

# 固氮树种在混交林中的作用研究 . 固氮树木叶部 N、P 养分动态特征 \*

何兴元 张成刚 杨思河 陈 玮 张 粤 刘惠昌 苏道岩

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

**【摘要】** 研究了 23 种固氮与非固氮树种叶部 N、P 含量的季节变化、输出率以及叶片衰老过程中 N、P 的输出过程. 结果表明, 供试树种叶部 N、P 含量均存在着明显的季节变化, 平均变化率为 21 ~ 23 %, 最大变化率出现在叶片衰老期. 在衰老期内不同树种表现出不同的 N、P 动态特征. 固氮树种表现出低输出率, 落叶中 N 含量是非固氮树种的 1.6 ~ 3.7 倍. 固氮树种生长季叶部 N 含量在 2.5 % 左右.

**关键词** 固氮树种 N、P 含量 养分动态 混交林

**Role of nitrogen-fixing trees in mixed forest . Seasonal variation patterns of N and P contents in leaves of nitrogen-fixing trees.** He Xingyuan, Zhang Chenggang, Yang Sihe, Chen Wei, Zhang Yue, Liu Huichang and Su Daoyan (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1997, 8(3): 235 ~ 239.

The seasonal variation and export rate of N and P contents in leaves and the export course of N and P in decrepit leaves of 23 nitrogen-fixing and non-nitrogen-fixing tree species were studied. The results showed that in the leaves of all tested trees, there was an obvious seasonal variation of N and P contents, their average variation rate was 21 ~ 23 %, and the maximum appeared at decrepit stage. During this stage, the dynamic character of N and P in leaves was different between nitrogen-fixing and non-nitrogen-fixing trees. The former displayed a low export rate, and the N content in their fallen leaves was 1.6 ~ 3.7 times higher than the later. The N content in the leaves of nitrogen-fixing trees was about 2.5 % in growing seasons.

**Key words** Nitrogen-fixing trees, N and P content, Nutrient dynamics, Mixed forest.

## 1 引言

固氮树木在混交林中的供 N 效应已为许多研究者所证实<sup>[1,8]</sup>, 结瘤固氮树木既可从土壤中吸收一定量的 N, 又能靠共生固氮作用直接从大气中固定 N 素, 这两种功能的同时存在, 使固 N 树木本身不但有较高的 N 营养水平<sup>[7]</sup>, 同时也使这类树木在 N 素运转及养分含量的动态格局上表现出其特殊性. 这种特殊性不能不影响到其他营养元素在树木体内的变化, 而目前对固氮树木养分元素动态格局的研究不多. 本文对 4 种类型树种 N、P 含量的季节变化、

输出率以及叶片在生长后期衰老过程中 N、P 含量变化与输出的特点进行了研究, 以探讨固氮与非固氮树种之间在主要营养元素季节分布、输出等方面的差别, 为营造混交林选择树种时考虑主要营养元素的动态特征以及固氮树种在供应土壤 N 素的能力与动态, 更好地发挥树木混交的优势.

## 2 研究地点、材料与方法

树木叶部样品采自中国科学院沈阳应用生态

\* 中国科学院“八·五”重点资助项目 (KS 85 - 116).

1997 年 4 月 7 日收稿, 5 月 13 日接受.

