

# 土壤条件影响刺槐固氮的回归模型

刘国凡 邓廷秀

(中国科学院成都分院土壤室, 610041)

## 摘 要

刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.) 根瘤的固氮能力在四川盆地以中性、弱钙质和微酸性土壤为高, 强酸性和强钙质土壤上低。土壤条件对固氮能力的影响可用多元回归方程来表达。在方程拟合过程中, 作者提出了非线性因子的线性化转换法, 并用电脑模拟固氮因素的交互作用。42 种试验土壤中, 有效磷、以及它分别与  $\text{CO}_2$  (生物活性)、全磷的结合, 是影响固氮的主要因素; 其次 pH 与  $\text{CaCO}_3$ 、全磷中的有效磷与有效 Mo 的配合, 对固氮亦有重要贡献。方程可以评价和预测共生体在不同土壤条件的固氮潜力。

刺槐是重要的豆科结瘤固氮树种<sup>[3,9]</sup>, 土壤条件是影响木本固氮的重要因素, 长期以来, 人们多是研究单一因素的影响<sup>[6,7]</sup>, 但土壤中存在多种因素, 有些因素间又是相互促进或制约, 而对综合条件下的因素分析研究较少, 这恰恰是富有理论和实践意义的问题。本文通过多土壤、多因素、多水平的盆栽实验, 获得大量实验数据, 借助电脑分析, 提炼数学模型<sup>[2]</sup>, 揭示影响固氮的主要土壤因素和因素间的交互作用, 为评价、预测和调节固氮效率提供科学依据。

## 一、材料和方法

采集四川盆地不同性质和肥力水平的宜林土壤 42 种, 大部分是紫色土, 还有少数潮土和黄壤, 进行盆栽试验。陶瓷盆内径和高为  $15 \times 14 \text{cm}$ , 装土  $3.0 \text{kg}$ , 每种土 3 次重复, 播种育苗, 每盆留苗 2 株, 实验管理主要是浇水保湿, 不施肥, 力求保持土壤的自然特性, 实验持续 11 个月, 于 5 月下旬测定植株的生长和结瘤固氮量。

用乙炔还原法测定根瘤的固氮活性<sup>[7]</sup>, 根据结瘤量及固氮活性计算植株的固氮量。

土壤理化分析 13 项<sup>[3]</sup>(见表 1)。

为了解土壤各因素与固氮的关系, 首先作单因素的相关分析, 应用电脑拟合最适的相关曲线, 选出达显著水平的因素。在此基础上进行两个搭配, 形成交互因素。为使单因素处于同一量度, 对数据作“正规化”变换。结合方式有三种: 相加、相乘和乘积开方。这是模拟配方实验所采用或分析研究表明的形式。通过电脑选配最适线型, 相关分析检验各交互因素的显著性, 作为多元分析因子选择的依据。

第二, 拟合多元线性方程。考虑到一些因子包括交互因子与固氮量并非线性关系, 将它们直接纳入多元线性方程是不适宜的, 我们拟出在不改变因变量的条件下, 非线性因子数据作“线性化”转换, 例如: 抛物线关系  $y = a + bx + cx^2$ , 经代数变换为  $y = a - \frac{b^2}{4c} + c\left(x + \frac{b}{2c}\right)^2$ , 令  $x' = \left(x + \frac{b}{2c}\right)^2$ ,

表 1 土壤理

Table 1 Physical and chemical

土 壤 Soil		pH	碳酸钙 CaCO <sub>3</sub> (%)	二氧化碳 CO <sub>2</sub> (mg/100g)	有机质 O.M. (%)	全 氮 Total N (%)	有效氮 Available N (ppm)
紫 色 土	强酸性	4.1—4.3	0	5.73—18.17	0.26—1.23	0.022—0.065	23—66
	微酸性	5.7—6.4	0	11.08—23.28	0.59—1.84	0.027—0.067	24—78
	中性	7.0—7.8	0—0.1	15.53—53.91	1.02—1.85	0.047—0.084	52—85
	弱钙质	7.9—8.3	0.1—4.0	8.97—38.72	0.67—2.03	0.034—0.094	25—88
	钙质	8.3—8.5	6.7—8.9	14.70—26.62	0.35—1.94	0.020—0.084	20—80
	强钙质	8.3—8.6	11.4—14.9	12.50—22.58	0.44—1.23	0.026—0.071	21—47
潮 土	中性	6.8	0	41.86	1.24	0.087	48
黄 壤	酸性	5.0—5.4	0	21.30—22.85	1.02—1.09	0.068—0.071	38—59
	中性	6.7	0	21.68	0.93	0.052	52
	钙质	8.1—8.2	1.7	24.34—31.52	1.66—1.75	0.107—0.119	48—72
红 壤	酸性	5.4	0.3	14.23	2.33	0.115	59

