

文章编号: 1000-5692(2007)03-0297-05

## 三倍体毛白杨不同无性系叶片营养元素质量分数差异

刘克林<sup>1</sup>, 孙向阳<sup>1</sup>, 赵铁蕊<sup>1</sup>, 康向阳<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 北京林业大学 生物科学与技术学院, 北京 100083)

**摘要:** 研究了三倍体毛白杨 *Populus tomentosa* 11 个无性系(无性系号分别为 S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S12)叶片营养元素(氮、磷、钾、钙、镁)质量分数的差异, 并以二倍体毛白杨为对照(无性系号为 S10)。结果表明: ①不同无性系间叶片氮质量分数差异达到了显著水平( $P < 0.05$ ,  $n=36$ ), 其中 S11 无性系氮质量分数最高, 为  $24.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 其次是 S1 无性系, 为  $24.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 最低氮质量分数为 S9 无性系, 为  $21.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。②不同无性系叶片磷质量分数差异未达到显著水平。③不同无性系间叶片钾质量分数差异达到了极显著水平( $P < 0.01$ ,  $n=36$ ), 12 个无性系中 S4 钾质量分数最高, 为  $19.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 其次为 S11, 为  $18.92 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 对照 S10 无性系钾质量分数最低, 为  $15.20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。④不同无性系间叶片钙质量分数差异达到了极显著水平( $P < 0.01$ ,  $n=36$ ), 其中对照 S10 无性系钙质量分数最高, 为  $11.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 其次是 S12, 为  $10.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 最低为 S8 无性系, 为  $5.93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。⑤不同无性系间叶片镁质量分数差异未达到显著水平。⑥与对照二倍体毛白杨比较, 三倍体毛白杨无性系 S11, S1, S6, S3, S7, S8, S4 叶片氮元素质量分数均有所提高; 三倍体 11 个无性系叶片钾元素质量分数均高于对照; 而从叶片钙元素质量分数来看, 三倍体 11 个无性系均低于对照。⑦研究的 11 个三倍体毛白杨无性系叶片营养元素质量分数大小次序为: 氮 > 钾 > 钙 > 镁 > 磷。图 5 表 1 参 15

**关键词:** 植物学; 三倍体毛白杨; 无性系; 叶片; 营养元素

**中图分类号:** S718.43      **文献标志码:** A

毛白杨 *Populus tomentosa* 是我国华北地区平原绿化、绿色通道和用材林基地建设的主要树种, 如何培育优质壮苗对造林成败具有重要影响<sup>[1-3]</sup>。三倍体毛白杨具有速生、优质、高效的特点, 5 年生即可轮伐, 是制造高档新闻纸和胶印纸的理想原料, 出浆率为普通杨树的 2 倍<sup>[4]</sup>。叶片是植物进行物质积累与能量交换的主要器官和生态系统中第一性生产力的主要提供者, 研究其营养元素变化不仅对揭示植物种的营养需求, 制定栽培技术, 推动种的生态遗传研究有重要作用, 而且对判断评估植物与诸生态因子间的系统关联以及群落水平的生理结构和形态功能都有重要的意义<sup>[5-10]</sup>。而且, 叶片分析是林木营养诊断研究最有前途的手段<sup>[11]</sup>。为此, 作者对三倍体毛白杨不同无性系叶片营养元素质量分数差异进行了分析研究, 以期对三倍体毛白杨不同无性系对营养元素的需求提供基础依据。

收稿日期: 2006-08-15; 修回日期: 2006-11-01

基金项目: 国家林业局资助项目(2000-66); 北京林业大学研究生基金资助项目

作者简介: 刘克林, 硕士, 从事土壤生态等研究。E-mail: lkl\_0713@163.com。通信作者: 孙向阳, 教授, 博士生导师, 从事土壤生态等研究。E-mail: sunxy@bjfu.edu.cn

## 1 试验地概况

试验地位于北京市平谷区, 气候属温带大陆性季风气候, 年平均降水量为 639.5 mm, 主要集中在 7~8 月, 年平均气温为 11.5 °C, 最冷 1 月平均气温为 -4.6 °C, 最热 7 月平均气温为 26.1 °C, 年平均日照为 2 706 h, 年平均无霜期为 191 d。

试验地土壤属中壤土, 土壤 pH 8.42, 有机质、全氮、速效磷和速效钾质量分数分别为 11.91, 0.82, 13.68, 52.50 mg·kg<sup>-1</sup>。

