

北京地区辽东栎呼吸量的测定*

方精云 王效科 刘国华 康德梦

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100080)

S792.189

A

摘要 本文报道了北京地区辽东栎群落的建群种——辽东栎呼吸量的研究结果。详细论述了用红外 CO₂ 分析仪测定林木呼吸速率的方法和技术, 给出了辽东栎非同化器官的直径分布函数表达式、呼吸速率与直径的关系以及计算单株林木各器官总呼吸量的表达式, 建立了由每木调查结果推算群落呼吸量的方法。结果表明: 胸径大于 4.0cm 的辽东栎每年呼吸释放的 CO₂ 为 10.2t/hm², 其中根、茎、叶、枝分别为 2.8、1.7、2.6、3.2t/hm²。本文论述的方法和技术不仅对研究森林呼吸量, 对测定森林释放其它气体也有参考意义。

栎树;

关键词: 直径分布; 辽东栎; 呼吸速率; 北京地区。

呼吸量;

森林植被是调节大气 CO₂ 浓度变化的主要因素之一。因此, 研究由 CO₂ 等温室气体变化引起气候变暖的一个重要课题就是要查明森林植被的 CO₂ 源、汇功能, 阐明 CO₂ 在大气和植被中的交换过程, 也就是要研究森林的物质生产过程。群落的呼吸是研究森林物质生产的最困难环节。自 60 年代末 70 年代初开始, 国外对包括群落呼吸量在内的森林的物质生产过程进行了大量的研究^[1,2]。在这些研究中, 常采用碱吸收法测定林木的呼吸量^[3,4]。但最近的研究表明^[5], 碱吸收法由于测定结果偏高, 其可靠性受到怀疑。重新评价森林的生产力已经摆到了科学家的面前。我国虽从 80 年代开始, 在各地相继开展了森林生产力生态学的研究, 但植物群落呼吸的科学测定则未见报道。在全球气候变化成为生态学研究热点的今天, 建立科学的森林群落呼吸量的研究方法已成为我国生态学界的重要课题。作为国家“八五”科技攻关课题, 我们对这一问题开展了研究, 获得了满意的结果。

本文报道辽东栎群落的建群种——辽东栎呼吸量的研究方法和结果(限于条件的限制, 对群落中的其它种类未作测定)。辽东栎林是暖温带落叶阔叶林的典型代表, 研究它旨在推算暖温带地带性植被的群落呼吸量时起参考作用。

这里, 有必要简述一下森林群落呼吸量测定的特点。首先, 森林群体高大, 在目前的条件下, 不可能象测定农作物、草地或水体那样, 用一个罩子罩住一定面积的部分加以测定。这就要求我们在具体测定时, 将森林分解成不同的部分进行测定。尽管也有采用空气动力学等方法的研究, 但结果不能令人满意。第二, 林木的各个器官(根、茎、枝、叶、果)都在进行着不同程度的呼吸, 有必要分别测定, 并且对非同化器官而言, 即便是同一器官, 由于粗细不同, 呼吸速率也

* 国家“八五”科技攻关课题(编号: 85-913-01-02)。

野外测定工作受到中国科学院北京森林生态系统研究站茅世森高级工程师、宋凤山副站长及有关同仁的大力支持, 在此表示衷心感谢。

收稿日期 1994 04 07, 修改稿收到日期: 1994 12 05。

不一样。也就是说,不能仅测某一器官的平均值来代表该器官的呼吸速率,这就涉及到如何处理不同粗细的器官的呼吸速率问题。这是林木呼吸测定有别于草本植被呼吸测定的一个显著不同的特征,而它在以往的研究中常被忽视。第三,森林大都处于交通不便、水电不通的山区,带有交流电源的测定仪器的使用受到很大的限制。因此,适合于山区的测定方法和测定仪器显得格外重要。

1 研究点和测定方法

1.1 研究点的基本情况

本研究设在北京门头沟区小龙门林场。在林场南沟的辽东栎林内,设置面积为 1200m² 的样地一块,样地位于山谷阴坡,坡度 33°,海拔 1250m。土壤为山地棕壤。据中国科学院北京森林生态系统定位站在位于 1150m 的下方观测,1 月份均温 -10.9℃,7 月份 18.1℃,年均温 4.5℃。群落中除建群种外,乔木层中有五角枫(*Acer mono.*)、榆树(*Ulmus pumila*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)、白蜡(*Fraxinus species*)、鼠李(*Rhamnus davurica*)等,灌木层中有辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、榆树、五角枫、白蜡、白桦(*Betula platyphylla*)、六道木(*Abelia biflora*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)等,草本层中有野古草(*Arundinella hirta*)、贝加尔唐松草(*Thalictrum baicalense*)、北柴胡(*Bupleurum chinense*)等。

