

文章编号: 1001-1498(2008)03-0419-05

三倍体毛白杨无性系人工林林地土壤养分消耗与林木生长研究

赵雪梅¹, 王海燕^{1*}, 孙向阳¹, 邹妍¹, 康向阳²

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 北京林业大学生命科学与技术学院, 北京 100083)

关键词: 三倍体毛白杨; 土壤养分; 地力衰退; 林木生长

中图分类号: S792·117

献标识码: A

Annual Change of Soil Nutrients in Triploid *Populus tomentosa* Plantation and Its Correlation with Tree Growth

ZHAO Xue-mei¹, WANG Hai-yan^{1*}, SUN Xiang-yang¹, ZOU Yan¹, KANG Xiang-yang²

(1. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. School of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Split-plot field experiment with 2-year-old triploid *Populus tomentosa* clone S1, S6, S8 and S11 as experimental materials and diploid clone S10 as control was carried out in Wei County, Xintai City, Heibei Province. Annual change of soil nutrients in different plantation and tree growth indices of height, DBH and volume were determined. The results showed that soil pH increased and the content of organic matter decreased obviously in a year. Total N, available N, total P, available P, and total K decreased to some extents, while no regulation was found for available K. Different clones had no significant effect on the decline of the soil nutrients. Compared with the control S10, the triploid *Populus tomentosa* grew much better and took up more soil nutrients, with S8 as the best and followed by S1 and S6.

Key words: triploid *Populus tomentosa*; soil nutrients; soil degradation; tree growth

三倍体毛白杨因其速生、轮伐期短的特点,被广泛地用于造纸纸浆、胶合板材、纤维板材等工业,并在我国的山东、河北、辽宁、内蒙古等地开展了广泛的引种与规模化栽培^[1]。在大力发展三倍体毛白杨人工林的同时,其地力衰退问题也日渐突出,影响着人工林的稳定性和育林实践的研究。近年来,人们对三倍体毛白杨人工林的引种栽培、造林技术、生长特性等方面研究较多^[2-9],对于林地土壤养分的需求、消耗情况则多见于毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)人工林林地^[10-11],而针对三倍体毛白杨人工林林地土壤养分研究却鲜有报道,所以了解三倍体毛白杨人工林林地土壤养分消耗特点及树木生长情

况等,不仅可以及时指导林业生产,调整施肥方式,更有助于三倍体毛白杨纸浆林产业化发展。本文通过对2年生三倍体毛白杨胸径、树高生长情况的调查,比较了三倍体毛白杨相对于二倍体的优势性,找出了适宜当地种植三倍体毛白杨品种,同时对林地土壤养分的年消耗特点进行了分析,为林地土壤施肥和养分管理提供依据。

1 研究地概况

试验地位于河北省邢台威县(113°52'~115°49'E, 36°50'~37°N)。境内地势平坦,气候为暖温带

收稿日期: 2007-09-27

基金项目: “十一五”国家科技支撑项目(2006BAD32B02-01),国家林业局专项课题(2006-66),北京林业大学研究生基金资助

作者简介: 赵雪梅(1977—),女,硕士研究生,主要从事植物营养生理等研究。E-mail: zhaojiadaxiaojie@163.com

*通讯作者: 王海燕,女,副教授,从事植物营养、土壤污染等研究。E-mail: haiyanwang72@yahoo.com.cn

大陆性半干旱季风气候,年平均降水量 584 mm 左右,集中在夏末秋初,年平均温度 13[°],最冷月份(1月)平均气温 -2.3[°],极端最低气温 -19[°],最热月份(7月)平均气温 26.9[°],极端最高气温 42.5[°],无霜期 198 d,全年日照 2 574.8 h。浅层地下水平均埋深 15.12 m,深层地下水平均埋深 52.81 m。试验地地势平坦,土壤为砂壤质潮土,pH 值为 8.26,有机质含量为 3.92 g·kg⁻¹,全 N 含量为 0.161 6 g·kg⁻¹,碱解 N 含量为 35.85 mg·kg⁻¹,全 P 含量为 0.55 g·kg⁻¹,速效 P 含量为 10.02 mg·kg⁻¹,全 K 含量为 14.07 g·kg⁻¹,速效 K 含量为 56.74 mg·kg⁻¹。