$a' = a - \frac{b^2}{4c}$ , 则  $y = a' + cx'$  为线性关系, 由简单相关中  $a, b, c$  已求出,  $x$  则能转化  $x'$ , 实现了线性化。同理, 其他非线性因子亦能作相应的线性化变换。对此, 尚未见报道。多元分析中, 为消除各因素量纲不同带来的不合理影响, 采用了标准差法对数据进行标准化<sup>[4]</sup>, 按公式:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

式中:  $x'_{ij}$ —— $i$  个体,  $j$  指标的标准化值;  $x_{ij}$ ——观测值;  $\bar{x}_j$  和  $s_j$ —— $j$  指标的平均值和标准差。应用逐步回归法, 拟合最佳多元方程<sup>[2]</sup>。按偏回归平方和或  $F$  值的大小衡量各因素的贡献。

## 二、实验结果

### (一) 不同土壤中的结瘤固氮量

刺槐的结瘤固氮量见表 2, 实验数据表明, 刺槐在多种土壤上具有广泛的结瘤固氮能力, 根瘤的适应性很强, 而不同土壤间又有较大的差异, 42 种试验土壤中, 固氮能力较高是在中性、弱钙质和微酸性的土壤上, 强酸性和强钙质 ( $\text{CaCO}_3 > 8\%$ ) 土壤上则低, pH 3.82 的强酸性土完全没有根瘤形成, 可能土壤反应影响了根瘤菌的分布数量。共生体的固氮量, 不同土壤条件比土类之间差异大得多, 显然这与土壤理化特性不同有关。其影响结瘤固氮的土壤因素将在后面讨论。

### (二) 简单相关分析

不同土壤因素与固氮量的关系可用一元线性和非线性方程来表达(表 3), 13 项因素的相关方程表明, 其中 7 个因素达到极显著 ( $p < 0.01$ ) 和显著 ( $p < 0.05$ ) 水平。排列顺序为: 有效  $p^{**}$ ;  $\text{CO}_2^{**}$ ; pH $^{**}$ ; 有效  $\text{K}^{**}$ ; 有效  $\text{Mo}^{**}$ ; 全  $\text{P}_2\text{O}_5^*$ ;  $\text{CaCO}_3^*$ 。其中

## 化性质

## properties of soils

全磷 Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	有效磷 Available P (ppm)	全钾 Total K <sub>2</sub> O (%)	有效钾 Available K (ppm)	有效钼 Available Mo (ppm)	代换量 CEC (me/100g)	粘粒 (%) Clay < 0.01mm
0.025—0.195	2.0—4.6	1.11—1.75	21.1—90.0	0.038—0.100	8.40—25.75	28.73—53.72
0.108—0.269	3.6—13.0	1.23—2.17	34.0—99.0	0.108—0.180	15.79—30.03	24.01—33.44
0.053—0.206	1.7—5.5	1.13—1.83	42.5—72.2	0.062—0.095	13.68—40.98	28.52—45.66
0.046—0.215	1.0—7.9	1.19—2.40	18—137.7	0.030—0.180	14.47—33.00	18.60—64.25
0.117—0.148	2.0—3.4	1.57—2.14	33.7—116.9	0.045—0.155	14.75—24.62	26.38—53.34
0.138—0.197	1.4—4.6	2.14—2.28	71.5—122.5	0.045—0.123	17.04—25.80	45.73—57.39
0.143	13.0	1.30	45.7	0.103	9.29	27.94
0.055—0.081	3.4—8.2	1.13—1.14	47.5—85.3	0.175—0.273	11.63—19.28	53.01—57.57
0.055	7.2	1.17	104.7	0.078	24.59	48.96
0.118—0.154	2.2—2.8	1.46—2.98	125.8—167.9	0.130—0.313	24.10—28.35	68.75—69.51
0.083	5.2	1.68	157.6	0.073	15.18	20.22