试验林采用三倍体毛白杨(2n=3x=57) 11 个无性系(无性系号为 S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S12)和二倍体毛白杨(2n=2x=38) 1 个无性系(无性系号为 S10), 于 2005 年春营造, 设置 3 次重复, 栽植株行距为 4 m×3 m。小区面积为 144 m<sup>2</sup>。

无性系 S5, S6, S11 亲本为银腺杨×毛白杨[(*Populus alba*×*P. glandulosa*)×*P. tomentosa*], 无性系间基因型不同; 无性系 S1, S2, S3, S4, S7, S8, S9, S12 亲本为毛新杨×毛白杨[(*P. tomentosa*×*P. bollana*)×*P. tomentosa*], 无性系间基因型不同。

## 2 研究内容和方法

### 2.1 选择标准木及采样位置

在三倍体毛白杨人工林地随机抽取 3 株树木作为标准木, 代表该林地的平均水平, 采集标准木树冠上部 1/3 处树枝第 6, 7, 8, 9, 10 片向阳叶片。

### 2.2 采样时间

叶片于 2005 年 10 月 23 日采集。

### 2.3 测定内容以及实验方法

叶片采集后立即用蒸馏水洗净, 在 105 °C 下杀青 30 min, 然后在 70 °C 左右烘至恒量, 最后磨碎。用浓硫酸、过氧化氢消化样品。全氮采用凯氏定氮蒸馏法测定, 全磷用钼锑抗法测定, 全钾采用火焰光度计法测定, 钙和镁用原子吸收分光光度计测定<sup>[12]</sup>。

### 2.4 数据处理、分析及图表绘制

采用 Microsoft Office Excel 2003 和 SPSS 软件。

## 3 结果与分析

### 3.1 氮元素质量分数差异分析

氮是构成蛋白质的主要元素, 也是叶绿素、酶、核酸和维生素等的主要成分, 是林木生命活动的基础<sup>[13]</sup>。根据曹帮华等<sup>[14]</sup>的研究, 氮能明显提高三倍体毛白杨叶片光合强度和叶绿素质量分数, 且能增强叶片蒸腾作用和提高硝酸还原酶的活性。氮素是决定毛白杨生长的第一因子。研究表明, 不同无性系间叶片氮元素质量分数差异较大(图 1)。其中 S11 无性系叶片氮质量分数最高, 为 24.56 g·kg<sup>-1</sup>; 其次是 S1 无性系, 为 24.38 g·kg<sup>-1</sup>; 最低是 S9 无性系, 为 21.23 g·kg<sup>-1</sup>。不同无性系间叶片氮元素质量分数次序为 S11>S1>S6>S3>S7>S8>S4>S10>S5>S12>S2>S9。氮元素质量分数差异达到了显著水平( $F=2.56>F_{0.05}=2.26$ ); 极差达到了 3.33 g·kg<sup>-1</sup>, 均值为 22.89 g·kg<sup>-1</sup>, 是测定的 5 种营养元素中最高的。由此可见, 三倍体毛白杨对氮素的需求最大, 变异系数为 5.11%, 是 5 种营养元素中最小的(表 1)。

### 3.2 磷质量分数差异分析

磷是构成核酸及磷脂的组成部分, 是组成原生质和细胞核的主要成分, 在植物的代谢过程中有重要的影响<sup>[13]</sup>。磷能明显提高三倍体毛白杨叶片光合强度和叶绿素质量分数<sup>[14]</sup>。由图 2 可以看出, S5 无性系叶片磷质量分数最高, 为 1.81 g·kg<sup>-1</sup>; 其次是 S3 无性系, 为 1.74 g·kg<sup>-1</sup>; 最低的是 S2 无性系, 为 1.24 g·kg<sup>-1</sup>。不同无性系间叶片磷质量分数次序为 S5>S3>S10>S12>S4>S1>S7>S8>S11>S6>S9>S2。从表 1 可见, 磷质量分数差异未达到显著水平( $F=1.73<F_{0.05}=2.26$ ); 极差为 0.57 g

$^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 均值为  $1.59 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 是 5 种元素中最低的; 变异系数为 10.69%。

