

马桑结瘤固氮与光合作用的关系

杨 忠, 罗 辑, 王道杰

(中国科学院, 水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要: 马桑(*Coriaria sinica*) 植株的结瘤量、根瘤固氮活性和固氮能力均与植株叶面积和光合能力呈显著的直线相关关系, 叶面积大、光合能力强的植株结瘤量大, 根瘤固氮活性高, 固氮能力强。马桑根瘤固氮活性呈白天升高夜间降低的昼夜变化特点, 昼夜变幅为 $10\sim 20\mu\text{mol C}_2\text{H}_2/\text{g}\cdot\text{h}$, 光合作用是引起固氮活性昼夜变化的主要因素, 同时受土壤温湿度的影响, 遮阴或光照不足将引起马桑结瘤固氮能力的大幅度降低。

关键词: 马桑; 结瘤; 固氮; 光合作用

Relationship between nitrogen fixation and photosynthesis of *Coriaria sinica*

YANG Zhong, LUO Ji, WANG Dao-Jie (Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

Abstract: Nodulation, N-fixing activity and total nitrogen fixation per plant of *Coriaria sinica* were positively correlated with leaf area and photosynthesis per plant of the host. The host with higher leaf area and capacity of photosynthesis had a higher capacity of nitrogen fixation with higher nodule and N-fixing activity. N-fixing activity of *C. sinica* nodule showed a daily variation model with a higher level ($20.2\mu\text{mol C}_2\text{H}_2/\text{g}\cdot\text{h}$) in the day and a lower level ($9.2\mu\text{mol C}_2\text{H}_2/\text{g}\cdot\text{h}$) in the night. The diurnal fluctuation in N-fixing activity of *C. sinica* seedling nodule was demonstrated mainly ascribed to photosynthesis of the host by an experiment, in which soil temperature variation was hold within $3.2\text{ }^\circ\text{C}$ ($20\pm 1.6\text{ }^\circ\text{C}$), and nearly 2 fold increase ($10\sim 19\mu\text{mol C}_2\text{H}_2/\text{g}\cdot\text{h}$) in acetylene reduction by *C. sinica* nodule at midday compared with mid-night was measured. However, changes in soil temperature and moisture appeared to be the important factors affecting daily changes in N-fixing activity of *C. sinica* seedling nodule. Shade or shortage of light made the N-fixing activity reduced largely due to the decreased photosynthetic rate of the host. When light was shaded by 40% by seven days, photosynthetic rate and N-fixing activity of *C. sinica* reduced by 26.56% and 25.96%. When light was shaded by 70%, photosynthetic rate and N-fixing activity reduced by 38.02% and 79.43%.

Key words: *Coriaria sinica*; nodulation; nitrogen fixation; photosynthesis

文章编号: 1000-0933(2000)02-0244-05 中图分类号: Q948.1 文献标识码: A

多年来, 共生结瘤固氮与光合作用的关系一直是豆科植物共生固氮研究的热门课题之一^[1, 2], 而对于非豆科植物共生固氮研究较少。马桑(*Coriaria sinica*) 是一种固氮能力较强的非豆科固氮树种^[3, 4]。在新西兰等国家的矿山、贫瘠荒地等恶劣环境中作为先锋树种和用材林伴生种进行植被恢复发挥了较好的作

基金项目: 中国科学院重点项目资助(KZ952-S1-206)

收稿日期: 1998-10-28; 修订日期: 1999-12-13

承蒙刘国凡、邓廷秀二位导师悉心指导, 谨致衷心感谢。

作者简介: 杨忠(1964~), 男, 云南省华坪县人, 硕士, 副研究员。主要从事环境退化及其整治、植被退化及其恢复重建、木本共生固氮等研究。

用^[3]。近年来,我国四川紫色土丘陵地区利用马桑作为先锋树种在贫瘠荒地上进行植被恢复也取得了较好的效果^[4]。查明马桑结瘤固氮与光合作用的关系对利用马桑作为用材林伴生种,建立合理的人工混交林配置模式,充分发挥其固氮效益,具有重要的意义。

1 材料和方法

试验材料用马桑1年生盆栽幼苗。固氮活性测定利用乙炔还原法^[4]。挖取根瘤,迅速放入7.5ml血清瓶,抽出6%体积气体,注入等体积乙炔,埋入土中就地培养1h,注入1ml饱和盐水终止反应,带回室内用上海分析仪器厂出产的103型气相色谱仪检测乙烯生成量,以鲜瘤为基础计算固氮活性。

光合强度用开放式气流法原位测定^[5],仪器用北京分析仪器厂生产的QGD-07型红外线CO₂分析仪。叶室根据马桑枝叶特点,用有机玻璃自己设计制作,为简易的开放式叶室,内装温度计以测定叶室温度。用聚乙烯塑料薄膜制作120L容量的空气贮袋提供气源。中午气温较高时用冷水降低叶室温度。叶面积采用画纸称重法和江苏产PG-250型光电式叶面积仪对照测定。