研究所树木园内,树龄 20~30 a,土壤中性,沙质壤土.表层有机质含量为 4.32%,全 N 0.234%,P 0.154%,K 2.66%.选择 4 个类型(豆科树种、非豆科固氮树种、非固氮阔叶树种和针叶树种)的 23 种树木为供试材料.非豆科固氮树种有色赤杨(*Alnus tinctoria*)、日本赤杨(*A. japonica*)、欧洲桤木(*A. glutinosa*)、秋胡颓子(*Elaeagnus crispa*)、银柳胡颓子(*E. angustifolia*)、伞花胡颓子(*E. umbellata*)和大叶胡颓子(*E. macrophylla*).豆科固氮树种有国槐(*Sophora japonica*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、树锦鸡儿(*Caragana arborescens*)和金雀锦鸡儿(*C. frutex*).非固氮阔叶树种有蒙古栎(*Quercus mongolica*)、辽东栎(*Q. liaotungensis*)、槲树(*Q. dentata*)、黄菠萝(*Phellodendron amurense*)、桑树(*Morus alba*)和椴树(*Tillia amurensis*).针叶树种有油松(*Pinus tabulaeformis*)、赤松(*P. densiflora*)、红松(*P. koraiensis*)、樟子松(*P. sylvestris* var. *mongolica*)和沙松(*Abies holophylla*).

供试树种均为已引种栽培多年(乔木树种树龄 20~30 a,灌木树种 10 a 以上),生长正常,每种树选 3 株有代表性的植株为采集对象,取叶时选生长正常、叶片完好,按树冠上中下,阴阳面各部分采集,所采样品暂放于塑料袋中,称其鲜重,后存于牛皮纸袋中烘干.混合后称取样品,取叶量依叶片大小而定,每个样品在 20~100 g 之间.

季节动态变化研究的采样时间为 1994 年 6 月 15 日、8 月 1 日、9 月 15 日、10 月 15 日和各树种的落叶期.叶片衰老过程研究的采样时间为 1996 年 9 月 27 日、10 月 4 日、10 月 11 日、10 月 18 日和各树种的落叶期.

表 1 固氮与非固氮树种叶部 N、P 含量季节变化率

Table 1 Seasonal variation rate of N and P contents in N-fixing and non-N-fixing trees leaves

树种类型 Type of trees	月份 Month								平均 $\bar{x}$	
	6.15~8.1		8.1~9.15		9.15~10.15		10.15~落叶期*		N	P
	N	P	N	P	N	P	N	P		
	11.1	0.5	0.8	3.8	2.8	11.8	36.4	44.9	12.8	15.3
	13.7	28.2	6.6	0.7	13.5	4.3	52.1	80.2	21.5	28.5
	3.0	9.7	1.0	6.5	19.7	0.8	58.1	62.6	20.5	19.9
	7.2	20.2	4.3	3.1	16.8	2.1	87.8	91.7	29.0	29.3
$\bar{x}$	8.75	14.8	3.2	3.5	13.2	4.75	58.6	69.9	21.0	23.2

\* Leaf-fall period; . 非豆科固氮树种 Non-leguminous N-fixing trees, . 豆科固氮树种 Leguminous N-fixing trees, . 阔叶树种 Non-N-fixing broadleaf trees, . 针叶树种 Non-N-fixing coniferous trees. 下同 The same below.

关<sup>[6]</sup>.8、9 月达到最高值并持续一段的稳定期,到生长后期由于 N 的回运而迅速下

样品烘干后再用烘箱在 80~85 下烘 6 h,称重. N、P 测定采用常规分析方法<sup>[4]</sup>.

3 结果与讨论

3.1 固氮与非固氮树种叶部 N、P 含量的季节变化

对 23 种固氮与非固氮树种叶部含 N 量季节变化的测定结果表明,4 种类型树木叶部含 N 量无论是生长期还是落叶期差别明显,固氮的豆科和非豆科阔叶树种其生长期叶部含 N 量明显高于非固氮的阔叶树种和针叶树种(固氮阔叶比非固氮阔叶高 30~40%,比针叶高 2 倍以上),尤其是落叶中 N 含量差异更明显,固氮阔叶树木是非固氮阔叶和针叶树木 N 含量的 1.6~3.7 倍.4 种类型树种叶部 N 含量均存在着明显的季节变化.根据翟明普等<sup>[3,5]</sup>计算 N 含量季节变化率的公式,算出这些树种的变化率为 21%(表 1).各树种 N 含量变化率最大期为落叶前的 2~3 周,8~9 月中旬最稳定,表明此期间树木营养状况相对稳定.从各类树种 N 变化幅度大小来看,其排序为非豆科固氮树种<阔叶树种 豆科树种<针叶树种.从图 1 的变化曲线中可以反映出这一趋势,同时可以看出各树种叶部 N 含量在生长初期一般较低,这可能与春季最初突发性生长需要大量营养有

