

杨树刺槐混交林及纯林土壤微生物数量及活性与土壤养分转化关系的研究

胡延杰

翟明普 武艷文 贾黎明

(中国林科院科信所 北京 100091)

(北京林业大学资源与环境学院)

摘 要 测定了杨树、刺槐混交林及纯林土壤微生物数量及其生化强度的季节性动态变化。结果表明,混交后土壤微生物数量和生化强度总体比纯林提高 50%~100%,夏季(林木生长旺季)最高,这说明混交后更有利于养分的有效化,可促进树木的旺盛生长。采用根箱盆栽试验法,测定了纯槐、纯杨和杨槐混植 3 种处理条件下微生物总碳量,探讨了 N、P 速效养分的根际效应。发现微生物总碳量与土壤 N、P 速效养分含量之间存在正相关关系;杨槐混植处理中 NO_3^- -N 的根际效应最为明显,在距根 0~5mm 处(根际)为亏缺区。

关键词 杨树;刺槐;混交林;微生物;土壤养分

在我国广大温带地区,杨树(*Populus spp.*)和刺槐(*Robinia pseudoacacia*)混交是混交林的一个成功范例。近年来,分别从林分结构、林木生长、林地生产力、林地土壤养分改善,以及树种间养分转移等方面对其混交效益机理进行了系统的研究^[1-5],但着眼于微生物角度的研究不多。本文选择与 N、P 养分转化有关的土壤微生物生理类群作为研究对象,对其数量和生化强度进行了一个生长季的动态测定。同时,借鉴农业上的经验,利用隔层分区采样方法——根箱实验法^[6],通过模拟根系吸收表面,测定了微生物总碳量的梯度分布和 N、P 速效养分的根际效应。以期进一步从微生物和根际这一微观角度揭示杨树刺槐混交林的混交效益。

1 研究内容和方法

1.1 林分实验

1.1.1 研究地区自然概况 实验地位于北京市顺义县潮白河林场,地理坐标为东经 $116^{\circ}46'$,北纬 $40^{\circ}1' \sim 40^{\circ}16'$,设置有杨树刺槐混交林、杨树纯林和刺槐纯林 3 种标准地,杨树为 22 年生,刺槐为 19 年生。林场土壤为潮土,质地为沙土,通气良好,有机质含量低,蓄水保肥能力差。地下水位 0.8~4m, pH 值 7~8 之间,海拔 30m。属温带气候,四季分明,年平均气温 11℃,年降水量 500~700mm,多集中在 7~8 月份,占全年降水量的 65%。

1.1.2 实验方法 土壤取样按生长季分 3 次进行:5 月 23 日、8 月 23 日、10 月 21 日,按 0~20cm、20~40cm 两个层次分别采集混合土样,冷冻保鲜后带回实验室及时进行处理和测定。测定指标和测定方法为^[7]:氨化细菌:MPN 法,蛋白胨液体培养基;硝化细菌:MPN 法,改良的斯蒂芬逊(Stephenson)液体培养基;解无机 P 细菌:稀释平板法,2%葡萄糖琼脂培养基;解有机 P 细菌:MPN 法,蒙金娜卵磷脂液体培养基。生化强度的测定方法主要参考中国科学院南京土壤研究所微生物室编著的《土壤微生物研究法》,其中氨化作用和硝化作用采用土壤培养法,P 转化强度采用溶液培养法^[7]。

1.2 盆栽实验

1.2.1 试验用箱 根箱长 20cm, 宽 25cm, 高 40cm。3 面为硬塑料, 1 面为 3mm 厚的有机玻璃, 底部设有通气孔。由两室组成, 一个是生长室即根室(R 室), 宽 20cm; 一个是土壤室(S 室), 宽 5cm。根室和土壤室之间用 500 目尼龙网相隔, 根系不能穿过该网, 养分和水分则可以自由穿过。根系在根系生长室有限的体积内密集分枝生长, 可在 500 目尼龙网上形成一层根系网, 以模拟根系吸收表面。