2 结果和讨论

2.1 遮阴对结瘤固氮的影响

野外调查发现,马桑根瘤主要着生于基茎附近,在根瘤旺盛生长过程中,结瘤的根系末端往往停止生长并退化,表明结瘤固氮对光合产物的巨大需求。调查地区有少量柏木混交林,上层柏树密度较大,郁闭度在0.5以上,下层马桑生长较差,基本丧失结瘤能力,马桑纯林生长良好,结瘤量大,6年生马桑结瘤量为5~15/株。

表1 马桑遮光处理后的光合速率和固氮活性

Table 1 Photosynthetic rate and N-fixing activity of <i>Coriaria sinica</i> after seven-days'shading control					
照度 (lx)	遮光率(%)	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h)	光合速率 降低率(%)	固氮活性 (μmolC ₂ H ₂ /g·h)	固氮活性 降低率(%)
11500	0	12.521±1.645	0	12.336±4.848	0
6900	40	9.196±0.528	26.56	9.1334±1.798	25.96
3500	70	7.760±2.057	38.02	2.537±1.097	79.43
200	95	1.719±1.084	86.27	0	100

分别用1层纱布、3层纱布和黑布对马桑1年生盆栽幼苗进行遮光,5次重复,处理7d后测定植株光合强度和根瘤固氮活性。测定结果表明(表1),遮光40%即降低光合速率26.56%,从而使根瘤固氮活性降低25.96%,遮光70%使光合速率降低38.02%,而根瘤固氮活性降低幅度更大,为79.43%。说明由于遮荫或光照不足引起光合强度的降低,从而使固氮活性大幅度降低,遮荫越大,固氮活性降低的幅度也越大。

2.2 根瘤固氮活性昼夜变化与光合作用的关系

选择生长状况一致的1年生马桑盆栽幼苗,于8月10日和10月10日在自然条件下,每隔2h取样4~5盆,测定根瘤固氮活性、植株光合速率和相关气象因子,分析马桑根瘤固氮活性昼夜变化及其影响因素。结果表明(图1),马桑根瘤固氮活性昼夜变化的特点是白天活性升高、夜间活性降低,尤其是在10月10日活性变化尤为明显,上午9:00至12:00,随着太阳升起,土温升高,光合强度提高,固氮活性迅速升高,12:00达到最高点,晚上20:00时以后缓慢下降,0时降至最低水平,昼夜变化幅度为9.2~20.2μmolC₂H₂/g·h。其特点与在本地区研究过的四川桤木(*Alnus cremastogyne*)、木豆(*Cajanus cajan*)等不同^[7,8],而与攀枝花苏铁(*Cycas panzhihuaensis*)相似^[9]。显然,光照条件及其与之相联系的光合作用和温湿条件是影响马桑根瘤固氮活性昼夜变化的重要因素。

为了进一步查明马桑根瘤固氮活性昼夜变化与光合作用的关系,于10月10日将盆钵底孔密封后置于埋入土中的温度控制水盆,将土壤温度控制在20℃左右,测定固氮活性和光合作用日变化(图2)。10月10日光照较弱,盆钵土壤含水量恒定于较适宜的20%~25%。比较图1和图2可见,10月10日两个处理

