磷、全钾含量。

1.4 测定方法

土壤基本性质采用常规方法测定^[5]。植株全氮采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 凯氏定氮法; 植株全磷采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 钼锑抗比色法; 植株全钾采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 火焰光度计法^[5]。土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定, 以 1 g 土消耗 0.1 mol/L KMnO₄ 毫升数表示; 土壤脲酶活性采用靛酚比色法测定, 以 1 g 土 24 h 产生的 NH₃-N 毫克数表示; 土壤蔗糖酶活性采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法测定, 以 1 g 土 24 h 产生的葡萄糖 (Glucose) 毫克数表示; 土壤酸性磷酸

酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定, 以 1 g 土 24 h 产生的酚 (PhOH) 毫克数表示^[6]。

1.5 数据处理

采用 DPS 和 Excel 软件处理。

2 结果与分析

2.1 施肥对文冠果养分吸收量的影响

叶片是树木的同化器官, 在树木诸器官中叶的生理机能最为活跃。叶片养分含量不仅能反映林分营养状况, 而且能反映土壤营养变化及林地的养分供应状况, 是人工林营养管理的重要依据^[7,8]。

表 1 施肥对文冠果叶片养分质量分数的影响

Table 1 Effect of different fertilization treatments on nutrient content of leaves									
处理 Treatment	第 30 天 in the 30th day			第 90 天 in the 90th day			第 120 天 in the 120th day		
	N/ %	P/ %	K/ %	N/ %	P/ %	K/ %	N/ %	P/ %	K/ %
CK	3.94a	0.34b	0.95a	2.88b	0.14c	1.10a	2.40a	0.14b	0.90b
M	3.97a	0.38b	1.05a	3.09a	0.21ab	1.21a	2.46a	0.20a	1.15a
N ₁ P ₁	3.90a	0.39a	1.03a	3.11a	0.17bc	1.13a	2.41a	0.16ab	1.04ab
N ₂ P ₂	3.94a	0.43a	1.04a	3.15a	0.23a	1.07a	2.62a	0.16ab	1.03ab

注: 表中小写字母表示在 5%水平上的差异显著性。
Note: Small letter expresses $P<0.05$ level, significant differences among treatments in the same column are indicated by different letters.

2.1.1 施肥对文冠果叶片氮吸收量的影响 在文冠果整个生长期中, 叶片全氮含量随着文冠果的生长呈现逐渐降低趋势(表 1)。施肥处理的叶片全氮含量均高于对照处理。与 CK 相比, M、N₁P₁ 和 N₂P₂ 处理在果实膨大期差异性达到显著水平, 提高幅度分别为 7.29%、7.99%、9.37%, 由此说明, 在该立地条件下, 施肥能够提高叶片的全氮含量。在开花期和成熟期, 各处理间差异性均未达到显著水平, 这可能是由于在开花期利用的养分主要来源于去年积累的养分, 各施肥处理间差异不显著; 随着文冠果叶片生长量的增加, 对全氮的含量具有一定稀释作用, 同时土壤中氮素含量也在降低, 造成在成熟期处理间的差异性不显著。

2.1.2 施肥对文冠果叶片磷吸收量的影响 叶片的全磷含量变化与全氮含量呈现相似的变化规律(表 1)。M、N₁P₁ 和 N₂P₂ 处理叶片的全磷含量均高于 CK 处理。与 CK 相比, M 处理在果实膨大期和成熟期差异性达到显著水平, 提高幅度分别为 50.87%和 44.18%; N₁P₁ 处理在开花期差异性达到显著水平, 提高幅度为 13.41%; N₂P₂ 处理在开花期和果实膨大期差异性达到显著水平, 提高幅度分别为 26.41%和 65.31%, 说明在该立地条件下, 施肥提高叶片的全磷含量效果明显。在整个生长期, M 处理较 N₁P₁ 和 N₂P₂ 处理叶片的全磷含量下降幅度缓慢。M 处理在成熟期叶片的全磷含量分别是同时期 N₁P₁ 和 N₂P₂ 处理的 1.24 和 1.27 倍, 且差异性均达到显著水平, 说明施用有机肥比施用氮、磷肥更能有利于促进叶片对磷的吸收。

2.1.3 施肥对文冠果叶片钾吸收量的影响 从表 1 可以看出, 叶片中的全钾含量与全氮、全磷不同, 呈现先升

高后降低的变化趋势。有机肥含钾丰富, 施用有机肥后文冠果叶片在成熟期全钾含量比不施肥处理有显著提高, 提高幅度为 27.78%, 而氮、磷配施虽在一定程度上提高了叶片中全钾的含量, 但增加幅度未达到显著水平, 说明施用有机肥更有利于促进叶片对钾的吸收。