1.2.2 试验处理 分纯杨、纯槐和混植 3 种处理, 每处理 3 重复, 另外设一空白对照。刺槐为当年生播种苗, 杨树为当年组培苗(为不带进母体过多养分, 故选用组培苗)。每盆栽 2 行共 8 棵, 内行紧贴尼龙网种植, 其中混植处理为杨树、刺槐交错种植。于 6 月下旬装盆, 3 个月后即 9 月下旬拆盆取样测定。盆栽土壤选用北京市大兴县西麻各庄林场林地土, 土壤为潮土, Olsen—P 含量为 1.5mg/kg; 全 N 含量为 15g/kg; pH 值 8.2。

1.2.3 测定指标和方法 9 月下旬试验结束时将土壤在尼龙网处分开, 注意保持土壤室内土壤原状, 并按 0~5mm (可看作根际土壤), 5~10mm, 10~20mm, >20mm 4 个层次分别取土样, 立即冷冻保鲜并及时进行测定。微生物总碳量测定采用 Jenkinson 氯仿熏蒸法^[7]。NP 速效养分测定采用常规方法。

2 结果与分析

2.1 林分实验

2.1.1 氨化细菌数量与氨化作用强度 从图 1~2 可以看出, 土壤氨化细菌数量的季节性动态变化与氨化强度的变化总体吻合, 都是夏季最高, 春季和秋季较低。不同林分比较, 纯槐林的氨化细菌数量与氨化强度都高于纯杨林, 这可能是由于刺槐根瘤固 N 使土壤中有

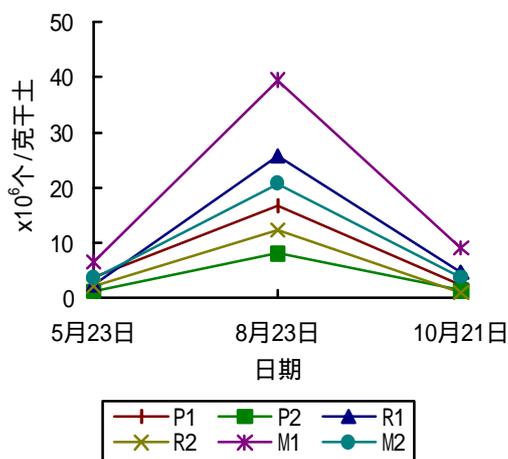


图 1 不同林分土壤氨化细菌数量季节变化

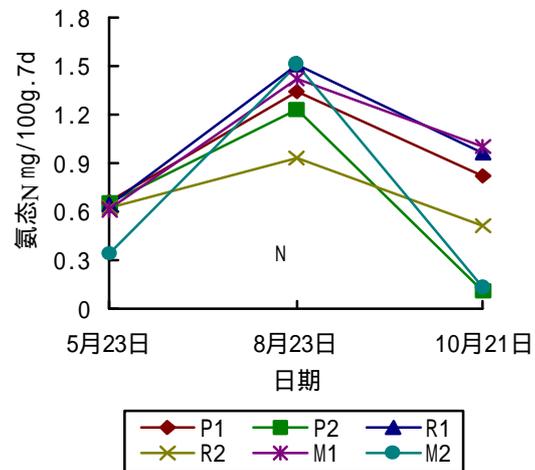


图 2 不同林分土壤氨化强度季节变化

* 备注(下同): P1: 纯杨林 0~20cm 土层 R1: 纯槐林 0~20cm 土层 M1: 混交林 0~20cm 土层
P2: 纯杨林 20~40cm 土层 R2: 纯槐林 20~40cm 土层 M2: 混交林 20~40cm 土层

机 N 含量提高, 有利于氨化细菌生长和氨化作用的进行。但总体看来, 氨化细菌数量与氨化强度都是混交林高于纯林, 其幅度为 30~50%。表明混交后土壤微生物数量增加并且活性提高, 这将促进土壤中有机 N 的有效化, 有利于改善林木的 N 素营养。