降,至落叶期达到最低值.从表 1 可以看出,固氮与非固氮树种之间叶部 P 含量在

生长季和落叶期差异不大,但存在着和 N 相似的季节分布及变化规律,其变化率为 23.2 %,也与 N 相似.非豆科固氮树种 P 的季节变化最小,落叶中 P 含量最高.

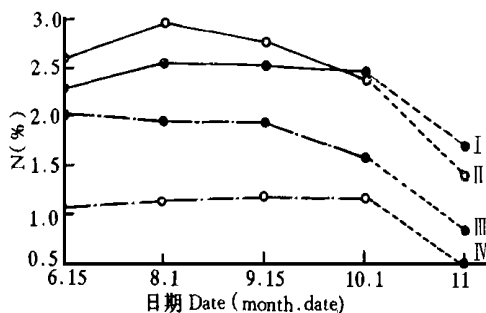


图1 不同类型树种叶部含N量季节变化  
Fig.1 Seasonal change of N content in the leaves of different trees.

非豆科固氮树种 Non-leguminous N-fixing tress, 豆科固氮树种 Leguminous N-fixing tress, 阔叶树种 Non-N-fixing broadleaf trees, 针叶树种 Non-N-fixing coniferous trees. 下同 The same below.

### 3.2 固氮树种叶部 N、P 输出

营养物质在树木体内的季节性转运是木本植物的重要生理特征之一.树木落叶前大量的营养元素从叶部外运,贮存于其它组织中以备下一生长季节的再利用.通过测定树木临近落叶前叶部养分输出率即输出量占生长后期叶部养分含量的百分比,可以基本了解该树种养分输出的特征,这一特征不仅反映了树木本身对营养元素的经济利用能力,而且可以表明在维持生态系统养分平衡方面的生态学意义.作者对固氮与非固氮树种落叶前后 N 的输出率曾作过报导<sup>[2]</sup>,在此基础上,利用树木生长季的平均含 N 量与落叶期含 N 量进一步研究 N 的输出格局(图 2),N 的输出率由小到大的顺序为:非豆科固氮树种(30 %) < 豆科树种(47 %) < 阔叶树种(53 %) < 针叶树种(60 %),落叶中含 N 量由高到低的顺序为非豆科固氮树种(1.71) > 豆科固氮树种(1.42) > 非固氮阔叶树种(0.88) > 针叶树种(0.46),说明树木生

长后期(9 月末至 10 月初)的 N 含量与整个生长期的平均含量相近,由此计算的输出率也是一致的,因此进一步证明了这种趋势.固氮树种叶部含 N 量较高,平均 2.5 %,而输出率又较低,其落叶中 N 含量远高于非固氮树种,这对增加土壤中的 N 素具有重要意义.

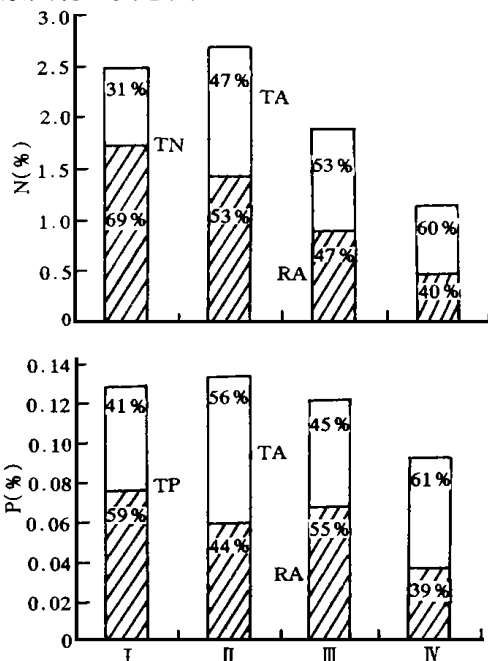


图2 不同类型树种生长期平均 N、P 含量及输出率  
Fig.2 Average N and P content and translocation rate of different type tress.