1.2 每木调查

对样地内胸径≥4.0cm 的个体进行每木检尺。为追踪林木的生长过程,对检尺的个体进行挂牌登记。每木调查结果如表 1 所示。从表 1 可见,就株数的绝对值而言,辽东栎约占全林木的一半,其他阔叶树占有相当大的比例。

表 1 辽东栎的生长量

Table 1 Growth of *Quercus liaotungensis* stand

	株数 Number (株/样地面积) (No./plot)	平均胸径 DBH (cm)	平均高 Mean height (m)	林分密度 Density (No./hm ²)
林分平均 Average	147	9.4	6.1	1461
辽东栎 (<i>Q. lia.</i>)	68	12.9	7.1	677

1.3 样木选择与样木各器官的分离和分级

在调查样地附近,选择较有代表性的辽东栎 7 株用于呼吸测定。对伐倒后的样木在测完基径、胸径、树高、枝下高、年龄等生长因子后,将根、茎、叶、枝等器官进行分离,并称其总重量。然后,对非同化器官(根、茎、枝),按粗细不同进行分级,用于直径分布关系的建立和为呼

吸测定提供材料。分级标准如下:

茎:每间隔 1m 锯成区分段,分别量其中央直径和鲜重,不足 1m 的部分测其实际长度、中央直径和鲜重。

枝:对所有的枝条按下述直径标准进行径级划分(分级):0—0.5,0.5—1.0,1—1.5,1.5—2.0,2—2.5,2.5—3.0,3—4.0,4—5.0,5—6.0,6—7cm。分级完成后,量取各径级的总长度和鲜重,用以建立直径分布关系。

根:同枝的分级方法相同。径级划分标准是:0—0.3,0.3—0.6,0.6—1.0,1—1.5,1.5—2.0,2.0—2.5,2.5—3.0,3—4.0,4—5cm。量取各径级的总长度和鲜重。

叶;不分级,但需称其总鲜重。

1.4 呼吸速率的测定

在上述分级的基础上,分别对不同器官进行测定。具体方法如下:

茎:在每个区分段锯取 20cm 长的材料,测定其中央直径和鲜重后,材料的两端涂上凡士林,以免两端释放 CO_2 。然后,连同温度计一起迅速将材料放入塑料桶中,用胶条或凡士林密封。之后, CO_2 分析仪的吸气管插入塑料桶内,测定桶内的 CO_2 浓度。两次测定的浓度差即为观测时间内试样所释放的 CO_2 量。图 1 为测定示意图。

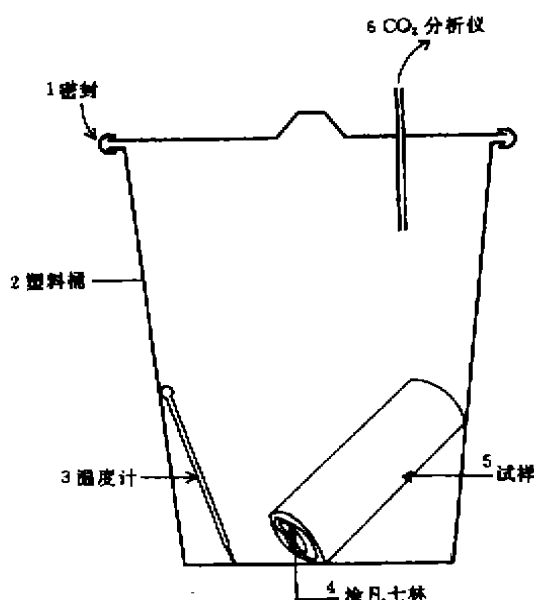


图 1 便携式 CO_2 分析仪测定示意图

Fig. 1 Measurement chamber using portable CO_2 analyzer

1. Seal 2. Tub 3. Thermometer

4. Fanshilin 5. Sample

本研究所用的红外 CO_2 分析仪为日本富士电机株式会社(ZEP5)所产。该仪器 CO_2 浓度(体积比)的测定范围 $0-2000/5000 \times 10^{-6}$, 指示精度为 $\pm 5\%$ ($0-2000 \times 10^{-6}$) 和 $\pm 10\%$ ($2000-5000 \times 10^{-6}$)。气体流量为 $1\text{L}/\text{min}$, 每 20s 可测 2 次到数次。