2.2 施肥对文冠果土壤酶活性的影响

2.2.1 施肥对土壤过氧化氢酶活性的影响 过氧化氢是由生物呼吸过程和有机物的生物化学氧化反应产生的, 其对生物和土壤均具有毒害作用, 而存在于土壤中的过氧化氢酶则能催化过氧化氢分解为水和氧气, 从而解除了过氧化氢的毒害作用^[9]。各处理在开花期土壤过氧化氢酶活性急剧升高(图 1), CK、M、N₁P₁ 和 N₂P₂ 处理分别比施肥前提高了 3.58、4.21、2.86 和 2.82 倍, 这可能是由于在文冠果开花期前土壤生物呼吸作用增强, 同时随着土壤温度升高, 土壤的氧化还原能力增强, 导致过氧化氢酶活性随之增强。在文冠果整个生长期中, M 处理的过氧化氢酶活性最高, N₂P₂ 处理的过氧化氢酶活性最低。与 CK 相比, M 处理在开花期和成熟期对过氧化氢酶活性的提高作用达到显著水平, 提高幅度分别为 13.66%和 41.40%; N₁P₁ 处理在开花期、果实膨大期和成熟期对过氧化氢酶活性的抑制作用达到显著水平, 降低幅度分别为 15.76%、31.84%和 21.27%; N₂P₂ 处理在开花期、果实膨大期和成熟期对过氧化氢酶活性的抑制作用达到显著水平, 降低幅度分别为 16.61%、42.25%和 31.87%, 表明有机肥的施入能够提高土壤中过氧化氢酶的活性, 氮、磷配施使过氧化氢酶的活性降低且随着施肥量增加抑制作用越明显, 这与孙瑞莲等的研究结果相似^[10]。

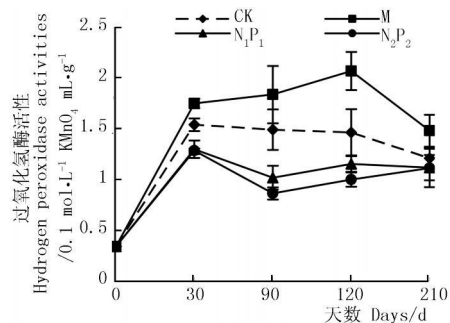


图1 不同施肥处理土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig. 1 Effect of different fertilization treatments on hydrogen peroxidase activities

2.2.2 施肥对土壤蔗糖酶活性的影响 土壤中蔗糖酶又叫转化酶,参与土壤中碳水化合物的转化,使蔗糖水解成葡萄糖和果糖,转化为植物和微生物能够利用的营养物质^[10]。各施肥处理土壤蔗糖酶活性的变化呈现先升高后降低又趋于平稳的变化趋势(见图2)。在文冠果的整个生长期中,M、N₁P₁和N₂P₂处理的平均蔗糖酶活性均高于CK处理,提高幅度分别为47.91%、16.64%和9.43%,且在成熟期与CK的差异性均达到显著性水平,这说明施肥有助于提高土壤中蔗糖酶的活性。M处理在果实膨大期蔗糖酶活性高于N₁P₁和N₂P₂处理,增高幅度分别达到55.15%和38.98%,且差异性均达到极显著水平,表明施入有机肥比氮、磷配施更有利于提高土壤蔗糖酶的活性。原因是有机肥含有大量有机碳,为蔗糖酶提供了更多的酶促基质,其本身亦带有丰富的微生物和酶。N₁P₁处理与N₂P₂处理间除在落叶期末达到显著性差异外,其余时期均达到显著性差异,这是由于施入适量氮、磷肥可以提高土壤蔗糖酶活性,而较高含量无机氮肥会抑制土壤蔗糖酶活性^[11],同时磷肥有助于提高土壤蔗糖酶的活性,造成N₁P₁处理土壤蔗糖酶活性并非一直高于N₂P₂处理,这个观点与王俊华等研究结果相似^[12]。

