

腐植酸与无机肥配施对杨树生理生化特性的影响

张敬敏 (潍坊科技学院, 山东潍坊 262700)

摘要 [目的]探究腐植酸对杨树高产的影响。[方法]利用盆栽试验,研究常规施量化肥和高施量化肥水平下配施腐植酸对杨树生理生化指标、生物量的影响。[结果]与同施肥量的单施无机肥处理相比,配施腐植酸可增强杨树根系活力和提高叶绿素含量,提高叶片光合作用和水分利用率,增加根部和叶部生长素、赤霉素和玉米素含量,并明显增加了杨树的根、茎、叶生物量。[结论]施用褐煤腐植酸可明显促进杨树生长,以高施肥量配施腐植酸效果最佳。

关键词 腐植酸;杨树;生理生化特性;生物量

中图分类号 S718.3;S184 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)31-10959-02

Effects of Application of Humic Acid with Inorganic Fertilizers on Physiology and Biochemistry Properties on Poplar

ZHANG Jing-min (Weifang University of Science and Technology, Weifang, Shandong 262700)

Abstract [Objective]The aim was to study the effect of humic acid on poplar yield. [Method]Populus physiology and biochemistry properties and growth were studied as affected by application of humic acid under regular and higher-fertilized level by pot. [Result]Under the same inorganic fertilizer, the application of humic acid with inorganic fertilizers could significantly raise root activity and chlorophyll content, enhance the photosynthesis and water utilising efficiency, increase the contents of IAA, GA and ZT, and significantly increase the biomasses of root, stem and leaf. [Conclusion]The application of humid acid with inorganic fertilizers can have a significant impact on the poplar growth, and the application of humic acid with higher-inorganic fertilizers gets the best result of all.

Key words Humic acid; Poplar; Physiology and biochemistry properties; Biomass

腐植酸是动植物遗骸经过微生物的分解和转化以及地球化学的一系列过程而形成和积累起来的一类有机物质,主要存在于泥炭、褐煤和风化煤中^[1-2]。腐植酸具有的多种活性基团(羧基、醇羟基、甲氧基等)赋予腐植酸亲水性、阳离子交换性、络合能力及较高的吸附能力等^[3-4]。腐植酸在农业生产中被人们广泛关注。腐植酸能促进作物生长,提高产量,改善品质^[2-7]。杨树生产中,土壤施肥管理尤其是氮肥和有机物料的施用有着极其重要的作用。例如湖北省崇阳县桂花林场对13~19年生杉木中龄林进行5年施肥,投资与纯利润比例为1:2.48~4.27,江苏对1~72/58施施氮、磷、钾比例为10:8:6的混合肥,7年投资与利润比例为1:5.50,林地施肥效果显著^[8]。目前,腐植酸在杨树上的应用研究鲜有报道。腐植酸来源广、价格低,用作肥料可大大降低化肥投入比例,改善土壤肥力^[9]。为此,笔者通过盆栽试验,以山西褐煤为供试原料,在单施无机肥的基础上探讨了腐植酸对杨树生理生化特性和生长的影响,以期对腐植质化学研究以及指导杨树生产、建立杨树高产栽培提供理论依据。

1 材料与方

1.1 试验地概况 试验地点设山东省林业科学研究院试验苗圃,供试土壤为潮土,土壤速效氮 28.03 mg/kg,速效磷 27.05 mg/kg,速效钾 75.00 mg/kg,有机质含量为 6.62 g/kg。

1.2 材料 供试腐植酸为山西产粉末状褐煤,腐植酸含量为 46.5%,所用肥料为尿素、磷酸一铵、氯化钾。杨树扦插苗品种为 I-107,接穗长 12~15 cm,粗 2 cm。