CaCO<sub>3</sub> 是呈负相关。该结果是进一步分析的基础。

该 7 项因素按相加、相乘、乘积开方的形式两两搭配,模拟交互作用形成交互因素。所谓“交互作用”是两因素在一起,超过每个单因素独立存在时的反应之和,也称“联合效应”,反之则为负联合。人们对此作了许多配方实验<sup>[5,6]</sup>,而尚未见到数学模拟。作者认为,实

表 2 不同土壤上刺槐的结瘤量,固氮活性和固氮量

Table 2 Nodulation and nitrogen fixation of locust in different soils

土 壤 Soil	结 瘤 量 (g f. w.t. plant <sup>-1</sup> ) Nodulation amount	固氮活性 ( $\mu\text{mol g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) N <sub>2</sub> -fixing activity	固 氮 量 ( $\mu\text{g Plant}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) N <sub>2</sub> -fixing amount
紫色土 (强酸性)	0.67	6.39	39.95
	0.02	6.83	0.87
	0.06	7.67	3.97
(酸性)	0.27	7.94	19.87
	0.14	15.56	20.19
(微酸性)	1.75	4.99	81.50
	2.23	4.32	89.67
	1.91	3.88	68.88
	1.57	5.62	82.48
(中性)	1.17	5.62	61.42
	1.08	6.24	62.36
	0.76	5.57	39.50

续表 2

土 壤 Soil	结 瘤 量 (g f. w.t. plant <sup>-1</sup> ) Nodulation amount	固氮活性 ( $\mu\text{mol g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) N <sub>2</sub> -fixing activity	固 氮 量 ( $\mu\text{g plant}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) N <sub>2</sub> -fixing amount
(弱钙质)	0.78	5.56	40.68
	1.77	4.95	81.86
	3.11	4.85	140.07
	0.71	6.48	43.16
	1.97	4.77	87.82
	0.77	3.26	23.32
	0.19	8.56	15.10
	0.76	4.43	31.32
	0.51	13.45	62.09
(钙质)	1.77	5.14	84.93
	0.41	10.76	40.61
(强钙质)	0.32	11.47	33.69
	0.20	10.63	20.08
	0.40	7.03	28.30
	0.55	5.03	25.84
	0.50	5.20	24.16
	0.52	6.10	29.20
	0.04	12.46	4.80
	0.24	9.56	21.53
	潮土 (中性)	4.11	2.99
(弱钙质)	0.73	4.42	30.07
黄壤 (强酸性)	0	0	0
(酸性)	0.87	7.03	57.09
	1.11	5.93	61.09
	1.34	5.40	79.44
(微酸性)	2.31	5.05	108.76
(中性)	1.30	4.50	54.61
(钙质)	1.55	3.09	44.54
	0.13	8.52	9.71
红壤 (酸性)	0.94	5.12	45.01

测因素的数据的模拟的基础,交互作用与模拟因素之间在数学形式上的相似性,是模拟的客观依据。模拟因素经过相关分析表明,一些交互因素与因变数( $y$ )呈显著相关(见表3后部分)。这一普遍现象是不应忽略的,所以把它们也看作简单相关因素。有些交互因素,如pH和其他因素的配合,与因变数的关系是十分密切的, $R$ 和 $F$ 值很大,但估计均方误( $S(e)$ )一般也较高。

单因素和交互因素与固氮( $y$ )的简单相关,都是在不考虑其他因素影响时的相关关系。在多因素同时存在又相互影响的情况下,必须研究它们的复相关关系才能比较可靠

表 3 六种有机污染物对纤维单胞菌 (*Cellulomonas* sp.) 的影响

Table 3 Influence of six organic pollutants on *Cellulomonas* sp.