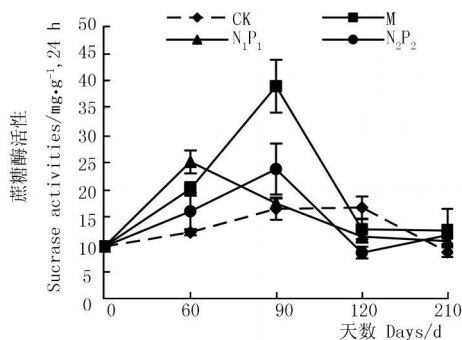


图2 不同施肥处理对土壤蔗糖酶活性的影响

Fig. 2 Effect of different fertilization treatments on invertase activities

2.2.3 施肥对土壤脲酶活性的影响 脲酶是一种酰胺酶,能水解有机物分子中肽键,其酶促反应产物氨是植

物氮源之一,其活性反映土壤有机态氮向有效态氮的转化能力和土壤无机氮的供应能力^[13]。从图3可以看出,在文冠果整个生长期中,M处理的土壤脲酶活性高于CK处理,且在果实膨大期和成熟期差异性均达到极显著水平,提高幅度分别为94.10%和86.67%,表明施入有机肥可以提高土壤中脲酶的活性。这主要是由于有机肥施入土壤中本身含有某些酶等活性物质,同时有机肥的施入增加了土壤有机质的含量,为土壤微生物的活动提供了大量的基质,有利于微生物的生长,从而可能增加土壤脲酶的数量,或促进土壤脲酶的活性^[14],总体效应是使脲酶的活性大幅度提高。N₁P₁处理和N₂P₂处理的土壤脲酶活性均低于CK处理,且二者间差异性不显著,这说明氮、磷配施会降低土壤脲酶活性,这是由于氮、磷肥施入土壤后,在脲酶的作用下尿素逐渐水解使铵态氮含量增高,增加了酶促反应的产物,从而抑制了脲酶的酶促反应^[15],使脲酶的活性降低,但随着氮、磷施用量的增加,土壤脲酶活性未呈现出显著性降低,这与二者叶片全氮含量得出的结果相一致。

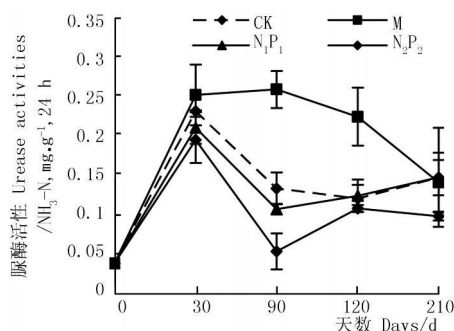


图3 不同施肥处理对土壤脲酶活性的影响

Fig. 3 Effect of different fertilization treatments on urease activities

2.2.4 施肥对土壤酸性磷酸酶活性的影响 土壤磷酸酶是催化土壤中磷酸单酯和磷酸二酯水解的酶,它可将有机磷酸酯水解为无机磷酸,土壤中有机磷是在它的作用下才能转化成可供植物吸收的无机磷^[12]。从图4可以看出,M处理土壤酸性磷酸酶活性在整个生长期中一直最高,与CK处理相比,在果实膨大期和成熟期差异性均达到极显著水平,提高幅度分别为40.80%和14.43%,表明施入有机肥可以明显提高土壤中酸性磷酸酶的活性。这可能是由于土壤酸性磷酸酶主要来自真菌,施入有机肥可以提高土壤中的微生物的数量,分泌大量的磷酸酶,从而提高土壤中磷酸酶的活性^[6]。在文冠果整个生长期中,N₁P₁处理和N₂P₂处理土壤酸性磷酸酶活性高于CK处理,除了在果实膨大期N₂P₂处理与CK处理的差异性达到显著水平外,其余时期差异性均未达到显著水平,且N₁P₁处理和N₂P₂处理间差异性也未达到显著水平,表明氮、磷肥施入并不能明显的提高土壤酸性磷酸酶活性,究其原因可能是因为供试土壤缺磷,土壤供磷能力远不能满足作物生长的需要,因此作物根系

分泌较多的磷酸酶,以促进土壤中有有机磷化合物水解生成可以被植物所利用的无机态磷,这是作物适应营养环境的一种机制¹⁹。

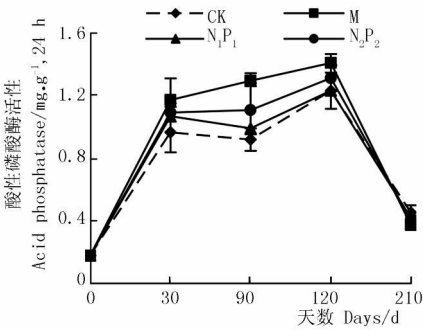


图4 不同施肥处理对土壤酸性磷酸酶活性的影响

Fig. 4 Effect of different fertilization treatments on acid phosphatase activities