TP:总含 N 量 Total N, TP:总含 P 量 Total P, TA:输出量 Translocation amount, RA:保留量 Remaining amount.

表2 固氮与非固氮树种叶部 P 含量季节变化(%)  
Table 2 Seasonal change of P content in the leaves of nitrogen-fixing and non-nitrogen-fixing

树种类型 Type of trees	采样时间 Sampling date					平均 x
	6.15	8.1	9.15	10.15	落叶期	
0.129	0.130	0.135	0.120	0.076	0.128	
0.107	0.143	0.144	0.138	0.059	0.133	
0.108	0.119	0.127	0.128	0.067	0.121	
0.080	0.098	0.095	0.097	0.036	0.092	

P 和 N 一样在落叶前大量输出贮存备用.从表 2、图 2 可以看出固氮树种与非固氮树种在生长季节叶部 P 含量相差不大,但落叶中非豆科固氮树种最高(输出率

最低), 针叶树含量最低(输出率最高), 也说明非豆科固氮树种在营养利用及增加土壤养分方面要优于其他树种.

### 3.3 固氮与非固氮树种在叶片衰老过程中 N、P 输出

在测定不同树种叶部 N、P 含量的季节变化时, 发现树木落叶前的 2 ~ 3 周内 N、P 变化率最大, 占全年变化率的 70 ~ 75 %, 此时 N、P 大量输出. 为了比较固氮与非固氮树种叶片衰老进程及 N、P 含量变化的不同, 准确计算各树种的 maximum 输出率, 选择了 3 个代表树种, 从 9 月末开始, 每隔 1 周测定 1 次叶片 N、P 含量(图 3). 结果表明, 3 个树种叶衰老进程和变幅明显不同, 但衰老过程中, N、P 含量变化是有起伏的, 并不是直线下降. 刺槐在 10 月 4 日出现最高值, 之后迅速下降, 持续时间较短(21 d). 秋胡颓子 N 含量变化相对较平缓, 10 月 18 日才出现最高值, 2 周内即完成落叶, 结束衰老过程, 但较其它树种晚落叶 1 周左右. 黄菠萝开始养分输出最早(9 月 27 日), 经过 24 d 完成落叶, 含量无起伏. 3 个树种衰老过程中 N、P 含量均出

表 3 几种树木叶部 N、P 含量及最高输出率

Table 3 N and P content and maximum translocation rate in leaves of different species of trees

树 种 Species	N ( % DW)			P ( % DW)		
	生长后期最高值 Living leaves	落叶期 Fallen leaves	输出率 Translocation rate ( % )	生长后期最高值 Living leaves	落叶期 Fallen leaves	输出率 Translocation rate ( % )
秋胡颓子 <i>E. crista</i>	2.78	1.59	43	0.172	0.096	44
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	3.81	1.77	54	0.245	0.122	50
黄菠萝 <i>Phe. amurense</i>	1.93	0.81	58	0.251	0.136	46

非固氮树种 2 倍.

## 4 结 论

4.1 固氮树种(豆科、非豆科)生长季叶部含 N 量为 2.5 % 左右, 显著高于非固氮树种. 落叶中的含 N 量固氮树种比非固氮树种高 1.6 ~ 3.7 倍. 在增加土壤中 N 素方面具有较大作用.