1.3 试验设计 采用盆栽试验,共设置 4 个处理,即 F1:常规用量化肥,每盆施用量 7.00 g 尿素、3.00 g 磷酸一铵和 2.50 g 氯化钾,肥料用量相当于氮 164.22 kg/hm²,P₂O₅ 70.38

kg/hm² 和 K₂O 58.65 kg/hm² 的施肥水平;F1M:常规用量化肥+褐煤腐植酸,常规用量的化肥与 F1 相同,在此基础上每盆再施入 30.00 g 褐煤腐植酸;F2:高施量化肥,施肥量为常规用量的 1.5 倍,即每盆施用 10.50 g 尿素、4.50 g 磷酸一铵和 3.75 g 氯化钾;F2M:高施量化肥+褐煤腐植酸,化肥施用量同 F2,在此基础上每盆再施入 30.00 g 褐煤腐植酸。试验用盆为高 20 cm、直径 30 cm 的塑料盆,每盆装土 13 kg,于 2009 年 3 月 20 日开始扦插,氮肥分别在盆栽扦插时和 2009 年 7 月 15 日等量 2 次施入,磷钾肥和腐植酸肥在扦插时作为底肥一次性全部施入。各处理分别设置 5 盆重复。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 根系活力和叶绿素含量的测定。于旺盛生长期(7月1日)取样并测定根系活力(TTC 比色法)、叶片叶绿素含量(80% 丙酮浸提,UV-265 分光光度计比色)。

1.4.2 光合生理指标的测定。采用 CI-310 便携式光合仪(美国 CID 公司)测定,每处理选 5~6 片长势基本一致的新梢中部朝阳成熟叶,于 9:00~10:30 测定叶片的蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、光合速率(Pn)。单叶水分利用率(WUE): $WUE = Pn/Tr$ 。

1.4.3 激素含量的测定。采用高效液相色谱法。使用仪器为美国 Agilent HP 1100 series 型液相色谱仪,紫外检测波长 254 nm,过 C₁₈ 柱(250.0 mm×4.6 mm),流动相为 45% 甲醇-55% 水(含 0.5% 醋酸),进样量 20 μl,流速 1 ml/min,外标法定量。

1.4.4 生物量的测定。杨树落叶前取杨树的根、茎及叶样品,在杀青、烘干后称重,即生物量。

2 结果与分析

2.1 杨树根系活力、叶绿素与硝酸还原酶 根系活力是一种客观反映根系生命活动的生理指标。由表 1 看出,与相同施肥量下的单施无机肥处理相比,配施腐植酸均不同程度地

提高了杨树的根系活力。F1M 和 F2M 处理分别比 F1 和 F2 提高 28.57% 和 25.93%。F1M 根系活力甚至高于 F2,表明低施肥量下配施腐植酸比提高无机肥的施用量更利于根系对养分的吸收。

表1 杨树根系活力和叶片叶绿素含量

处理	根系活力	叶绿素含量
	g(TTC)/[g(FW)·h]	mg/g
F1	100.01 d	3.79 b
F1M	128.57 b	4.07 a
F2	116.36 c	3.98 a
F2M	146.54 a	4.02 a

注:同列数据后不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

叶绿素含量反映植株进行光合作用的能力,一定叶绿素含量范围内,光合作用与叶绿素含量呈正相关。与相同施肥量下的单施无机肥处理相比,配施腐植酸可提高杨树叶绿素含量,低施肥量下差异显著,高施肥量下差异不显著。但叶绿素整体变幅不大,这可能是由于叶绿素是与一定的品种相关的参数。

2.2 叶片光合特性 光合作用对植物生长发育有重要影响。由表 2 可知,相同无机肥用量下,配施腐植酸处理 F1M 和 F2M 的光合速率分别显著高于 F1 和 F2,随施肥量的增加,光合速率也增强;与相同施肥量下的单施无机肥处理相比,配施腐植酸可提高杨树的蒸腾速率,差异显著;气孔导度以 F1 最低,F1M、F2 和 F2M 间无显著差异;与相同施肥量下的单施无机肥处理相比,配施腐植酸还可提高水分利用率,同时减少了胞间 CO₂ 浓度。细胞间隙 CO₂ 浓度的降低正是光合作用同化较多 CO₂ 的结果。

表2 叶片光合特性指标

处理	光合速率 μmol/ (m ² ·s)	蒸腾速率 mmol/ (m ² ·s)	气孔导度 mmol/(m ² ·s)	水分利 用率	胞间 CO ₂ 浓度 μmol/mol
F1	9.60 d	4.00 ab	0.45 b	2.40 cd	314.00 a
F1M	10.05 c	4.11 a	0.55 a	2.45 c	304.00 b
F2	11.05 b	3.90 bc	0.55 a	2.84 b	293.00 c
F2M	12.00 a	4.05 a	0.55 a	2.96 a	290.00 c