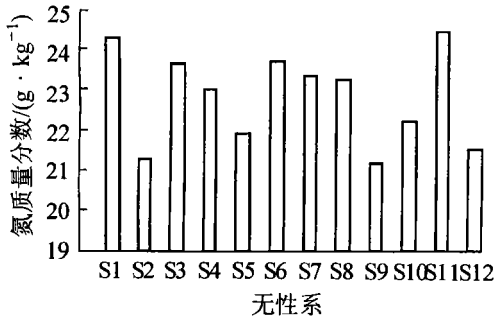


图 1 不同无性系叶片氮质量分数

Figure 1 Leaf blade nitrogen concentrations  
in different populus clones

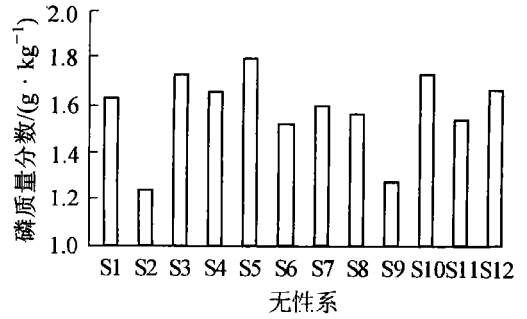


图 2 不同无性系叶片磷质量分数

Figure 2 Leaf blade phosphorus concentrations  
in different populus clones

### 3.3 钾质量分数差异分析

钾能调节原生质的胶体状态和提高光合作用的强度, 对氮元素的代谢和蛋白质的合成有良好的影响, 能增加植物的抗逆力<sup>[13]</sup>。钾能增强三倍体毛白杨叶片蒸腾作用<sup>[14]</sup>。图 3 表明, 不同无性系叶片钾质量分数差异较大, S4 无性系钾质量分数最高, 为  $19.46 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 其次为 S11, 为  $18.92 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 对照无性系 S10 质量分数最低, 为  $15.20 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ 。不同无性系间叶片钾质量分数次序为  $\text{S4} > \text{S11} > \text{S7} > \text{S1} > \text{S12} > \text{S2} > \text{S9} > \text{S6} > \text{S8} > \text{S5} > \text{S3} > \text{S10}$ 。无性系间叶片钾质量分数差异达到了极显著水平 ( $F=3.54 > F_{0.01}=3.18$ ); 极差为  $4.26 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 均值为  $17.32 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 变异系数为 7.68% (表 1)。

### 3.4 钙质量分数差异分析

钙是植物结构组成元素, 是琥珀酸脱氢酶等某些酶的活化剂, 也是细胞稳定性、质膜透性控制的重要物质。同时, 钙可促进硝态氮吸收, 与含氮物质代谢有关。它有助于减少植物中的硝酸盐, 中和植物中的有机酸, 对代谢过程中产生的有机酸有解毒作用<sup>[10]</sup>。结果表明, 不同无性系间叶片钙质量分数差异明显 (图 4)。对照 S10 无性系钙质量分数最高, 为  $11.35 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 其次是 S12, 为  $10.43 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 最低为 S8 无性系, 为  $5.93 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ 。不同无性系间叶片钙质量分数次序为  $\text{S10} > \text{S12} > \text{S6} > \text{S11} > \text{S5} > \text{S9} > \text{S2} > \text{S1} > \text{S3} > \text{S4} > \text{S7} > \text{S8}$ 。并且钙元素的质量分数差异达到了极显著水平 ( $F=12.41 > F_{0.01}=3.18$ ), 极差达到了  $5.42 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 均值为  $7.78 \text{ g}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ , 变异系数为 21.47%, 是 5 种元素中最高的 (表 1)。

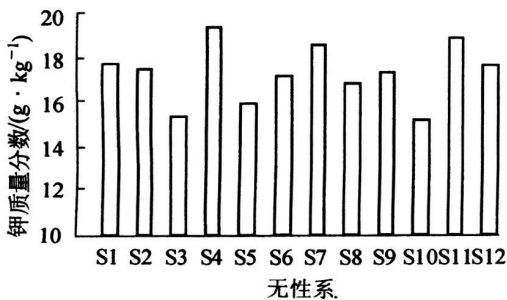


图 3 不同无性系叶片钾质量分数

Figure 3 Leaf potassium concentrations  
in different populus clones

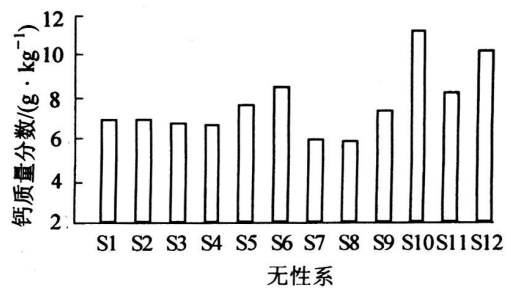


图 4 不同无性系叶片钙质量分数

Figure 4 Leaf calcium concentrations  
in different populus clones

### 3.5 镁质量分数差异分析

镁是叶绿素的成分, 能促进磷酸酶和葡萄糖转化酶的活化, 有利于单糖的转化, 在糖类代谢过程中起着很重要的作用<sup>[11]</sup>。研究表明, 不同无性系间叶片镁质量分数差异较小 (图 5), 其中 S9 含镁最