试验地于 2005 年 4 月种植三倍体毛白杨无性系 S1、S6、S8、S11 (2n=3x=57),S1、S8 亲本组合为毛新杨 × 毛白杨 ((*P. tomentosa* Carr × *P. bolleana* Lauche) × *P. tomentosa* Carr),S6、S11 亲本组合为银腺杨 × 毛白杨 ((*Populus alba* L. × *P. glandulosa* Dode) × *P. tomentosa* Carr),结合自然大花粉低温干燥+600 目过筛+射线辐射处理花粉,最终筛选获得^[12],其中各无性系间基因型不同。以二倍体毛白杨 S10 (2n=2x=38) 为对照。采用 7 种种植密度 A1 (2 m × 2 m)、A2 (2 m × 3 m)、A3 (2 m × 3.5 m)、A4 (3 m × 4 m)、A5 (2 m × 4 m)、A6 (2 m × 5 m)、A7 (3 m × 3 m)。试验地总面积 8 190 m²,树木种植采用裂区设计,以密度因子为主处理、品种因子为副处理;试验重复 3 次,主副区内各因素都采取随机区组排列。本文侧重探讨了 A4 (3 m × 4 m) 种植密度下三倍体毛白杨人工林的土壤养分年消长变化及不同无性系毛白杨林木生长情况,关于其他种植密度差异对土壤养分变化的影响将在另文中做论述。

2 研究方法

土壤样品分别于 2005 年 10 月下旬及 2006 年 10 月下旬到试验地采集,由于幼龄毛白杨根系分布的特点^[13],主要选择 0~20 cm 层次土壤样品进行测定分析。每次取样在小区中选取 3 株标准木,在其东侧 40 cm 处固定地点用土钻采集,剥离枯落物后将 3 份土样均匀混合,带回实验室,经风干、磨细、过筛,进行相关化学性质的测定。测定项目包括:有机质(重铬酸钾外加热法);全 N (凯氏法);碱解 N (扩散法);全 P (HClO₄-H₂SO₄法);速效 P (钼锑抗比色法);全

K、速效 K (火焰光度计法);pH 值(酸度计法)。树高 H 用测高仪测量,胸径 (D_{L.3}) 用胸径尺测量,材积采用实验形数法计算 $V = g_{L.3} (H + 3) f^{[14]}$ ($g_{L.3}$ 胸高横断面面积, f 实验形数)。

3 结果与分析

3.1 无性系人工林林地土壤化学性质变化情况

3.1.1 无性系人工林林地土壤 pH 值变化情况
三倍体毛白杨无性系人工林中,不同林地土壤 pH 值 1 a 后均呈现碱性增强变化(见图 1),全部无性系林地土壤中 pH 值平均由 8.26 升至 8.73。pH 值的升高除了受土壤有机质的减少,降水、灌溉、耕作等条件的影响外^[15],还与植物根系对土壤中 N 元素的吸收有关。土壤中水溶性的 N 以 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 为主^[16],但 NH₄⁺-N 易被胶体吸附,不易流失,甚至被固定在粘土矿物的晶格中,形成“固定态铵”,对植物无效,所以 NO₃⁻-N 才是植物速效养分和土壤溶液的主要成分。植物对 NO₃⁻-N 的吸收需要根系分泌 OH⁻ 来维持细胞膜外的电荷平衡,这样致使大量 OH⁻ 进入土壤溶液,导致根系周围 pH 值上升,影响土壤酸碱性。这种变化趋势将导致土壤中多种养分元素的有效性降低,影响土壤养分的供应,对树木生长不利。经方差分析表明:1 a 后,S11、S10 无性系林地土壤 pH 值比 S6、S8、S1 变化显著 ($F = 12.76 > F_{0.05} = 3.11$),而 S6、S8、S1 之间无明显差异,即不同无性系毛白杨在生长过程中对土壤酸碱性变化影响显著。