注:同列数据后不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

2.3 内源激素 植物的内源激素与植物的生长发育密切相关。生长素主要在茎端生长点产生,通过韧皮部向基部极性运输。由表 3 可知,叶部的生长素远高于根部。随施肥量的增加,叶片生长素也相应提高。相同无机肥用量下,F1M 和 F2M 叶部生长素分别比 F1 和 F2 提高 11.53% 和 21.98%,根部分别提高 6.43% 和 11.41%。说明配施腐植酸提高了杨树生长素的合成与运输。

叶部及根部赤霉素含量均较高,说明此时叶部和根部都处于旺盛生长期。相同无机肥用量下,F1M 和 F2M 叶部生长素分别比 F1 和 F2 提高 30.75% 和 24.76%,根部分别提高 11.50% 和 13.42%。随施肥量的增加,叶片赤霉素含量也相应增加,但根部赤霉素含量以 F1M 最高。

玉米素是一种细胞分裂素。相同无机肥用量下,配施腐植

酸处理叶部玉米素均无显著差异,但随施肥量的增加玉米素含量也相应增加,高施肥量与低施肥量间差异显著。根部玉米素含量均高于叶部,相同无机肥用量下,F1M 和 F2M 叶部玉米素分别比 F1 和 F2 提高 45.53% 和 25.07%,随施肥量的增加,根部玉米素含量也相应提高。这是因玉米素合成部位为根系,细胞分裂素移动性差,可随木质部蒸腾流向上输送。配施腐植酸可显著提高根部的玉米素含量,一定程度上延缓根系的衰老。

表3 叶片激素含量

处理	μg/g					
	生长素(IAA)		赤霉素(GA)		玉米素(ZT)	
	叶	根	叶	根	叶	根
F1	32.30 d	9.67 c	185.00 c	75.00 c	2.53 b	3.58 d
F1M	36.03 c	10.29 b	242.00 b	84.00 a	2.56 b	5.21 c
F2	38.76 b	10.69 b	243.00 b	70.00 d	2.87 a	6.74 b
F2M	47.28 a	11.91 a	303.00 a	80.00 b	2.92 a	8.43 a

注:同列数据后不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

2.4 杨树生物量 由表 4 可知,相同无机肥用量下,配施腐植酸均明显增加了杨树的根、茎、叶生物量。F1M 和 F2M 处理与 F1 和 F2 处理相比,总干重分别增加 14.99% 和 22.51%,差异达到显著水平。根的干重差异最明显,分别增加 38.99% 和 58.60%,F1M 根的干重甚至高于 F2,说明施用褐煤腐植酸可明显促进杨树根系生长。

表4 杨树生物量

处理	生物量		
	根	茎	叶
F1	19.36 d	37.73 d	32.24 c
F1M	26.91 b	40.61 c	35.20 b
F2	23.32 c	63.76 b	40.08 b
F2M	36.99 a	72.25 a	46.55 a

注:同列数据后不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

3 讨论

腐植酸对根系有良好影响,部分学者冠以腐植酸“根系肥料”称号。该试验中,配施腐植酸不仅可增强杨树根系活力,而且可明显增加根的干重,配施腐植酸处理分别比单施无机肥处理增加 38.99% 和 58.60%,F1M 根的干重甚至高于 F2。配施腐植酸还可明显提高杨树叶绿素含量,提高生长素、赤霉素和玉米素的含量,由于激素间的相互作用,如玉米素加强生长素的极性运输,因而更利于作物的生长。这与前人研究结果一致^[6,10-11]。

产量的高低与光合速率密切相关,光合的限制作用分为气孔限制和非气孔限制。气孔限制是由于叶片胞间 CO₂ 浓度和气孔导度影响较大^[12]。施肥可通过影响植物的蒸腾作用、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度来改善光合速率。从该试验结果来看,虽然气孔导度在 F1M、F2 和 F2M 处理间无差别,但配施腐植酸可提高杨树光合速率,从而降低胞间 CO₂ 浓度,说明配施腐植酸可改善叶肉细胞的光合功能,且随施肥量的提高,光合速率也明显提高,胞间 CO₂ 浓度出现与其相反的趋势,这与前人研究结果一致。杨树的光合作用增强,使其有机物含量增加,氮磷钾养分吸收增多,从而使杨树生物量大幅提高。

(下转第 10964 页)

