

文章编号: 1000-5692(2007)05-0564-05

不同氮素形态及配比对生育后期银杏叶品质的影响

郑 军, 曹福亮, 郁万文

(南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 为研究不同氮素形态及配比对生育后期银杏 *Ginkgo biloba* 叶品质的影响, 按 $1.00 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 的氮素水平对银杏 2 年生实生苗进行盆栽试验。结果表明: 银杏根系活力、硝酸还原酶活性在不同氮素形态及配比间存在极显著差异 ($F_{\text{根系活力}}=438.203 > F_{0.01}=4.456$, $F_{\text{硝酸还原酶}}=1103.357 > F_{0.01}=4.456$), 硝态氮、可溶性蛋白、游离氨基酸、可溶性糖、还原性糖和总黄酮的质量分数在不同氮素形态及配比处理间均存在极显著差异 ($F > F_{0.01}$); 铵态氮部分替代硝态氮可降低银杏叶中硝态氮质量分数, 并明显受根系活力和叶片硝酸还原酶活性的共同影响, 使可溶性蛋白、游离氨基酸、可溶性糖、还原性糖和总黄酮质量分数增加。以叶中硝态氮、可溶性蛋白、游离氨基酸、可溶性糖、还原性糖和总黄酮质量分数作为生育后期银杏叶品质衡量指标, 以硝态氮:铵态氮为 75:25 和 50:50 的配比较优。图 6 表 2 参 12

关键词: 植物学; 银杏; 氮素形态; 氮配比; 叶品质

中图分类号: S718.3 **文献标志码:** A

银杏 *Ginkgo biloba* 是现存裸子植物中最古老的子遗植物之一, 原产中国, 栽培历史悠久。银杏叶因含有多种营养成分和药用成分被开发成多种银杏叶茶和保健饮品。目前全国各地相继建立了不同规模的银杏叶用园, 对叶用银杏的栽培技术进行研究, 取得了一定的成果。银杏生长中, 氮素是银杏需求量最大的营养元素之一, 对银杏叶的生长发育和品质起着重要作用^[1,2]。据邢世岩^[3]研究, 年生育后期是银杏叶黄酮量的回升期, 回升最高值略低于或等于刚展叶时黄酮质量分数(全年最高)。已有报道指出: 以银杏叶黄酮质量分数作为衡量指标, 2 年生盆栽银杏以 $1.97 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 的氮素水平为宜^[4](全年)。但关于不同氮素形态及配比如何影响生育后期银杏的生理生化过程, 最终导致对叶品质的影响的研究迄今尚无报道。鉴于此, 笔者选用 $1.00 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$ 的氮水平, 研究了 2 种氮素形态及配比对生育后期银杏叶品质的影响, 以期为提高生育后期银杏叶品质而进行合理配比施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于 2006 年 2 月至 9 月在南京林业大学科技示范园温室中进行。供试银杏品种为大佛指 2 年

收稿日期: 2006-11-29; 修回日期: 2007-03-30

基金项目: 国家林业局资助项目(2003-12-03)

作者简介: 郑军, 硕士研究生, 从事经济林栽培和林木抗性生理研究。E-mail: 2008zjzj@163.com. 通信作者: 曹福亮, 教授, 博士生导师, 从事经济植物开发利用和经济林栽培技术等研究。E-mail: samcao@

nifu.edu.cn

生实生苗, 苗高为 (55.0 ± 3.2) cm, 地径 (8.7 ± 0.3) mm。

1.2 试验设计

2006 年 2 月下旬从江苏省邳州市银杏种质资源繁育基地调拨银杏苗, 植于直径为 38 cm, 高 32 cm 的泥盆中, 每盆 3 株; 供试基质为清水淘洗河沙, 每盆干沙 10.0 kg。定期浇 $500 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Hoagland 溶液, 于 7 月 15 日改为定期浇无氮、磷、钾的 $500 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Hoagland 溶液, 进行营养饥饿处理。8 月 1 日分别用含氮 $180 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $460 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的碳酸氢铵、硝酸钠及含氧化钾 $600 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的氯化钾和含五氧化二磷 $140 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的过磷酸钙按表 1 进行配比施肥。上述肥料均为分析纯。处理 40 d 后取样进行各指标的测定。

1.3 方法

α -萘胺氧化法测定根系活力, 改进的紫外差减法测定硝态氮质量分数, 活体法测定硝酸还原酶(NR)活性, 蒽酮比色法测定可溶性糖, 砷钼酸比色法测定还原性糖, 茚三酮比色法测定游离氨基酸, 考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白, 高效液相色谱检测黄酮。每处理重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 硝态氮与铵态氮形态及配比对银杏根系活力的影响