3.1.2 无性系人工林林地土壤有机质变化情况
有机质是土壤中各种养分元素,特别是 N、P 的重要来源,它是衡量土壤肥力高低的重要指标。1 a 后,毛白杨林地有机质均值由 3.92 g·kg⁻¹ 下降至 1.43 g·kg⁻¹,对有机质消耗最多的三倍体毛白杨是 S1,下降量为 3.96 g·kg⁻¹,而二倍体 S10 对有机质消耗最少,降幅为 1.61 g·kg⁻¹,二者差值达 2.35 g·kg⁻¹(见图 2)。虽然不同无性系毛白杨林地有机质年消耗量没有呈现显著性差异 ($F = 0.55 < F_{0.05} = 3.11$),但这种变化特点也体现了三倍体毛白杨在保证其速生性的同时,对土壤中有机质含量的要求明显高于二倍体。

3.1.3 无性系人工林林地土壤 N、P、K 元素变化情况
N、P、K 是植物三要素,多以离子的形式由根系从土壤中吸收。无性系人工林中土壤全 N 含量均值由 0.161 6 g·kg⁻¹ 下降至 0.118 6 g·kg⁻¹。下降

量由大到小依次为: S11 > S6 > S10 > S1 > S8, 极差为 $0.048 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (见图 3)。这种变化趋势与土壤中有机的变化趋势呈正相关, 也体现了全 N 与有机质空间分布有较好相关性的特点^[17]。2005 年试验地土壤中碱解 N 平均含量为 $35.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 到 2006 年下降到 $29.06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 降幅由大到小依次为 S1 > S10 > S8 > S11 > S6, 极差为 $5.43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (见图 4)。不同无性系人工林林地土壤中全 N、碱解 N 消耗量的高低顺序不同, 但二者的消耗量在无性系间均未达到显著性差异, 体现了毛白杨无性系对林地土壤中全 N、碱解 N 含量年变化无显著影响。

2005 年无性系人工林林地土壤中全 P 含量平均为 $0.55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 2006 年平均含量为 $0.39 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤全 P 消耗量由大到小依次为: S8 > S11 > S1 > S6 > S10, 极差为 $0.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 各无性系间差别较小 (见图 5)。速效 P 含量的年均值变化由 $10.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降至 $5.63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 各无性系间降幅大小依次为 S11 > S10 > S1 > S6 > S8, 极差为 $3.31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (见图 6)。经分析表明, 不同的毛白杨无性系林地土壤中全 P、速效 P 的年消耗量也未呈现显著差异。

土壤中全 K 含量一般在 $16.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右^[18]。本试验地 2005 年林地土壤中全 K 量平均为 $14.07 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 属于正常范围。1 a 后土壤中全 K 量为 $13.06 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 降低量大小关系如下: S1 > S10 > S8 > S11 > S6 (见图 7), 但不同无性系土壤中全 K 及速效 K 含量变化情况之间无显著差异。同时, 速效 K 年变化规律性不强 (见图 8), S1、S8 毛白杨林地速效 K 含量年减少 $5.95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $4.43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 而 S6、S10、S11 则呈增加趋势, 增加量分别为 $0.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $5.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $2.54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。有研究表明: 在相同林地条件下, 林地土壤碱性强 (pH 值 7.5), 则阳离子交换量高, 根系对 K 的吸附力强^[19]。在 S1、S8 毛白杨林地中, pH 值年增加量分别为 0.36、0.41, 而 S6、S10、S11 毛白杨林地中 pH 值年增加量分别为 0.64、0.52、0.65, 后者更利于土壤中 K 元素向植物根系富集, 进而影响了土壤中植物根系周围 K 元素含量的变化。