高, 为  $3.54 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 其次是 S2, 为  $3.51 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , S11 无性系最低, 为  $2.82 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。不同无性系间叶片镁质量分数次序是  $S9 > S2 > S10 > S6 = S12 > S3 > S7 > S5 > S8 > S1 > S4 > S11$ 。由表 1 可以看出, 不同无性系叶片镁质量分数差异未达到显著水平 ( $F = 1.25 < F_{0.05} = 2.26$ ), 极差为  $0.72 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 均值为  $3.19 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 变异系数为  $6.27\%$ 。

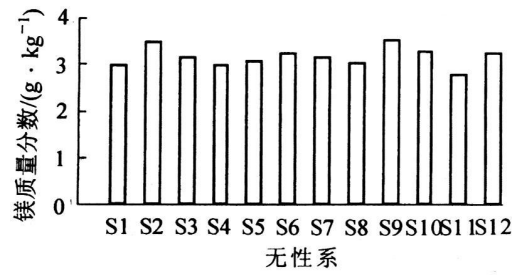


图5 不同无性系叶片镁质量分数

Figure 5 Leaf blade magnesium concentrations in different populus clones

表1 三倍体毛白杨不同无性系叶片营养元素质量分数差异分析

Table 1 Variation analysis of leaf nutrients in different clones of the triploid *Populus tomentosa*

元素	极差/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	均值/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	标准差	变异系数/%	F 值	$F_{0.05}/F_{0.01}$
氮	3.33	22.89	1.17	5.11	2.56*	2.26/3.18
磷	0.57	1.59	0.17	10.69	1.73	2.26/3.18
钾	4.26	17.32	1.33	7.68	3.54**	2.26/3.18
钙	5.42	7.78	1.67	21.47	12.41**	2.26/3.18
镁	0.72	3.19	0.20	6.27	1.25	2.26/3.18

## 4 结论与讨论

三倍体毛白杨 11 个无性系(无性系号分别为 S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S12) 以及二倍体毛白杨 1 个无性系(无性系号为 S10) 间叶片氮质量分数差异达到了显著水平, 其中 S11 叶片含氮最高, 为  $24.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 其次是 S1, 为  $24.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; S9 无性系叶片最低, 为  $21.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 无性系间叶片氮质量分数极差为  $3.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。钾和钙质量分数差异均达到了极显著水平。叶片钾最高的是 S4, 为  $19.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 其次为 S11, 为  $18.92 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 叶片钾最低的是 S10, 为  $15.20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 无性系间叶片钾质量分数极差为  $4.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。对照无性系 S10 叶片钙最高, 为  $11.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 其次是 S12, 为  $10.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 最低为 S8 无性系, 为  $5.93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。12 个无性系间叶片钙质量分数极差达到了  $5.42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。而叶片磷和镁质量分数差异均未达到显著水平。

与对照二倍体毛白杨 S10 比较, 三倍体毛白杨无性系 S11, S1, S6, S3, S7, S8, S4 叶片氮均有所提高, 分别提高了  $10.23\%$ ,  $9.43\%$ ,  $6.73\%$ ,  $6.46\%$ ,  $5.21\%$ ,  $4.71\%$  和  $3.64\%$ , 说明多数三倍体毛白杨无性系与二倍体相比, 对氮素需求更多。三倍体 11 个无性系 S4, S11, S7, S1, S12, S2, S9, S6, S8, S5 和 S3 叶片钾均高于对照, 分别提高了  $28.02\%$ ,  $24.52\%$ ,  $22.35\%$ ,  $17.07\%$ ,  $16.15\%$ ,  $15.19\%$ ,  $14.13\%$ ,  $13.09\%$ ,  $11.14\%$ ,  $5.02\%$  和  $1.05\%$ , 说明研究的 11 个三倍体毛白杨无性系对钾素的需求均高于二倍体; 而从叶片来看, 三倍体 11 个无性系 S12, S6, S11, S5, S9, S2, S1, S3, S4, S7 和 S8 均低于对照, 分别降低了  $8.10\%$ ,  $23.76\%$ ,  $26.72\%$ ,  $31.69\%$ ,  $34.55\%$ ,  $38.08\%$ ,  $38.15\%$ ,  $40.14\%$ ,  $41.05\%$ ,  $47.08\%$  和  $47.71\%$ , 说明三倍体毛白杨对钙素的需求量比二倍体小。