生育后期的植物根系保持较高的生理活性, 对于维持生育后期地上部的营养平衡, 防止地上部早衰, 促进后期发育有着重要意义。如图 1 所示, 与对照相比, 施氮处理(T_1 除外)的银杏植株具有较高的根系活力, 说明生育后期施氮可以有效地提高银杏的根系活力。但不同处理间存在极显著差异 ($F=438.203 > F_{0.01}=4.456$)。施硝态氮优于铵态氮, 其原因与肥料性质有关。铵态氮易分解成 NH_3 , 使根系遭受毒害, 而降低根系的生理活性^[5]; 硝态氮对根系影响主要是单盐毒害或盐胁迫; 而尿素是一种慢效肥, 不会对根系造成毒害或胁迫。配比施氮优于单一施氮, 以 T_2 和 T_3 处理较优。

2.2 硝态氮与铵态氮形态及配比对银杏叶硝酸还原酶活性的影响

2 种氮素形态及配比对银杏叶硝酸还原酶活性的影响如图 2 所示。硝酸还原酶作为氮素同化的诱导限速酶, 不同氮素形态及配对其活性的影响均很大 ($F=1103.357 > F_{0.01}=4.456$)。在配比施无

表 1 不同氮形态及氮磷钾的配比

Table 1 The different nitrogen forms and nitrogen-phosphorus-potassium ratio

处理	2 种氮素形态比例		有效养分/($\text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$)		
	硝态氮	铵态氮	N	P_2O_5	K_2O
ck	0	0	0	1.20	1.00
T_1	0	100	1.00	1.20	1.00
T_2	25	75	1.00	1.20	1.00
T_3	50	50	1.00	1.20	1.00
T_4	75	25	1.00	1.20	1.00
T_5	100	0	1.00	1.20	1.00

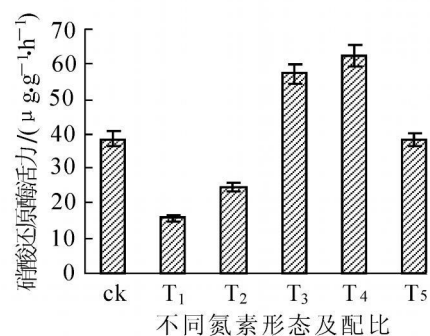
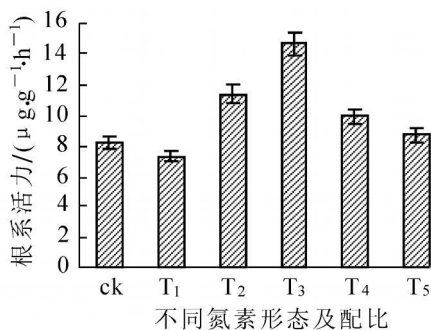


图 1 不同氮素形态及配比对银杏根系活力的影响

图 2 不同氮素形态及配比对银杏叶硝酸还原酶活力的影响

Figure 1 Effects of different nitrogen forms and ratio on the root vigor of *Ginkgo biloba*

Figure 2 Effects of different nitrogen forms and ratio on the activity of nitrate reductase of *Ginkgo biloba*

机氮的处理中, 银杏叶硝酸还原酶活性随配比中硝态氮比例的增加而呈现“增高—降低”趋势。与对

照相比, T_1 和 T_2 处理的叶片硝酸还原酶活性降低, 其原因是铵态氮分解的 NH_3 致使根系活力降低⁴ 或基质中高浓度的 NH_4^+ 抑制了根系对 NO_3^- 的吸收, 因为硝酸还原酶是一种需 NO_3^- 诱导的酶; 而 T_5 处理中硝酸还原酶活力不高的原因可能是银杏叶中积累的大量硝态氮钝化了硝酸还原酶活性, 类似于单盐毒害或盐胁迫。