2.1.2 硝化细菌数量与硝化作用强度 从实验结果(图3~4)可以看出,硝化细菌数量虽少于氨化细菌,但硝化强度却大于氨化强度,这说明实验地区的土壤条件有利于硝化作用的进行。不同林分比较,纯槐林的硝化细菌数量及硝化强度都明显高于纯杨林,尤其在春季(5月23日土样)的20~40cm土层,差异高达2~10倍,这可能与刺槐根瘤固N和其氨化强度较高有关,因为硝化作用所需的氨主要是由氨化作用产生的。混交后,林地土壤的硝化细菌数量与硝化强度都有所提高,尤其是8月23日土样,与林木的生长旺季相吻合,这将有利于土壤N素的有效化,满足林木生长旺季的营养需要。另外,各林分土壤硝化细菌数量与硝化强度随季节变化的幅度均小于氨化细菌数量和氨化强度,这也说明了硝化作用是实验地区土壤一种比较稳定的N素速效化形式。

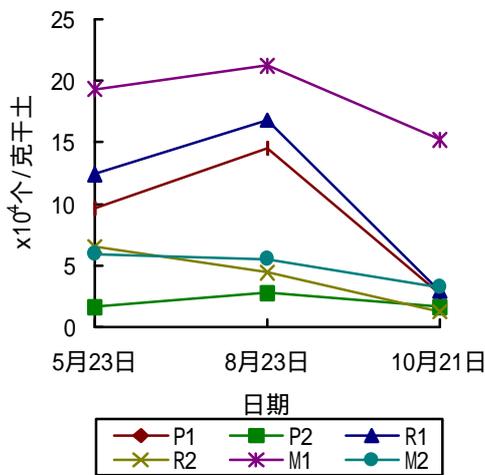


图3 不同林分土壤硝化细菌数量季节变化

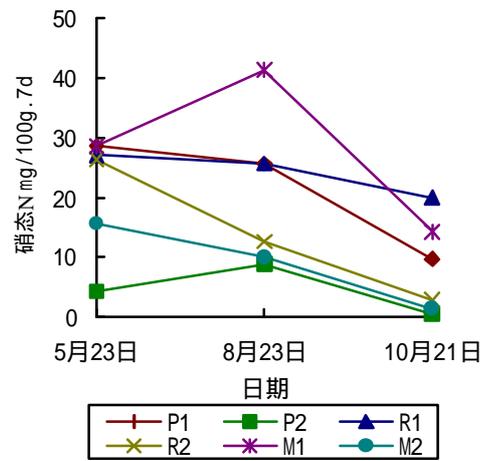


图4 不同林分土壤硝化强度季节变化

2.2.4 土壤P素的转化 由图5~8可见,无机P转化强度以8月23日为高峰,而有机P转化强度的高峰推迟至10月21日。但综合来看,解P微生物与P转化强度仍以8月23日为高峰,尤其是无机P转化强度此时迅速升高,远高于有机P转化强度,这一方面是

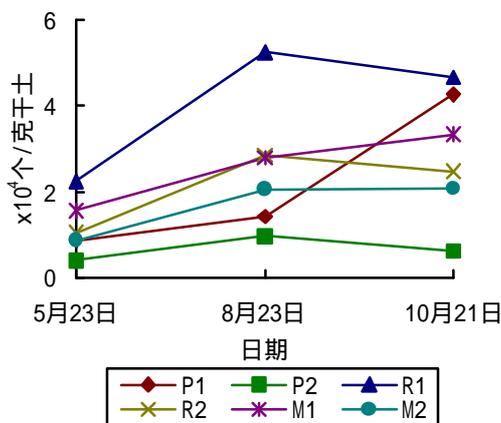


图5 不同林分土壤解有机P细菌数量季节变化

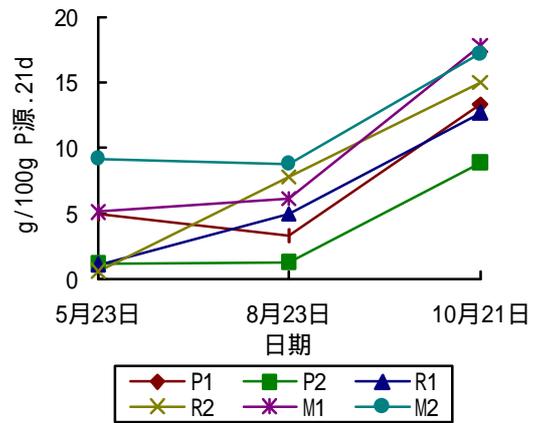


图6 不同林分土壤解有机P强度季节变化

由于此时解无机P微生物数量的增加,另外林木根系分泌物中的一些酸类物质也会提高土壤无机P转化强度^[6]。不同林分比较,解无机P微生物数量和P转化强度都是混交林高于纯林,并且纯杨林的增加幅度大于纯槐林。这表明混交后促进了土壤P素的转化,有利于林木尤其是杨树的生长。