项 目 Items	对 照 Control	处 理 Treatment						
		苯乙烯 Styrene	间-二氯苯 m-Dichlorobenzene	邻-二氯苯 o-Dichlorobenzene	氯 苯 Chlorobenzene	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	十六烷 Hexadecane	
污 染 物 浓 度 ppm	10	菌落数	22 26 32	12, 17, 36	17, 32, 13	14, 25, 27	0, 0, 0	27, 25, 22
		标本数 (n)	7	3	3	3	3	3
	F	5.40**						
	t		0.255	0.775	0.981	0.707	5.240**	0.157
50	菌落数	13, 12, 14, 10, 10	8, 11, 11	5, 14, 4	5, 3, 13	6, 9, 7	0, 0, 0	5, 2, 2
		标本数 (n)	5	3	3	3	3	3
	F	6.18**						
	t		0.816	1.871	2.175*	2.025	5.346**	3.987**

注:  $n_1 = 6, n_2 = 18$  时,  $F_{0.05} = 2.66, F_{0.01} = 4.01$ ;  $n_1 = 6, n_2 = 16$  时;  $F_{0.05} = 2.74, F_{0.01} = 4.20$   
 $t_{18,0.05}(\text{双侧}) = 2.101, t_{18,0.01}(\text{双侧}) = 2.878; t_{16,0.05}(\text{双侧}) = 2.120, t_{16,0.01}(\text{双侧}) = 2.921$

表 4 六种有机污染物对土壤中放线菌 (*Actinomycetes*) 的影响

Table 4 Influence of six organic pollutants on *Actinomycetes* in soil.

项 目 Items	对 照 Control	处 理 Treatment							
		苯乙烯 Styrene	间-二氯苯 m-Dichlorobenzene	邻-二氯苯 o-Dichlorobenzene	氯 苯 Chlorobenzene	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	十六烷 Hexadecane		
污 染 物 浓 度 ppm	10	菌落数	70, 56, 44, 57	15, 20, 8, 14	74, 48, 61, 61	46, 40, 38, 41	68, 76, 56, 65	58, 68, 43, 56	69, 72, 41, 85
		标本数 (n)	4	4	4	4	4	4	
	F	12.49**							
	t		5.701**	0.570	2.079	1.274	0.067	1.341	
50	菌落数	70, 56, 44, 57	22, 10, 23, 16	61, 87, 31, 60	59, 28, 29, 39	43, 68, 45, 52	70, 54, 44, 56	27, 40, 30, 32	
		标本数 (n)	4	4	4	4	4	4	
	F	5.94**							
	t		4.296**	0.330	1.983	0.523	0.083	2.700	

注:  $n_1 = 6, n_2 = 21$  时,  $F_{0.05} = 2.57, F_{0.01} = 3.81, t_{21,0.05}(\text{双侧}) = 2.080, t_{21,0.01}(\text{双侧}) = 2.831$

地反映客观实际。

### (三) 多元回归方程

该方程除选择显著相关的因素外,也选择显著水平的交互因素,多元方程中由于交互因素的存在,一些自变量相关性密切,某一因素对固氮( $y$ )的影响,很可能由另一相关因素反映出来。逐步回归主要剔除对  $y$  关系不大的变量,如果剔除某一因素,回归平方和自变量都减少许多时,则是不适宜的,逐步回归进行到一定程度为止。

单因素代号:  $x_1$ ——pH,  $x_2$ —— $\text{CaCO}_3$ ,  $x_3$ —— $\text{CO}_2$ ,  $x_4$ ——全磷 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ),  $x_5$ ——有效 P,  $x_6$ ——有效 K,  $x_7$ ——有效 Mo。

拟合的方程如下:

$$\begin{aligned} y = & 59.2962(x_1 + x_2) - 24.8316x_1x_4 - 24.6888(x_1 + x_6) \\ & + 12.9774x_2 - 47.2652(x_2 + x_6) - 27.0539x_3x_4 \\ & + 100.0040x_3x_5 + 30.4004\sqrt{x_3 + x_7} + 30.9952x_1x_5 \\ & - 33.8816\sqrt{x_4x_7} - 118.6210x_5 + 39.8288\sqrt{x_5x_6} \\ & - 26.7858\sqrt{x_5x_7} - 16.2858\sqrt{x_6x_7} + 25.6671x_7 + 47.9884 \end{aligned}$$

总  $R = 0.9257$ ; 总  $F$  值 = 10.3862;  $S(e) = 15.6483$ ;  $DF = 15, 26$ ;

临界  $F_{0.05} = 2.07$ ,  $F_{0.01} = 2.9$

方程主要项的  $F$  值和偏相关系数如下:

因素	$F$ 值	$R$ 值	临界 $F$ 值
$x_1 + x_2$	15.1037	0.6061	$F_{0.05} = 4.22$
$x_1 + x_4$	6.8795	0.4574	$F_{0.01} = 7.72$
$x_1 + x_6$	4.2359	0.3743	
$x_2 + x_6$	13.4829	0.5844	
$x_3 + x_4$	15.6426	0.6129	
$x_3 + x_5$	21.8353	0.6756	
$\sqrt{x_3x_7}$	4.3925	0.3802	
$x_4x_5$	18.9938	0.6497	
$\sqrt{x_4x_7}$	16.4485	0.6225	
$x_5$	26.1869	0.7084	
$\sqrt{x_5x_6}$	10.3767	0.5341	
$\sqrt{x_5x_7}$	8.0697	0.4867	
$x_7$	10.5398	0.5371	

综合方程表明: 土壤中的有效磷,以及它分别与  $\text{CO}_2$  和全磷 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 的结合,是影响固氮的主要因素;其次 pH 与  $\text{CaCO}_3$  的配合,全磷 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 与  $\text{CO}_2$  的结合,对固氮有重要贡献;有效 K 分别与  $\text{CaCO}_3$ , 有效磷的配合,以及有效 Mo 也有显著作用。这些结果与各因素的简单相关分析(表 2)基本上是一致的。

本区土壤全磷含量较高(表 1),而有效磷含量一般很低,碳酸盐的广泛分布也影响磷素的有效性,磷对促进固氮作用早为人们认识,方程反映磷的作用是符合实际的;  $\text{CO}_2$  是

反映生物活性的指标,磷素是三磷酸腺苷(ATP)的重要成分,生物体内 ATP 的生成是固氮基本条件之一,也是有效磷与  $\text{CO}_2$  联合效应的依据。从植物营养的土壤化学观点来看,磷素的有效性不仅取决于有效磷的含量,还要看后备磷源——全磷的含量,二者结合可能更好地反映磷的效应;有效  $M_0$  是固氮酶的组成元素,磷素的增加有助于  $M_0$  的吸收和运转<sup>[5]</sup>,全磷含有效磷与  $M_0$  的交互效应早已证实;有效磷与有效 K 的相互作用对植物生长是重要的<sup>[6]</sup>,促进植物生长的因素也常常促进生物固氮,这是人们普遍承认的;  $\text{CaCO}_3$  对土壤 pH 有一定的制约作用。其他一些交互因素如  $\text{CaCO}_3$  与有效 K,  $\text{CO}_2$  与全磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )等,尚难作可靠解释,但可以看作是电脑提供的新信息,有待生物实验证实。

总的来说,多元回归方程是反映土壤理化因素和交互作用对刺槐固氮影响较好的综合模式。方程可以算出不同土壤固氮的理论值。由于统计提供的概率保证,因而也可以评价、预测共生体在不同条件下的固氮潜力。

### 三、讨 论

生物固氮受多种土壤因素的影响,特别是存在因素的交互作用就更复杂,很需要把数学方法和生物实验结合起来研究。应用数学模拟、分析、抽象等方法,有助于在整体上揭示它们的变化规律,这就是提炼数学模型,作者在此工作中注意解决三方面的问题:

(1) 电子计算机的应用 本文的许多工作是依靠电脑来做的,如对各项目因素选配恰当的数学方程,作者选择 11 种线型,对每项因子进行试算,比较各种线型估计均方误的大小、相关系数和 F 值,才找到最佳方程,这种选法准确可靠,精度高。其他如因素的交互作用、多元方程的拟合、主导因素的筛选等,离开电脑就寸步难行。

(2) 交互作用的数学模拟 因素间存在着交互作用。长期以来,人们作了一些因素交互实验,由于工作量大,实验涉及的因素有限,已有资料对一些因素难以作出一致结论<sup>[5,6]</sup>。作者应用数十种宜林土壤的盆栽实验数据,数学模拟因子的交互作用,这是一种新的尝试。电脑逐一检查交互因素与对象(y)相关的显著性,它是该因素是否能被挑选作多元分析的依据。就搭配方式而言,摸拟三种方式普遍存在显著相关,而不是偶然巧合,目前尚无理由决定只取这种排斥那种,而是取其与对象(y)最密切的一种形式。对交互因素以不同方式结合,其作用机理尚有待深入探讨。交互因素在综合条件下贡献的大小,需要数学抽象、筛选。因此电脑在这方面有广阔应用前景。