2.3 硝态氮与铵态氮形态及配比对银杏叶硝态氮质量分数的影响

由图3可知, 施氮处理的银杏叶中硝态氮质量分数比对照的高, 且不同处理间存在极显著差异 ($F=206.221 > F_{0.01}=4.456$)。单一施氮对银杏叶中硝态氮的影响为 T_5 大于 T_1 ; 而在配比施氮中, 银杏叶中硝态氮随着配比中硝态氮比例的增加而增加。结合图1, 图2和图3分析可知, 叶中硝态氮的变化是根系活力和硝酸还原酶活性共同作用的结果。笔者的试验中以单施硝态氮处理的叶中硝态氮质量分数最高, 为 $254.751 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 其次是 T_4 处理, 为 $239.515 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。WHO 和 FAO 组织规定每人每天对硝酸盐的食用量不超过 $3.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。若按每人体质量 60 kg 计, 人对 T_5 处理的银杏叶制品或制剂每天摄入量不超过 0.85 g 。而人们对银杏叶相关产品每天的摄入量均低于此值。因此, 该试验各处理符合绿色产品的基本规定。

2.4 硝态氮与铵态氮形态及配比对银杏叶可溶性蛋白和游离氨基酸质量分数的影响

如图4所示, 2种氮素形态及配比施肥均使银杏叶中可溶性蛋白和游离氨基酸质量分数增加。但不同处理间存在差异 ($F_{\text{蛋白}}=902.781 > F_{0.01}=4.456$, $F_{\text{氨基酸}}=766.870 > F_{0.01}=4.456$)。配比施氮优于单施无机氮, 以 T_3 和 T_4 处理较优。 T_3 和 T_4 处理中的叶片含有较高的蛋白质或游离氨基酸, 为其合成一些参与生理代谢、信息传递、能力转换等的特异蛋白和其他物质提供了充足的原料。 T_3 和 T_4 处理中高的根系活力、硝酸还原酶活性及高质量分数的糖和黄酮均验证了上述结论。

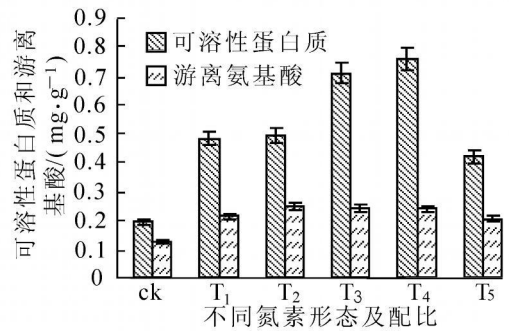
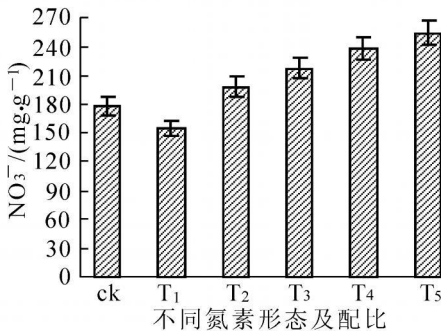


图3 不同氮素形态及配比对银杏叶硝态氮的影响

图4 不同氮素形态及配比对银杏叶可溶性蛋白和游离氨基酸的影响

Figure 3 Effects of different nitrogen forms and ratio on the NO_3^- -N content of *Ginkgo biloba*

Figure 4 Effects of different nitrogen forms and ratio on the soluble protein and free amino acid content of *Ginkgo biloba*

2.5 硝态氮与铵态氮形态及配比对银杏叶可溶性糖和还原性糖质量分数的影响

2种氮素形态及配比对银杏叶中可溶性糖和还原性糖质量分数有重要影响 ($F_{\text{可溶性糖}}=199.991 > F_{0.01}=4.456$, $F_{\text{还原性糖}}=246.990 > F_{0.01}=4.456$)。如图5所示, 施氮使银杏叶中可溶性糖和还原性糖质量分数增加。 T_1 处理叶中可溶性糖和还原性糖较低, 分别为 0.399 和 $0.349 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。随着配比中硝态氮比例的增加, 叶中可溶性糖和还原性糖增加, T_4 和 T_5 处理的略有降低。其中以 T_3 处理最佳, 可溶性糖和还原性糖质量分数达到最高, 分别比对照增加了 47.8% 和 53.7% 。上述结果与卢凤刚等⁶ 研究结果相反, 可能与所采用的试验材料不同或栽培方式不同^[7,8] 有关。

2.6 硝态氮与铵态氮形态及配比对银杏叶总黄酮质量分数的影响

银杏黄酮具有重要的药用价值, 而叶中黄酮最高, 且药理实验毒性也远小于种子¹⁹。因此, 如何提高银杏叶黄酮质量分数的研究已成为重点和热点。如图6所示, 施用氮肥可以提高生育后期银杏叶黄酮质量分数, 不同处理间差异极显著 ($F=107.773 > F_{0.01}=4.456$)。单施铵态氮的叶片总黄酮质分数增加较少, 仅比对照增加 11.9% 。随着配比中硝态氮比例的增加, 叶片总黄酮质量分数进一步