从叶片所含的大量元素来看, 三倍体毛白杨对氮的需求最大, 其次是钾, 对磷的需求最小, 这与姜岳忠等<sup>[15]</sup>的研究结果基本一致。并且, 三倍体毛白杨不同无性系间叶片氮和钾质量分数差异显著, 在实际生产中要根据林地的地力情况, 适时补充土壤养分, 特别是氮和钾。在测定的 5 种营养元素中, 元素质量分数大小次序为: 氮 > 钾 > 钙 > 镁 > 磷。

## 参考文献:

[1] 沈国舫. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 141-177.

[2] 刘寿坡, 徐孝庆. 黄泛平原林地资源利用研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 38-45.

- [ 3 ] 王彦, 姜岳忠, 吴晓星, 等. 毛白杨丰产栽培实验报告[ J ]. 山东林业科技, 2001 ( 6 ): 1—6.
- [ 4 ] 朱之梯. 毛白杨遗传改良[ M ]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [ 5 ] 蒋高明. 植物生理生态学[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [ 6 ] 潘瑞炽, 董恩得. 植物生理学[ M ]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [ 7 ] FIELD C B, BEHRENFELD J, RANDERSON J T, *et al.* Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components[ J ]. *Science*, 1998 **281**: 237—240.
- [ 8 ] FIELD C B, BEHRENFELD J, RANDERSON T, *et al.* Global net primary production: combining ecology and remote sensing [ J ]. *Remote Sens Environ*, 1995 **51**: 74—88.
- [ 9 ] CRAMER W, KICKLIGHTER D W, BONDEAU A. Comparing global models of terrestrial net primary productivity (NPP): overview and key results [ J ]. *Global Change Biol*, 1999, **5**: 1—15.
- [ 10 ] 陆景陵, 胡霭堂. 植物营养学: 上册、下册[ M ]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [ 11 ] STONE E L. Regional objectives in forest fertilization: current and potential [ C ] //USDA For Serv G Hen Tech Rep. *For Fert Symp Proc*, 1973: 10—18.
- [ 12 ] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[ M ]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [ 13 ] 关连珠. 土壤肥料学[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [ 14 ] 曹帮华, 巩其亮, 齐清. 三倍体毛白杨苗期不同配方施肥效应的研究[ J ]. 山东农业大学学报, 2004, **35** ( 4 ): 512—516
- [ 15 ] 姜岳忠, 吴晓星, 马玲. 毛白杨苗期生长特性及需肥量研究[ J ]. 甘肃农业大学学报, 2004, **39** ( 4 ): 423—426.

## Leaf nutrients ( N, P, K, Ca and Mg ) in selected *Populus tomentosa* triploid clones

LIU Ke-lin<sup>1</sup>, SUN Xiang-yang<sup>1</sup>, ZHAO Tie-rui<sup>1</sup>, KANG Xiang-yang<sup>2</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Concentrations of nutrients ( N, P, K, Ca, and Mg ) in leaves of triploid *Populus tomentosa* were studied with 12 treatments ( 11 triploid clones: S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S12 ) and a duple clone ( S10 ) as a control. The results showed that compared to the control, concentrations of N in clones S11, S1, S6, S3, S7, S8 and S4 were significantly greater ( $P < 0.05$ ,  $n = 36$ ), concentrations of K in all triploid clones were significantly greater ( $P < 0.01$ ), concentrations of Ca in all triploid clones were significantly less ( $P < 0.01$ ), and concentrations of P and Mg were not significantly different. N concentrations excluding the control ranged from  $24.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S11 ) to  $21.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S9 ); P concentrations from  $1.81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S5 ) to  $1.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S2 ); K concentrations ranged from  $19.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S4 ) to  $15.20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S10 ); and Ca concentrations ranged from  $11.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S10 ) to  $5.93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( S8 ). Nutrient concentrations in leaves of triploid *P. tomentosa* were in the following order:  $N > K > Ca > Mg > P$ . [ Ch, 5 fig. 1 tab. 15 ref. ]

**Key words:** botany; triploid *Populus tomentosa*; clones; leaves; nutrient elements