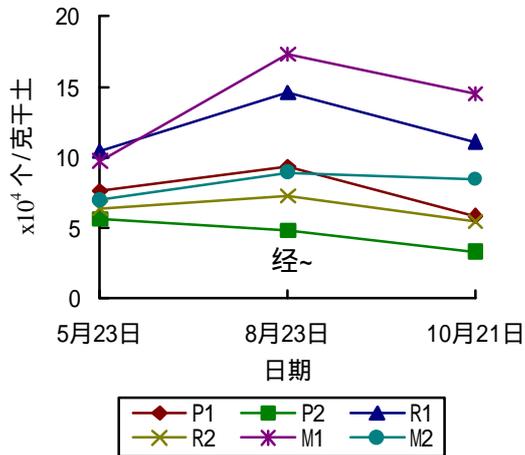


图7 不同林分土壤解无机P细菌数量季节变化

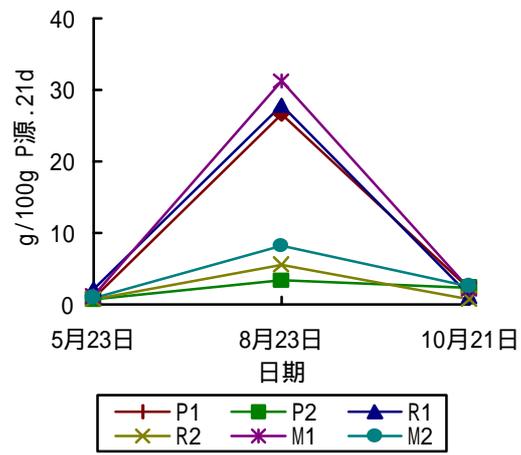


图8 不同林分土壤解无机P强度季节变化

2.2 盆栽实验

2.2.1 不同盆栽类型微生物总碳量比较

测定结果如图9所示,各盆栽类型苗木根际微区的微生物总碳量都明显高于对照;并且距根表距离越远,其微生物总碳量呈下降趋势,而对照则无这种现象,这说明苗木根系对微生物的影响很大。不同盆栽类型之间微生物总碳量的顺序为:混栽>纯槐>纯杨,虽然这时从生长方面还看不出明显的混栽效益,但它已从微生物总碳量上有所反映。

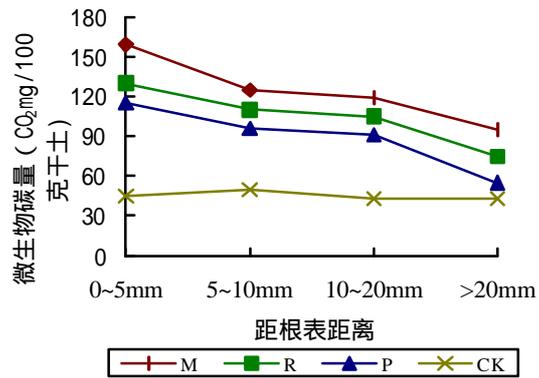


图9 距根表不同距离微生物总碳量比较

2.2.2 N、P速效养分的根际效应 从试验结果可以看出(图10~11),各层次土壤氨态N含量顺序均为:纯槐>纯杨>杨槐混植>对照,但硝态N含量顺序为:杨槐混植>纯槐>纯杨>对照,并且各层次土壤硝态N含量均远远高于同层次的氨态N含量。说明混植后土壤氨态N含量下降而硝态N含量增加,尤其在距根5~10mm区域内,并且土壤速效N形式主要是硝态N,这与林分实验中硝化作用强度远高于氨化作用强度的结果是相吻合的。另外从速效养分的亏缺区来看, NH_4^+ -N亏缺区较大,达0~10mm甚至0~20mm(如纯杨处理);而硝态N亏缺区仅为0~5mm,在5~10mm区域内有富集现象。这可能是由于 NO_3^- 主要通过质流作用而迁移,而植物对水分的吸收大于对N素的吸收,因而硝态N在根际相对富集;但 NH_4^+ 因其主要通过扩散作用而迁移,其迁移速度小于植物的吸收速度,因而距根表面愈近,其亏缺愈甚^[8]。