增加, 以 T_3 和 T_4 处理的最高。由表 2 可知, 生育后期叶片总黄酮与根系活力、硝酸还原酶活性、蛋白质质量分数、可溶性糖质量分数和还原性糖质量分数均存在较高的相关性, 表明黄酮质量分数的变化受上述各指标的影响均较大。

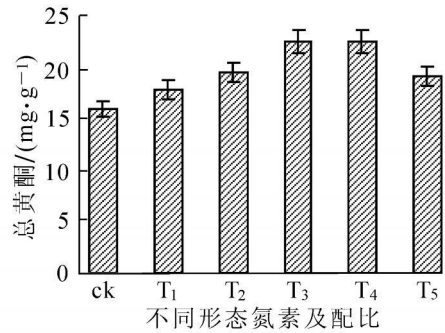
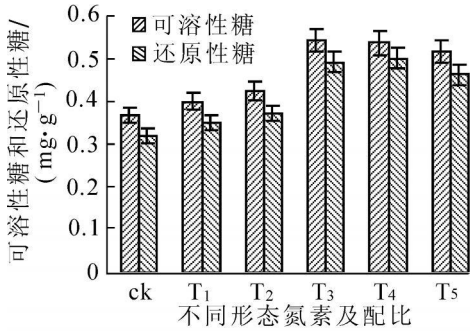


图 5 不同氮素形态及配比对银杏叶可溶性糖和还原性糖的影响

图 6 不同氮素形态及配比对银杏叶总黄酮的影响

Figure 5 Effects of different nitrogen forms and ratio on the soluble sugar and reducing sugar content of *Ginkgo biloba*

Figure 6 Effects of different nitrogen forms and ratio on the total flavone content of *Ginkgo biloba*

表 2 指标相关分析

Table 2 The correlation analysis of the indexes

	根系活力	硝酸还原酶	NO_3^-	蛋白质	氨基酸	可溶性糖	还原性糖	黄酮
根系活力	1.000							
硝酸还原酶	0.526	1.000						
NO_3^-	0.338	0.635	1.000					
蛋白质	0.601	0.567	0.422	1.000				
氨基酸	0.255	0.184	0.043	0.461	1.000			
可溶性糖	0.559	0.661	0.837	0.730	-0.004	1.000		
还原性糖	0.547	0.705	0.842	0.765	0.046	0.996	1.000	
黄酮	0.724	0.714	0.582	0.956	0.506	0.792	0.825	1.000

3 结论与讨论

在生产实际中, 根系营养胁迫(亏缺或过剩)、逆境胁迫、地上一地下部生理代谢性失调等往往造成根系功能过早地非正常衰退, 因而导致地上部分响应性早衰^[10], 降低叶品质。笔者的研究表明: 配比施氮可明显提高银杏的根系活力, 保证根系具有较高的生理活性。因此, 通过生育后期合理配比施肥可有效增加银杏的根系活力, 进而避免或减少生育后期地上部功能的早衰和品质的降低。

研究结果表明, 不同氮素形态及配比明显影响生育后期银杏叶品质, 这与前人在其他植物上的研究结果相一致^[5, 11]。以铵态氮部分替代硝态氮(硝态氮:铵态氮为 75:25 和 50:50)可降低银杏叶中硝酸盐质量分数, 这一结论与前人在多种蔬菜上的研究结果^[3-5]相一致, 而叶中硝态氮的变化又明显受到根系活力和叶片硝酸还原酶活性的影响; 同时对叶中可溶性蛋白、游离氨基酸、可溶性糖、还原性糖和总黄酮质量分数的提高均有明显的促进作用, 从而有效改善了生育后期银杏叶品质。试验结果表明, 单施铵态氮或硝态氮对银杏根系活力和叶品质改善(叶中硝态氮、蛋白质、氨基酸、可溶性糖、还原性糖和总黄酮)的作用均较小。一般认为过量的铵态氮能抑制植物对钾与钙的吸收^[5, 12], 进而影响氮代谢。单施铵态氮易使植物遭受毒害, 主要由 NH_3 引起^[3], 而降低根系的生理活性。同样, 单施硝态氮对根系造成单盐毒害或盐胁迫而降低根系的生理活性, 并造成叶中大量硝态氮的积累, 致使硝酸还原酶活性的钝化, 进而影响叶中可溶性蛋白、游离氨基酸、可溶性糖、还原性糖和总黄酮的合成和代谢。