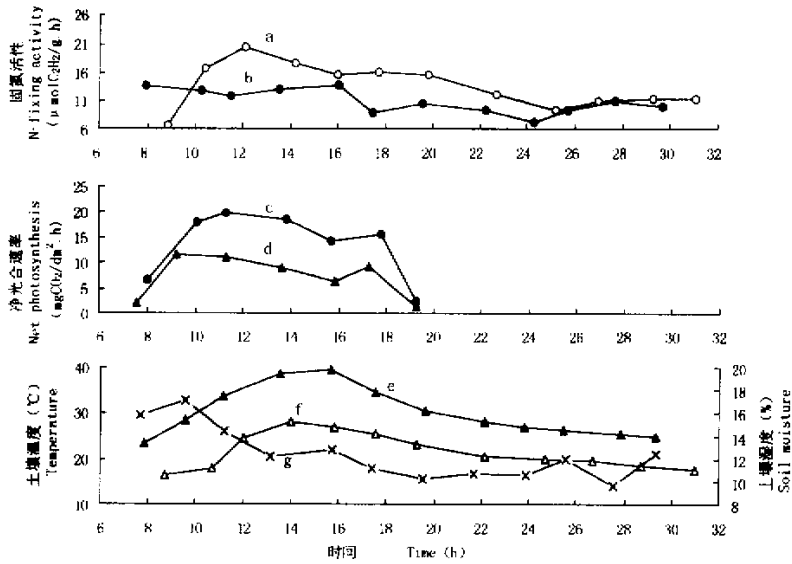


图 1 马桑根瘤固氮活性的昼夜变化模式

Fig. 1 Daily variaion of N-fixing activity of *C. sinica* nodule

a, 10月10日固氮活性 N-fixing activity at Oct. 10; b, 8月10日固氮活性 N-fixing activity at Aug. 10; c, 10月10日光合速率 Net photosynthesis on Oct. 10; d, 8月10日光合速率 Net photosynthesis on Aug. 10; e, 8月10日土壤温度 Soil temperature on Aug. 10; f, 10月10日土壤温度 Soil temperature on Oct. 10; g, 10月10日土壤含水量 Soil moisture on Aug. 10

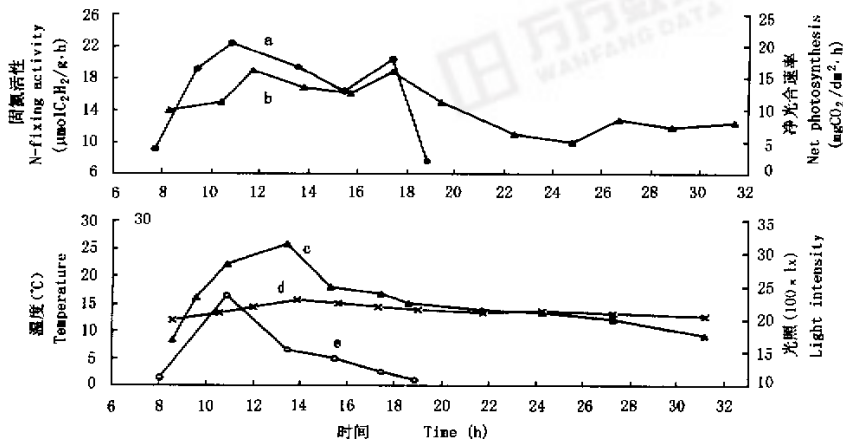


图 2 马桑根瘤固氮活性在控制温度条件下的昼夜变化模式(10月10日)

Fig. 2 Daily variation of N-fixing activity of *C. sinica* nodule under controlled soil temperature (Oct. 10)

a, 在控制土温下的固氮活性 N-fixing activity under controlled soil temperature; b, 光合速率 Net photosynthesis; c, 气温 Temperature; d, 控制处理条件下的土壤温度 Controlled soil temperature; e, 光照强度 Light intensity

测定的光合作用和固氮活性日变化形式相似,在土壤湿度(20%~25%)和温度(20±1.6℃)相对恒定的条件下,固氮活性的昼夜变幅仍然很大(10~19μmolC₂H₄/g·h),说明光合作用是引起马桑根瘤固氮活性昼夜变化的主要因素。图1中8月10日的固氮活性低于10月10日也与在8月10日的高温条件下光合作用较弱有关。已有研究表明^[10],马桑根瘤固氮活性的最适温度是25℃,高于此温度活性降低,因此,这一试验结果还与8月10日的高温有关。

桤木(*Alnus glutinosa*, *A. rubra*, *A. incana*)^[2]、攀枝花苏铁^[9]等非豆科固氮树种也查明具有类似结果。当然,光合作用对固氮活性昼夜变化的影响还与树种、植株大小和植株内部的可溶性碳水化合物含量有关^[2]。

2.3 马桑结瘤固氮与光合作用的相关关系

对40株不同生长状况的马桑1年生盆栽幼苗测定叶面积、叶片光合速率、株光合量、结瘤量、根瘤固氮活性和植株固氮量,用回归方法分析结瘤固氮与叶面积、叶片光合强度、植株光合量的相关关系。结果表明(图3、表2),马桑植株的结瘤量、根瘤固氮活性和固氮量均与株叶面积和植株光合量呈显著的直线相关关系。叶面积大、光合能力强的植株结瘤量大,根瘤固氮活性高,固氮能力强,此结果进一步说明了马桑结瘤固氮对植株光合作用的依赖关系。在豆科植物共生固氮中也报道过类似结果^[2],并且在某些生长条件下,寄主豆科植株果实成熟时,根瘤固氮活性降低,似乎表明,这是根瘤与果实对光合产物竞争的结果^[1]。以上试验结果在非豆科植株共生固氮中尚未见报道。