现 1 次高峰, 据此推算出 N、P 元素的最大输出量(表 3). 3 种树的 N 输出率在 40 ~ 58 % 之间, P 输出率在 44 ~ 50 % 之间. 从落叶中的 N 含量看仍然是固氮树种高于

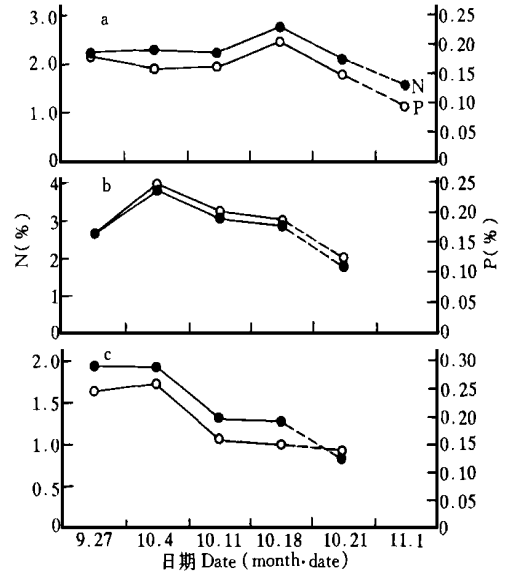


图 3 不同树种叶片衰老过程中 N、P 含量变化

Fig. 3 Variation of N and P content in leaves of different species of trees at decrepit stage.

a) 秋胡颓子 *Elaeagnus crista*, b) 刺槐 *Robinia pseudoacacia*, c) 黄菠萝 *Phellodendron amurense*. ...落叶期 Leaf-fall period.

4.2 树木叶部含 N 量随着生长节律的变化存在着明显的季节变化. N 含量的季节变化率平均为 21 %, 各树种最大变化率出现在落叶前的几周内, 即叶片衰老期. 此时主要表现在 N 素的大量回运输出上. 8 ~ 9 月中旬变化率最小, 营养元素含量较稳定, 是营养诊断、样品采集的适宜时期.

4.3 固 N 树种落叶前 N 的输出率为(30

~ 47 %), 较非固氮树种低 (53 ~ 60 %). 这对增加土壤中的 N 及促进 N 循环具有重要意义.

4.4 几类树种间叶部含 P 量在生长季及落叶中差异不大, 平均变化率为 23.2 %, 与 N 的变化率相近. 其季节变化规律与 N 也相似. 但非豆科固氮树种落叶中 P 含量较高, 变化率及输出率较低, 针叶树则反之.

#### 参考文献

- 1 何兴元等. 1996. 固 N 树种在混交林中的作用研究. 沙棘混交林内根瘤固 N 与林木生长. 应用生态学报, 7(4): 354 ~ 358.
- 2 何兴元等. 1997. 结瘤固氮树种叶部氮、磷迁移特征. 生态学杂志, 16(3): 200 ~ 203.
- 3 李培芝等. 1991. 日本落叶松人工林针叶中矿质营养元素的季节吸收特点及其相互关系. 应用生态学报, 2(3): 207 ~ 213.
- 4 严国光等. 1982. 农业仪器分析法. 北京: 农业出版社, 381 ~ 397.
- 5 翟明普等. 1987. 油松人工林中林木叶的元素含量及其年度和季节变化. 林业科学, 23(3): 286 ~ 297.
- 6 P. T. 克累默尔等 (汪振儒等译). 1983. 木本植物生理学. 北京: 中国林业出版社, 369 ~ 376.
- 7 Dawson J. O. and Funk, D. T. 1981. Seasonal change in foliar nitrogen concentration of *Alnus glutinosa*. For. Sci., 27: 239 ~ 243.
- 8 Friedrich J. M. and Dawson, J. O. 1984. Soil nitrogen concentration and *Juglans nigra* growth in mixed plots with nitrogen fixing *Alnus*, *Elaeagnus*, *Lespedeza*, and *Robinia* species. Can. J. For. Res., 14: 864 ~ 868.