进和完善。

3.3 积累新数据 随着火灾损失数据的不断积累,对生态系统服务功能评价的研究将会逐渐深入,评价范围也会更加广泛。现阶段的调查只是静态的数据,要把静态的调查结果变成动态的监测数据资料,才能更加准确地评价火灾损失,但还需做大量的研究工作。由于森林火灾损失评估对地域性的要求很强,林业发达国家先进的研究成果不能完全照搬。且同样火烧一块林地,不同林分起源、不同林型、不同林种在计算火灾损失时,都应有不同的计算方法。因此,今后应结合我国和各省、市的实际情况,充分考虑林分、林型和树种之间的差别,建立国家至省级森林火灾损失评估体系,使其能够更全面地反映森林火灾造成损失的真实情况,为进一步加强森林防火工作的规范化水平及实现我国林业的可持续发展提供科学依据。

参考文献

- [1] YANG G, DI X Y, ZENG T, et al. Prediction of area burned under climatic change scenarios: A case study in Great Xing'an Mountains boreal forest [J]. *Journal of Forestry Research*, 2010, 21(2): 213-218.
- [2] 杜永胜, 王立夫. 中国森林火灾典型案例: 1953-2005 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [3] FLANNIGAN M D, STOCKS B J, WOTTON B M. Climate change and forest fires [J]. *Science of the Total Environment*, 2000, 262(3): 221-229.
- [4] SWETNAM T W. Fire history and climate change in giant sequoia groves [J]. *Science*, 1993, 262(5): 885-889.
- [5] KEELEY J E, SAFFORD H, FOTHERINGHAM C J, et al. The 2007 southern California wildfires: lessons in complexity [J]. *Journal of Forestry*, 2009, 107(6): 287-296.
- [6] CLARK J S. Fire and climate change during the last 750yr in northwestern Minnesota [J]. *Ecological Monographs*, 1990, 60(2): 135-159.
- [7] YANG G, DI X Y, GUO Q X, et al. The impact of climate change on forest fire danger rating in China's boreal forest [J]. *Journal of Forestry Research*, 2011, 22(2): 249-257.
- [8] 方东明, 周广胜, 蒋延玲, 等. 基于 CENTURY 模型模拟火烧对大兴安岭兴安落叶松林碳动态的影响 [J]. *应用生态学报*, 2012, 23(9): 2411-2421.
- [9] 杨光, 舒立福, 邸雪颖. 气候变化影响下大兴安岭地区 21 世纪森林火灾等级变化预测 [J]. *应用生态学报*, 2012, 23(12): 3236-3242.
- [10] 袁一凡. GB/T18208.4-2005 地震现场工作第 4 部分: 灾害直接损失评估 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [11] 国家地震局. 地震灾害损失评估工作规定(试行) [Z]. 1997.

(上接第 10960 页)

腐植酸对植物生长的促进作用是各官能团协同产生的。不同来源、不同原料得到的腐植酸在活性官能团含量上有较大差别^[2,11],也可通过对腐植酸适度的硝化提高其促进植物生长的活性物质的含量^[13]。该种差别也给腐植酸的研究带来了一定困难,因而不同来源的腐植酸对不同植物的作用可能存在差异。

参考文献

- [1] 李旭, 林启美. 腐植物质在有机农业生产中的应用前景分析 [J]. *腐植酸*, 2008(2): 1-7.
- [2] 贺倩, 颜丽, 杨凯, 等. 不同来源腐植酸的组成和性质研究 [J]. *土壤通报*, 2003, 34(4): 343-345.
- [3] 梁宗存, 武丽萍, 成绍鑫. 煤中腐植酸与尿素作用机理及其反应产物的组成结构研究 第一报不同来源的煤腐植酸与尿素的反应性能与其组成结构的关系 [J]. *腐植酸*, 1996(3): 8-10.
- [4] 侯宪文, 王日鑫. 腐植酸资源农业利用的现状与前景 [J]. *腐植酸*, 2005(1): 1-4.