3 结论

施用有机肥和氮、磷配施均能显著提高叶片的全氮、全磷含量,此外,施用有机肥也对叶片的全钾含量有显著提高,且施用有机肥比氮、磷配施更能促进叶片对钾、磷的吸收。

有机肥处理能够显著提高文冠果栽培土壤中过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、酸性磷酸酶的活性,与对照相比,分别提高23.77%、47.91%、36.60%、18.46%。施用氮、磷肥会降低土壤中过氧化氢酶和脲酶的活性,且高量氮、磷配施的抑制效应高于低量氮、磷配施,增强土壤蔗糖酶活性,且低量氮、磷配施的促进效应高于高量氮、磷配施,而对土壤酸性磷酸酶活性影响不显著。

该试验中,根据文冠果叶片养分含量及土壤酶活性

的变化,在山东省山地丘陵区,有机肥处理提高文冠果养分吸收及土壤酶活性的效果最好。

参考文献

[1] 杨吉华,张永涛,张光灿,等.干旱瘠薄山区绿化技术的研究[J].水土保持学报,2001,15(4):10-12.
[2] 马启慧.能源树种文冠果的研究现状与发展前景[J].北方园艺,2007(8):77-78.
[3] 姜莹.文冠果在黑龙江地区的引种初报[J].北方园艺,2008(9):37-38.
[4] 董莉丽,郑粉莉.黄土丘陵区不同土地利用类型下土壤酶活性和养分特征[J].生态环境,2008,17(5):2050-2058.
[5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:25-270.
[6] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:106-364.
[7] 卢善土.杉木叶片营养与土壤营养的回归分析[J].福建林业科技,1998,25(2):74-76.
[8] 安国英,陈玉娥,牛三义,等.施肥对白榆幼林叶养分动态的影响[J].河北林业科技,1997(3):3-7.
[9] 王娟,刘淑英,王平,等.不同施肥处理对西北半干旱区土壤酶活性的影响及其动态变化[J].土壤通报,2008,39(2):299-303.
[10] 孙瑞莲,赵秉强,朱鲁生,等.长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):406-410.
[11] 王冬梅,王春枝,韩晓日,等.长期施肥对棕壤主要酶活性的影响[J].土壤通报,2006,37(2):263-267.
[12] 王俊华,尹睿,张华勇,等.长期定位施肥对农田土壤酶活性及其相关因素的影响[J].生态环境,2007,16(1):191-196.
[13] 张为政.作物茬口对土壤酶活性和微生物的影响[J].土壤肥料,1993(5):12-14.
[14] Mantens D A, Johanson J B, Frakenberger W T. Production and persistence of soil enzymes with repeated additions of organic residues[J]. Soil Science, 1992, 153: 59-61.
[15] Chang E H, Chung R S, Tsai Y H. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial pollution[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2007, 53(2): 132-140.
[16] 孙瑞莲,赵秉强,朱鲁生,等.长期定位施肥田土壤酶活性的动态变化特征[J].生态环境,2008,17(5):2059-2063.

Effects of Fertilization on Soil Enzyme Activities and Nutrients Absorption in *Xanthoceras sorbifolia* Bunge

WEI Meng¹, LOU Yan-hong², LU AN Sen-nian³, ZHUGE Yu-ping¹

(1. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018; 2. Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences Wuhan, Hubei 430074; 3. Shandong Borui Agriculture and Forestry Development of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge Limited Company, Laiwu, Shandong 271111)

Abstract: This paper studied the effects of the application of organic fertilizer and nitrogen-phosphorus fertilizer mixed in different level on soil enzyme activities and nutrients absorption in *Xanthoceras sorbifolia* Bunge cultivation orchard, on the condition of the characteristics of brown soil nutrients in hilly region of Shandong. The results showed that the content of nitrogen and phosphorus in leaves were significantly increased when applied either organic fertilizer or nitrogen-phosphorus fertilizer. But the content of kalium was increased only by organic fertilizer. The hydrogen peroxidase, invertase, urease and acid phosphatase activity of organic fertilizer treatment were significantly improved by organic fertilization. The nitrogen-phosphorus fertilizer mixed in different level treatment inhibited the soil urease and hydrogen peroxidase activity, the inhibitory effect was $N_2P_2 > N_1P_1$, while it enhanced the soil invertase activity, the effect to soil invertase activity of promotion was $N_1P_1 > N_2P_2$, and the activity of acid phosphatase had no obvious change. According to the soil enzyme activities and nutrient absorption of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge situation, the optimum amount of fertilizer was the M treatment in hilly region of Shandong.

Key words: fertilization; *Xanthoceras sorbifolia* Bunge; nutrient; soil enzyme activities