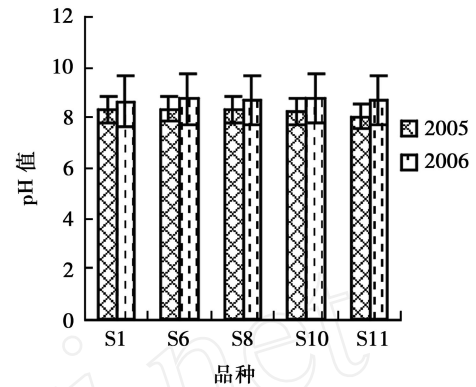


图 1 pH 值年变化

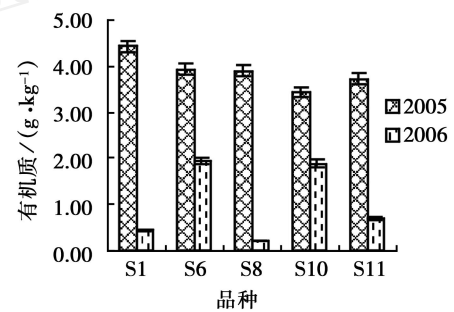


图 2 有机质年变化

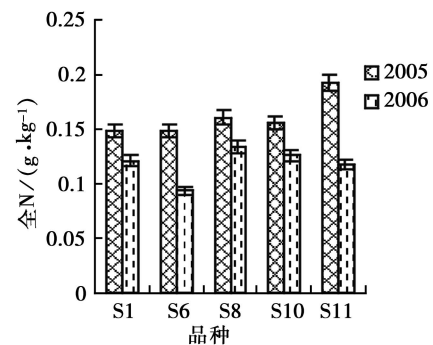


图 3 全 N 年变化

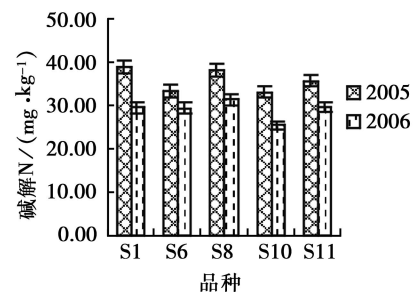


图 4 碱解 N 年变化

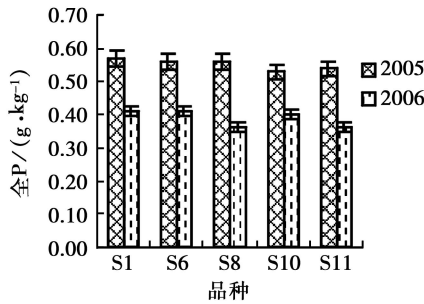


图 5 全 P 年变化

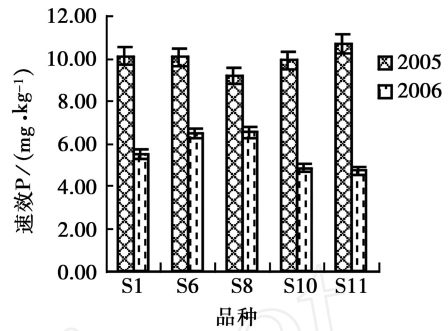


图 6 速效 P 年变化

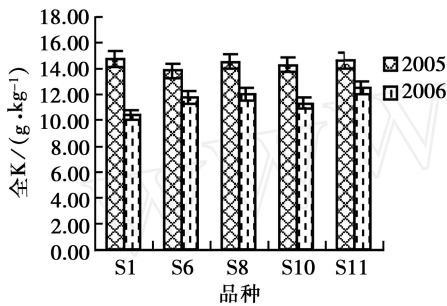


图 7 全 K 年变化

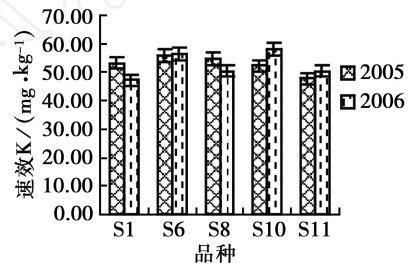


图 8 速效 K 年变化

3.2 无性系人工林树木生长情况

树高和胸径是二项基本的测树因子,树高是树木生长优劣的直接反映,同时也反映立地条件的好坏。与树高相比,胸径影响林木材积的程度更大,因此也更能影响其蓄积量。由表 1 可以看出:1 a 后 5 个品种毛白杨胸径、树高均有较大增长,且品种之间差异极显著 ($F_{\text{胸径}} = 5.31 > F_{0.01} = 3.51, F_{\text{树高}} = 6.12 > F_{0.01} = 3.51, F_{\text{材积}} = 4.78 > F_{0.01} = 3.51$)。经多重比较显示胸径生长量 $S8 > S1 > S6 > S11 > S10$,树高生长量 $S8 > S6 > S11 > S1 > S10$,材积增长量 $S8 > S1 > S6 > S11 > S10$ 。其中 S8 长势最好,与二倍体 S10 在胸径、树高、材积三方面均呈极显著差异;S1 在胸径、树高上与 S10 呈极显著差异,材积方面呈显著差异;S6 与 S10 在树高上呈极显著差异,在胸径、材积上呈显著差异。所以在树木引种上三倍体比二倍体

有较强的生长优势,尤其 S8、S1、S6 都是生长较快、长势较好的树种。

表 1 不同品种三倍体毛白杨胸径、树高 ($n = 24$)

品种	2005 年		2006 年	
	胸径 /cm	树高 /m	胸径 /cm	树高 /m
S1	2.50 ± 0.50	3.39 ± 0.52	5.42 ± 1.12	5.80 ± 0.69