- [12] GB/T27932-2011 地震灾害间接经济损失评估方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [13] 金森, 郑焕能, 王海. 森林火灾损失评估的发展与展望 [J]. *森林防火*, 1993(2): 8-10.
- [14] 陈友荣. 森林火灾损失的分类 [J]. *福建林业科技*, 2004, 31(2): 65-74.
- [15] 廖晓丽. 森林火灾评价统计指标探讨 [J]. *林业勘察设计*, 2006(2): 7-10.
- [16] 张景忠. 森林火灾经济损失分类初探 [J]. *森林防火*, 2002(2): 27-28.
- [17] 钟晓珊. 森林火灾灾后评估研究 [D]. 长沙: 中南林学院, 2005: 46-66.
- [18] 侯敬承, 贾宜普, 石万明, 等. GA185-1998 火灾直接财产损失统计方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [19] 国家森林防火办公室. 森林火灾经济损失计算方法 [Z]. 1994.
- [20] 国家森林防火办公室. 森林火灾经济损失计算方法暂行方案 [Z]. 1995.
- [21] 李晶, 李潮洪. 浅谈森林火灾统计指标体系 [J]. *统计与咨询*, 1997(3): 22.
- [22] 薄颖生, 韩恩贤, 韩刚. 森林火灾损失评估与灾害等级划分 [J]. *森林防火*, 2002(3): 12-13.
- [23] 李华, 赵凤君, 陈鹏宇. 森林火灾损失分类及评估指标方法应用评述 [J]. *森林防火*, 2011, 3: 25-27.
- [25] 景丽春. 森林火灾中灌木林经济损失评估方法初探 [J]. *青海农林科技*, 2011(4): 24-25.
- [24] 李兴华, 刘朋涛, 陈晓梅. 内蒙古森林火灾损失评估方法研究 [J]. *内蒙古气象*, 2011(1): 32-34.
- [26] 高昌海, 顾香凤, 荆玉惠. 森林火灾损失评估方法的研究 [J]. *林业科技*, 2007, 32(4): 39-40.
- [27] 赖斌慧. 森林火灾损失评估的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2003: 1-2.
- [28] 高岚. 森林灾害经济与对策研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 84-103.
- [29] 最高人民法院. 最高人民法院关于审理人身损害赔偿案件适用法律若干问题的解释 [Z]. 2003.
- [30] 国务院办公厅. 工伤保险条例 [Z]. 2011.
- [31] GB6441-86 企业职工伤亡事故分类标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [32] 国家国有资产管理局, 林业部. 森林资源资产评估技术规范(试行) [Z]. 1996.
- [33] 黑龙江省质量技术监督局. DB23/T1376-2010 森林火灾林木受害程度判定标准 [S]. 黑龙江省质量技术监督局, 2010.
- [34] 王兵, 杨锋伟, 郭浩, 等. LY/T1721-2008 森林生态系统服务功能评估规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [35] 南京森林公安高等专科学校. LY/T1846-2009 森林火灾成因和森林资源损失调查方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [36] 中国森林生态服务功能评估项目组. 中国森林生态服务功能评估 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.

- [5] 何萍, 杨金, 周卫. 腐植酸复混肥对西红柿产量、质量及生理活性的影响 [J]. *土壤通报*, 1997, 25(6): 277-279.
- [6] 王珂, 范洁红. 腐植质促进小麦生长的生理机制研究 [J]. *腐植酸*, 1998(3): 36-38.
- [7] 梅慧生, 杨玉明, 张淑远, 等. 腐植酸对植物生长的刺激作用 [J]. *植物生理学报*, 1980, 6(2): 133-139.
- [8] 李贻铨, 刘寿坡. 建立我国速生丰产林的栽培技术体系——全国林木施肥研讨会评介 [J]. *林业资源管理*, 1986(2): 50-51.
- [9] 邢尚军, 刘方春, 杜振宇, 等. 腐植酸肥料对杨树生长及土壤性质的影响 [J]. *水土保持学报*, 2009, 23(4): 126-130.
- [10] 段留生, 张一, 何钟佩, 等. 生长素、细胞分裂素在棉花幼苗根系顶端优势的调控作用 [J]. *棉花学报*, 2001, 13(6): 330-333.
- [11] 张辉, 姜文勇, 刘波. 不同来源腐植酸促进植物生长活性及作用机理研究 II 腐植酸对植物酶活性、呼吸作用及光合作用的影响 [J]. *腐植酸*, 2000(2): 16-20.
- [12] 李潮海, 刘奎, 周苏玫, 等. 不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应 [J]. *作物学报*, 2002, 28(2): 265-269.
- [13] 邢尚军, 刘方春, 杜振宇, 等. 硝酸处理对褐煤中可提取性腐植酸含量及其吸附特性的影响 [J]. *土壤学报*, 2009, 46(3): 488-493.