枝和根:从每一径级的枝条和根系中,选取适量试样进行测定。测定方法同茎。注意,对于大于 1cm 粗的枝条和根,对其两端要涂上凡士林。

叶:在样木伐倒后(即器官分离前),选取不同部位的叶若干,分别测定其呼吸速率,求平均值,即为叶的平均呼吸速率。或不同部位的叶均匀混合后一次测定。

1.5 呼吸速率的计算

用上述方法两次测定的浓度差值,即为该径级的器官呼吸所释放的 CO_2 。

用下列方程计算呼吸速率(r , mg/kg 鲜重 $\cdot \text{h}$)

$$r = \frac{3.6}{t} \cdot \frac{1}{W} (C_2 - C_1') (V_c - V_s) \frac{44}{22.4} \left/ \left(\frac{273 + T}{273} \right) \right. \quad (1)$$

式中: t = 两次测定的间隔时间(s);

W = 试样鲜重(g);

C_2 = 第二次测定的 CO_2 浓度(容积浓度, $\times 10^{-6}$);

C_1' = 第一次测定后的容器内 CO_2 浓度(容积浓度, $\times 10^{-6}$);

V_c, V_s 分别为容器和试样的体积(ml);

T = 测定时容器内温度(摄氏度);

C_1' 是未知量,它的计算公式为

$$C_1' = \frac{C_1(V_c - V_s - V_m) + V_m \cdot C_s}{V_c - V_s} \quad (2)$$

其中, C_1 = 第一次测定的 CO_2 浓度(容积浓度, $\times 10^{-6}$);

V_m = 第一次测定时抽出的气体体积(ml);

C_1 = 第一次测定时抽出的气体 CO_2 浓度(容积浓度, $\times 10^{-6}$);

在(2)式中, C_1 可以认为与 C_1' 大致相同, 所以

$$C_1' \approx C_1 = \text{第一次测定的 } CO_2 \text{ 浓度} \quad (3)$$

所以, 呼吸速率(r , mg/kg 鲜重)的计算式可写成

$$r = \frac{7.07}{t} \frac{1}{W} (C_2 - C_1) (V_c - V_m) / \left(\frac{273 + T}{273} \right) \quad (4)$$

利用(4)式计算的误差(由 C_1 代替 C_1' 引起的误差)可以通过计算得知。即测定仪器的抽气流量为 1L/min, 测定一次的抽气时间为 10—20s, 即一次抽气 167—333ml。这个体积是容器体积(塑料桶的体积)18L 的 0.93%—1.85%。也就是说, 一次测定造成的误差为 0.93%—1.85%, 这个误差对野外工作来说属容许的误差范围。

此外, 为了比较不同温度条件下的呼吸速率或将测定的呼吸速率换算成某一温度下的呼吸速率, 采用温度-化学反应速度定律($Q_{10} = 2$)进行换算。

2 结果与讨论

2.1 直径分布

为了推算非同化器官的总呼吸速率, 首先需知道各器官的直径频度分布。图 2 例示了根、枝和茎的直径分布。从图可知, 在双对数坐标系中, 根和枝的直径与其对应的频度(即该径级的总长度)之间呈极好的线性相关, 即越粗的径级其长度越短(图 2A, 2B)。可以用(5)式刻划。