速效P在根区的水平梯度分布见图12,距根0~5mm和10~20mm范围内土壤速效P

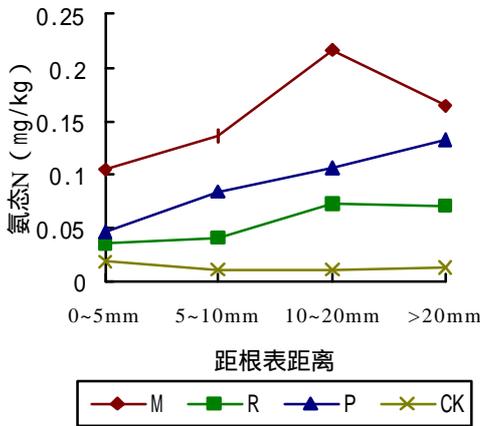


图 10 氨态 N 的根际效应

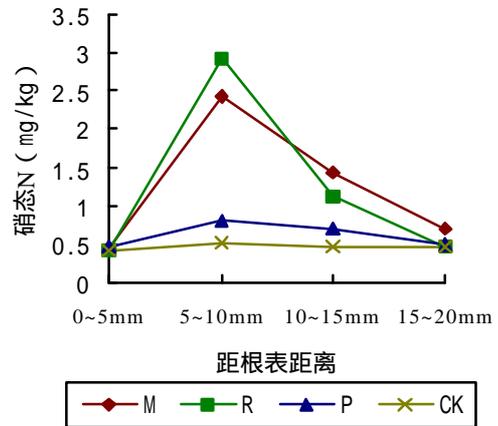


图 11 硝态 N 的根际效应

含量顺序为：杨槐混植>纯杨>纯槐>对照；在 5~10mm 范围内为：纯杨>杨槐混植>对照>纯槐。并且在近根区 0~5mm 内有速效 P 相对富集现象，其亏缺范围为 5~10mm。在试验中我们发现杨树具有外生菌根，刺槐根系已有根瘤。据报道，外生菌根可增加根系吸收范围，增加土壤 P 的空间有效性。可能正是由于菌根作用，使 P 亏缺区扩展到 5~10mm。对于 0~5mm 内有效 P 的相对富集现象，可能是由于幼苗期苗木根系分泌的一些低分子物质有溶 P 作用，使 P 的速效化速度高于根系吸收速度，因而在近根区出现相对富集现象。另外从总体来看，纯槐各层次土壤的速效 P 含量都较低，这可能是由于刺槐根瘤固 N 消耗速效 P 所致。

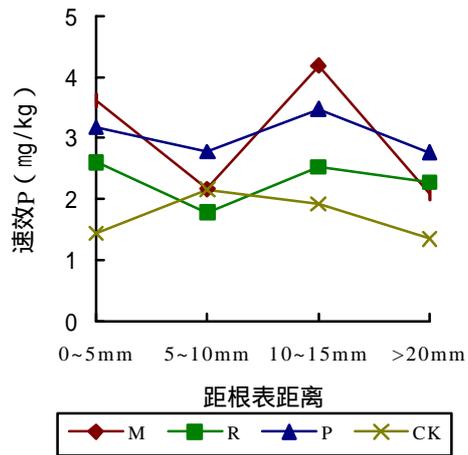


图 12 速效 P 的根际效应

3 结论与讨论

林分实验结果表明：杨树刺槐混交后土壤微生物的生理类群数量及生化强度都高于相应纯林。其中氨化细菌数量及氨化强度高出 10~50%；硝化细菌数量及硝化强度高出 2~9 倍；解无机 P 微生物数量及 P 转化强度高出 1~2 倍。从季节动态来看，除了解有机 P 强度秋季最高外，其它土壤微生物生理群数量及生化强度均为夏季最高，有利于林木的旺盛生长。根箱盆栽实验结果也表明，杨树刺槐混植后土壤微生物总碳量增加，这将有利于 N、P 养分的转化。另外还发现杨槐混植处理根际有效 P 亏缺区增加，即根系 P 素营养范围加大。在林分实验取样过程中，还发现杨树根系大都生有菌根。因此，有关杨树刺槐混交后菌根与 P 素营养之间的关系还需进一步研究。