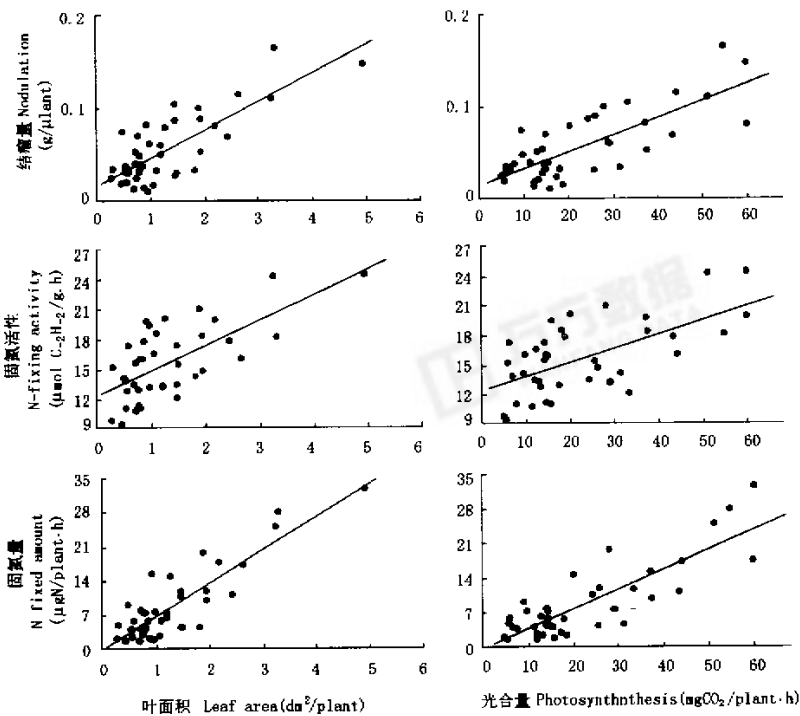


图3 马桑结瘤固氮与光合作用的关系

Fig. 3 Relationship between nitrogen fixation and photosynthesis of *C. sinica*

表 2 马桑结瘤固氮作用与光合作用的关系

Table 2 Relationship between nitrogen fixation and photosynthesis of *Coriaria sinica*

因素 Factors		函数关系式	R	F	S(e)
因变量(Y)	自变量(X)	Equation			
结瘤量	叶面积	$Y=0.03X+0.0171$	0.777	57.827**	0.0235
结瘤量	光合量	$Y=0.0018X+0.0148$	0.770	55.297**	0.0242
固氮活性	叶面积	$Y=2.4991X+12.39$	0.659	29.086**	2.7600
固氮活性	光合量	$Y=0.143X+12.417$	0.612	22.739**	2.9001
固氮量	叶面积	$Y=6.7062X+0.0277$	0.865	113.613**	3.7321
固氮量	光合量	$Y=0.3969X-0.1995$	0.832	85.703**	4.1324

** : $P<0.01(F_{0.05}=4.17,F_{0.01}=7.56)$

3 结论

马桑的结瘤固氮能力与植株叶面积和光合能力具有密切的关系,叶面积大、光合能力强的植株结瘤量大,根瘤固氮活性高,固氮能力强。马桑根瘤固氮活性呈白天升高夜间降低的昼夜变化特点,光合作用是引起固氮活性昼夜变化的主要因素,同时受土壤温湿度的影响。遮阴或光照不足将引起马桑结瘤固氮能力的大幅降低。因此,马桑的结瘤固氮能力与光照条件和植株的光合作用具有密切的关系,林业上,在利用固氮树种用材林伴生种时,建立合理的混交模式,减少遮荫,对充分发挥固氮树种的固氮效益,提高固氮树种对林业生态系统的氮素输入具有重要的意义。

参考文献

[1] Schubert K R. Products of biological nitrogen fixation in higher plants: photosynthesis, transport and metabolism. *Annual Review of Plant Physiology*,1986, **37**: 539~574.

[2] Tjepkema J D and Schwintzer G R. Physiology of actinorhizal nodules. *Annual Review of Plant Physiology*, 1986, **37**: 209~232.

[3] Dixon R O D L & Wheeler C T. Biochemical, Physiological and environmental aspects of symbiotic nitrogen fixation. In: J. C. Gordon & B. C. T. Wheeler, Dr w Junk Eds. *Biological Nitrogen Fixation in Forest Ecosystem*. publisher, Boston. 1983, 107~171.

[4] 杨 忠. 马桑的结瘤固氮特性. 山地研究,1993,**11**(12):125~128.

[5] 伯杰森. 生物固氮研究方法. 陈冠雄等译. 北京 :科学出版社,1982. 98~116.

[6] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册. 上海:上海科学技术出版社,1982. 88~91.

[7] 刘国凡,邓廷秀. 土壤条件与桉木结瘤固氮的关系. 土壤学报,1985,**22**(3):251~256.

[8] 刘国凡,邓廷秀. 几种豆科树木结瘤固氮的初步研究. 植物生态学与地植物学报,1986,**10**(3):228~233.

[9] 刘国凡,邓廷秀. 攀枝花苏铁的根瘤和固氮作用. 植物生态学与地植物学报,1990,**14**(2):151~155.