S6	2.63 ± 0.49	3.66 ± 0.41	5.20 ± 1.07	6.02 ± 0.68
S8	2.85 ± 0.49	3.68 ± 0.42	5.97 ± 1.28	6.13 ± 0.64
S10	2.67 ± 0.28	3.26 ± 0.54	4.54 ± 0.84	5.17 ± 0.75
S11	2.21 ± 0.59	3.37 ± 0.57	4.95 ± 1.22	5.82 ± 0.83

3.3 土壤养分含量变化与林木生长相关性分析

经方差分析表明:不同三倍体毛白杨无性系对林地土壤养分年消耗量无显著影响(pH 值除外),所以分别以林分胸径、树高、单株材积与林分土壤养分年消耗量做相关性分析,以判断土壤养分对林木生长的影响,结果见表 2。

表 2 土壤养分与林木生长相关分析

项目	胸径	树高	材积	有机质	碱解 N	全 N	速效 P	全 P	速效 K	全 K
胸径	1									
树高	0.838**	1								
材积	0.984**	0.844**	1							
有机质	0.075	0.123	0.089	1						
碱解 N	0.176	0.185	0.204*	0.514**	1					
全 N	0.035	0.046	0.035	0.463**	0.393**	1				
速效 P	0.006	0.071	0.003	0.234**	0.079	0.118	1			
全 P	-0.016	-0.042	-0.025	0.408**	0.060	0.275**	0.203*	1		
速效 K	0.002	-0.015	0.014	0.422**	0.011	0.116	0.318**	0.189	1	
全 K	0.017	-0.057	0.019	0.045	-0.123	0.090	0.018	0.209*	0.087	1

** 表示 1% 水平上显著相关, * 表示 5% 水平上显著相关

表中数据体现了林木生长对土壤养分的需求情况。胸径、树高与材积之间是极显著正相关,有机质、碱解 N、全 N、速效 P 与胸径、树高、材积均呈现正相关,其中碱解 N 与材积呈现显著正相关。有机质与碱解 N、全 N、全 P、速效 K 呈现极显著正相关,与速效 P 呈现显著正相关。碱解 N 与全 N、全 N 与全 P、速效 P 与速效 K 之间均呈现极显著正相关,这些不仅说明土壤养分对树木生长有极大的促进作用,也体现了土壤养分之间存在明显的增效作用。由于不同无性系林地土壤养分年消耗量并无显著差异,所以毛白杨无性系在胸径、树高与材积年生长量的差异主要是由自身遗传特点决定的。