杨树刺槐混交可改善杨树的 N 素营养已得到大家的共识，但对其具体的作用方式并不
(下转第 50 页)

参考文献

- 1 Dalal R. C. 土壤有机磷. 土壤学进展, 1980, 8(4): 15 ~ 28
- 2 Halm B. J. et al, I. A. E. A, Vienma, 1972: 571 ~ 586
- 3 Bowman R. A and Cole C.V. An Exploratory Method for Fractionation of Organic Phosphorus from Grassland Soils. Soil Sci, 1978, 125(2): 95 ~ 101
- 4 贺铁等. Bowman-Cole 土壤有机磷分组法的探讨. 土壤学报, 1987, 24(2): 152 ~ 159
- 5 A.L.佩奇等著, 闵九康等译. 土壤分析法. 北京: 中国农业科技出版社, 1991, 281 ~ 284
- 6 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学出版社, 1978, 103 ~ 104, 132 ~ 136, 146 ~ 150
- 7 Harrison A. F. 土壤有机磷-文献述评. 土壤学进展, 1990, 18(4): 11 ~ 19
- 8 邱凤琼等. 三种黑土中有机碳、氮、磷的形态分布与肥力的关系. 土壤学报, 1983, 20(1): 21 ~ 29.
- 9 Pearson R.W. and Roy W. Simonson. Organic phosphorus in seven Iowa Soil Profiles: distribution and amount as compared to organic carbon and nitrogen. Soil Sci. 1938(4): 162 ~ 167

(上接第 46 页)

十分清楚。本研究的林分实验结果表明：该地区土壤的硝化作用强度大大高于氨化作用强度，并且混交后杨树硝化细菌数量及硝化强度的提高最为显著；根箱盆栽实验也发现 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 根际效应显著，并在距根表 5 ~ 10mm 处有富集现象。因此可以推断，硝化作用是本地区杨树刺槐混交林及纯林最主要的 N 素转化过程， $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 是主要的速效 N 形式；混交后杨树 N 素营养的改善主要是因为微生物数量增加、硝化作用增强使得 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量增加所致。另外，该地区土壤条件也适于硝化作用进行。并且硝酸盐是植物生长所需的一种“较安全”的 N 源，加上 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 不存在专性吸附，具有随水移动性，不易被土壤胶体吸附，可由剖面深处迁移至根区，因此 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 更易于杨树吸收。同时，杨树本身也更适于吸收 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ，因为钙生植物优先利用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。因此，由上述不难推断 杨树刺槐混交后，刺槐共生固 N 使大气中的 N_2 转化为有机态 N，有机态 N 通过微生物的硝化作用转化为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ，最终改善了杨树的 N 素营养。

参考文献

- 1 沈国舫. 混交林研究. 北京: 中国林业出版社, 1997
- 2 贾黎明. 杨树刺槐混交林生长及树种间营养关系的研究. 博士论文, 1996
- 3 孙翠玲, 郭玉文等. 杨树混交模式养分变化及林木增长率的研究. 林业科学研究, 1997, 10(2): 164 ~ 169
- 4 李传涵, 王长荣等. 江汉平原和黄泛平原土壤微生物区系特点及毛白杨、刺槐混交丰产机理的研究. 林业科学研究, 1991,(4): 153 ~ 159
- 5 郭秀珍, 赵天锡等. 加拿大杨、洋槐混交林菌根真菌的研究初报. 林业科技通讯, 1983, (7): 10 ~ 33
- 6 北京农业大学植保系植物生态病理教研室编译. 植物根际生态学与根病生物防治进展. 北京: 中国人民大学出版社, 1990, 78 ~ 94
- 7 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985
- 8 钦绳武, 刘芷宇. 土壤—根系微区养分状况的研究 VI. 不同形态肥料氮素在根际的迁移规律. 土壤学报, 1989, 26(2): 117 ~ 123