(3) 非线性因子的线性化 多元线性方程是研究多因素作用的重要模型,但许多土壤因素与因变量并非非线性关系(表 3),应用不当,不仅效果不佳,甚至导致错误结论。作者提出在不变化因变量的条件下,对非线性因子作线性化转换,其方法已作了概述,这是一个新的作法。实践表明,许多非线性因子在综合方程中达到显著水平,符合生物实验的实际。尽管各因素与因变量的线型不同,仍可在综合条件下相互比较对因变量的贡献。

(4) 主要因素的探索 判断综合条件不同因素对固氮贡献的大小,找出影响固氮的主要因素,揭示因素间的内部联系和变化规律是我们期望的。为此,应用逐步回归法来提炼原始资料的主要信息,把复杂因素转化为简单因素是适宜的。实践表明,多元回归模型是能定量地表示各因素的作用和地位,能筛选出主要因素,而该模型应用在交互因素存

在的条件下尚有待发展和完善。由于一些因素间相关性密切,因素筛选的标准和一般“独立”因素就有些差别,逐步回归进行到何种程度为宜尚需进一步研究。但方程由于考虑了交互因素,精度大大提高,从整体上看与简单相关是基本一致的。可说在多因素分析和交互作用的研究方面迈出了一步。

(5)抽象结果的验证 方程中达到显著水平的因素,特别是交互因素,实践上可靠性如何?仍然要继续通过实践来验证。

### 参 考 文 献

- [1] 刘国凡、邓廷秀,1986: 几种豆科树木结瘤固氮的初步研究。植物生态学和地植物学学报,第10卷3期,228—233页。
- [2] 张全德、胡秉民,1984: 农业试验统计模型和 Basic 程序。385—424页,浙江科学技术出版社。
- [3] 中国科学院南京土壤所,1978: 土壤理化分析。上海科学出版社。
- [4] 刘多森、曾志远,1987: 土壤和环境研究中的数学方法与建模。农业出版社。
- [5] Olsen S.R., (中国农科院土肥所编译), 1984: 农业中的微量营养元素: 微量营养元素的相互作用。194—208页,农业出版社。
- [6] Sumer M.E., (谭正喜、朱小平译) 1989: 大田种植体系中磷与其他营养元素及石灰的相互作用。土壤学进展,第17卷2期,22—28页。
- [7] Robson A. D., 1983: Mineral nutrition. In “Nitrogen fixation Vol. 3 Legumes” (W. J. Broughton, Ed.), Oxford University Press, pp. 35—52.
- [8] Turvey N. D. and Smethurst P. J., 1983: Nitrogen fixing plants in forest plantation management. In “Biological nitrogen fixation in forest ecosystems”. (Gorlen, J. C. and Wheeler, C. T., ed.) Martinus nijhoff/Dr. Junk W., pp. 233—236.

## A REGRESSION MODEL OF INFLUENCE OF SOIL CONDITION ON LOCUST NITROGEN FIXATION

Liu Guofan and Deng Tingxiu

(Department of Pedology, Chengdu Branch, Academia Sinica, 610041)

### Summary

The  $N_2$ -fixing capacity of locust nodule was high in neutral, low calcium and weak acid soils, but low in strong acid and strong calcareous soils of the Sichuan Basin of China. The relationship between locust nitrogen fixation capacity and physico-chemical properties could be expressed by a multivariate regression equation. In course of fitting into the equation the authors advanced the method converting the nonlinear factors into linear ones, and simulated the interaction between the soil's factors with an electronic computer. In 42 forest soils available P, and its interaction with  $CO_2$ -biological activity and total  $P_2O_5$  were the main factors influencing nitrogen fixation, and coordinations between pH and  $CaCO_3$ , and total  $P_2O_5$  (including available P) and available Mo made important contributions to nitrogen fixation as well. The equation can be applied to evaluate and forecast  $N_2$ -fixing potential of the symbionts under different soil conditions.