综上所述, 2 种氮素形态及配比明显影响了生育后期银杏根系的生理活性和叶品质。铵态氮部分替代硝态氮可明显改善生育后期银杏叶品质, 以硝态氮:铵态氮为 75:25 和 50:50 的配比较优。

笔者关于生育后期配比施氮对银杏叶品质效应的研究,是在盆栽条件下,根据自身的营养特点和代谢反应所取得的结果,与有外源氮源干扰的土壤条件有极大的不同。在施肥实践和生产中,应综合考虑土壤、气候、灌溉和农业栽培技术等特点,合理地调控铵态氮与硝态氮的比例,以促进植物生长,改进品质,提高肥效。

参考文献:

- [1] 康志雄, 陈顺伟, 金民赞, 等. 叶用银杏不同施肥处理效应[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(3): 265-269.
- [2] BRINKMAN J A, BOERNER R E J. Nitrogen fertilization effects on foliar nutrient dynamics and autumnal resumption in maiden-hair tree (*Ginkgo biloba*)[J]. *Plant Nutrition*, 1994, 17: 433-443
- [3] 邢世岩. 银杏种质资源评价与良种选育[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 198-200.
- [4] 吴家胜. 银杏叶用园施肥效应的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2001.
- [5] 张富仓, 康绍忠, 李志军. 氮素形态对白菜硝酸盐累积和养分吸收的影响[J]. 园艺学报, 2003, 30(1): 93-94.
- [6] 卢凤刚, 郭丽娟, 陈贵林, 等. 不同氮素形态及配比对韭菜产量和品质的影响[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(1): 27-30.
- [7] 李天贵, 周兆德, 黄启为. 氮肥种类对蔬菜产量和品质影响的研究[J]. 湖南农学院学报, 1991, 17(1): 17-22.
- [8] 周乙敏, 任顺荣, 王玉祥. 氮素化肥对蔬菜硝酸盐积累的影响[J]. 华北农学报, 1989, 4(1): 110-115.
- [9] 梁立兴. 银杏叶的开发利用及其研究进展[J]. 世界林业研究, 1996(3): 44-51.
- [10] 魏道智, 宁书菊, 林文雄. 小麦根系活力变化与叶片衰老的研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1565-1569.
- [11] 徐加林, 别之龙, 张盛林. 不同氮素形态配比对生菜生长、品质和保护酶活性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(3): 290-294.
- [12] 蒋名川, 解淑贞. 蔬菜施肥[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 3-4

Leaf quality of *Ginkgo biloba* at the late growing stage with different NO_3^- -N and NH_4^+ -N combinations

ZHENG Jun, CAO Fu-liang, YU Wan-wen

(College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: To find how to improve the leaf quality of *Ginkgo biloba* (ginkgo) at the late growing stage by fertilization, leaf quality of ginkgo at the late growing stage with different combinations of NO_3^- -N and NH_4^+ -N was studied. The test resources were two-year-old ginkgo seedlings in the greenhouse of Nanjing Forestry University, transplanted and grown in pot cultures with $1.00 \text{ g} \cdot \text{pot}^{-1} \text{ N}$. A CRD experimental design was established with 3 replications and treatments of NO_3^- -N and NH_4^+ -N ratios 0:0 (the control), 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0. Results showed that root vigor (RV), nitrate reductase activity (NR) and NO_3^- -N of the leaf, was significantly greater with NO_3^- -N ($P < 0.01$). Also soluble protein (SP), free amino acid (AA) and total flavone (TF) with treatments of NO_3^- -N and NH_4^+ -N ratios 50:50 and 75:25 were significantly greater ($P < 0.01$) than others, soluble sugar (SS) and reducing sugar (RS) with treatment of NO_3^- -N and NH_4^+ -N ratios 50:50 were significantly greater ($P < 0.01$) than others. As the proportion of NH_4^+ -N increased and NO_3^- -N decreased a little, NO_3^- -N in the *G. biloba* leaf decreased with SP, free AA, SS, RS, and TF increasing. For NO_3^- -N, SP, free AA, SS, RS, and TF, the best NO_3^- -N: NH_4^+ -N were 75:25 and 50:50. [Ch, 6 fig, 2 tab, 12 ref.]

Key words: botany; *Ginkgo biloba*; N forms; NO_3^- -N to NH_4^+ -N ratio; leaf quality