4 小结

(1) 本试验地 pH 值在 8.0 ~ 9.0 的碱性范围内,适于三倍体毛白杨的引种,但也应注意到 1 a 后土壤呈现碱性增强的这个特点,所以在肥料的选择上宜选用生理酸性肥。

(2) 不同无性系毛白杨对林地土壤养分的年消耗量没有显著差异,树木胸径、树高、单株材积生长量的不同主要是由无性系的差异造成,其中无性系 S8 生长情况最好,二倍体 S10 生长情况最差,二者在胸径、树高、单株材积的极差分别为 0.88 cm、0.54 m、0.0023 m³,所以在当地宜选种三倍体毛白杨无性系 S8。

本实验采用了 2 a 的土壤数据,虽然已分析出林地土壤 pH 值的变化规律,但对于此 4 种三倍体毛白杨无性系在生长过程中,对土壤养分消耗的差异情况还需要做长期的试验分析,以期得到更全面的科学结论。

参考文献:

- [1] 赵勇刚,高克妹.发展三倍体毛白杨应注意的问题[J].中国花卉园艺,2002(12):11
- [2] 薛睿,贺斌,薛文瑞.甘肃干旱区纸浆林三倍体毛白杨营建试验[J].陕西林业科技,2006(2):12-16,36
- [3] 刘淑春,张仁福,姜小文,等.湘南引种三倍体毛白杨生长模型研究[J].湖南林业科技,2006,32(5):45-47
- [4] 张颖.白银地区三倍体毛白杨造林试验初报[J].甘肃林业科技,2003,28(3):6-10
- [5] 潘玉兴,林鑫,李天华.三倍体毛白杨育苗试验[J].林业实用技术,2006(9):33-34
- [6] 刘合民.三倍体毛白杨造林技术[J].林业实用技术,2006(8):20
- [7] 赵勇刚.三倍体毛白杨栽培综合标准[J].山西林业科技,2002(4):1-6
- [8] 刘毅,张兴芬,王敏,等.三倍体毛白杨的生长特性分析[J].辽宁林业科技,2005(4):22-23
- [9] 马玉敏,王迎,玄成龙,等.三倍体毛白杨无性系生长性状研究[J].山东林业科技,2005(5):11-14
- [10] 刘寿坡.鲁西平原毛白杨人工林林地土壤条件与林木生长研究[J].林业科学研究,1988,1(6):588-597
- [11] 李金英.林地土壤类型对毛白杨木材性质的影响[J].陕西林业科技,2002(6):68-72
- [12] 朱之梯.毛白杨遗传改良[M].北京:中国林业出版社,2006:156-204
- [13] 陈文德,李贤伟,彭培好,等.三倍体毛白杨幼林根系生长受土壤特性的影响[J].四川林勘设计,2005(4):7-9
- [14] 孟宪宇.测树学[M].北京:中国林业出版社,2004:81-96
- [15] 郭有富,崔魁柱,张留江,等.津南区土壤耕层养分动态的研究[J].天津农林科技,2004(1):31-33
- [16] 王艳杰,邹国元,付桦,等.土壤氮素矿化研究进展[J].中国农学通报,2005,21(10):203-208
- [17] 梁中龙,袁中友,林兴通,等.城郊耕层土壤养分的空间变异特征[J].土壤通报,2006,37(3):417-421
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005:70-78
- [19] 李贤伟,张健,陈文德,等.三倍体毛白杨+黑麦草复合模式根土养分动态研究[J].水土保持学报,2005,19(4):6-10