$$f(x) = kx^{-a} \quad (5)$$

式中, $f(x)$ 为长度(cm), x 为径级(cm), k 和 a 均为正实数, 一般在 1—2 之间。

另一方面, 如图 2C 所示, 茎(干)的直径与其对应的总长度之间未显示明显的变化, 而呈均匀分布状态, 即各径级的长度基本保持不变。

根、茎、枝的上述直径分布状态可以从 Shinozaki 等人^[7,4]提出的管道模型理论(Pipe

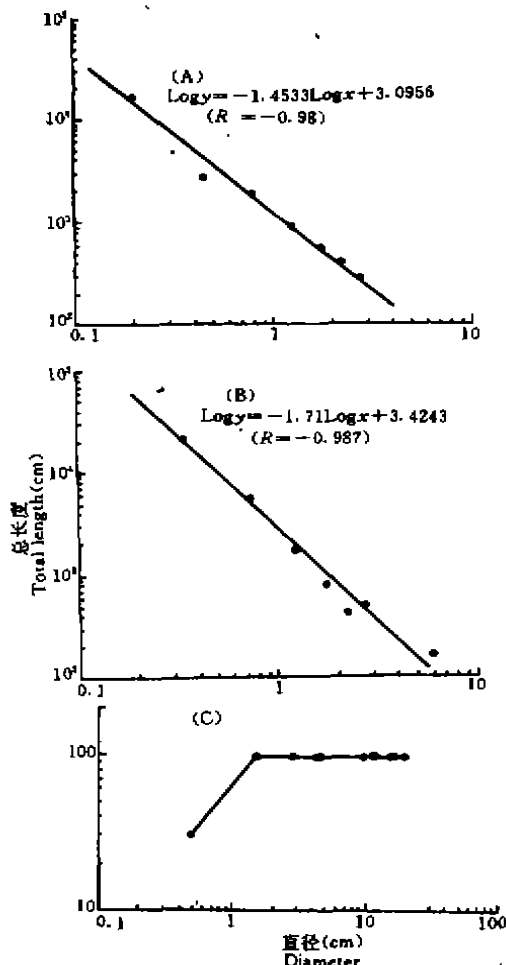


图 2 不同器官的直径频度分布
(A)根, (B)枝, (C)茎

Fig. 2 Frequency distribution of diameter for different organs (A) Root, (B) Branch, (C) Stem

model theory)得到解释^[9,10]。管道模型理论认为^[7], 在陆地植物中, 为支撑一定量的同化器官(叶), 必须有相应粗度的非同化器官的管道(pipe)。植物群落的生产结构以及树形都可以从这个理论得以说明^[8,11]。

表 2 辽东栎各器官的有关参数
Table 2 Parameters of every organs of *Quercus liaotungensis*

树号 (No.)	DBH (cm)	树高 Height (m)	器官 Organ	鲜重(W_1) Fresh (cm)	最大(X_1) Maximum	最小(X_2) Minimum (cm)	K	a	KK'
1	23.8	11.0	枝 Branch	101.5	0.2	10.5	4.606	1.33	3.345
			根 Root	121.6	0	23.3	1.477	1.28	0.899
			茎 Stem	207.4	0.2	27.1		0	0.031
			叶 Leaf	20.6					
2	14.6	9.8	枝 Branch	46.0	0.2	7.0	4.003	1.38	3.196
			根 Root	41.4	0	14.6	1.638	1.50	1.113
			茎 Stem	79.6	0.2	16.6		0	0.052
			叶 Leaf	3.1					
3	9.9	7.0	枝 Branch	4.4	0.2	3.9	0.615	1.86	1.100
			根 Root	19.2	0	9.9	0.124	1.42	0.811
			茎 Stem	29.4	0.2	11.3		0	0.016
			叶 Leaf	1.64					
4	19.8	11.1	枝 Branch	41.5	0.2	7.0	3.329	1.35	2.769
			根 Root	98.2	0	19.8	1.246	1.45	1.488
			茎 Stem	146.4	0.2	22.6		0	0.038
			叶 Leaf	10.1					
5	12.4	8.9	枝 Branch	23.2	0.2	6.0	2.209	1.74	3.106
			根 Root	23.6	0	12.4	0.560	1.19	0.488
			茎 Stem	52.4	0.2	14.1		0	0.056
			叶 Leaf	3.1					
6	8.0	7.2	枝 Branch	3.2	0.2	3.2	0.615	1.99	1.053
			根 Root	22.0	0	8.0	0.851	2.28	3.547
			茎 Stem	15.8	0.2	9.1		0	0.063
			叶 Leaf	0.9					
7	16.4	10.25	枝 Branch	60.5	0.2	9.0	2.656	1.71	4.619
			根 Root	44.6	0	10.25	1.291	1.29	1.426
			茎 Stem	98.9	0.2	18.7		0	0.045
			叶 Leaf	7.7					

表 2 列出各样木的(5)式参数。该表显示,除 6 号样木的根以外,其他各样木的根、枝直径分布函数(即(5)式)的指数 a 均在 1—2 之间; k 值的变化较大。6 号样木根系直径分布函数的指数显示较大的值($a=2.28$)是由于根在各器官中所占的比例失常所致,它的重量约占整个植株总重的 53%。这说明此样木不代表一般情况。因此,该样木不用于群落呼吸量的计算。

2.2 呼吸速率的时间变化及其与直径的关系

图 3 例示在同化器官(叶,图 3A)和非同化器官(茎,图 3B)的情况下,测定容器内的 CO_2 浓度与放置时间的关系。如图所示,无论是叶还是茎,其 CO_2 浓度都是与测定时间呈极好的线性相关。这说明,(1)一般情况下,测定时间的长短不影响测定结果。(2)林木伐倒后,短时间内离体器官的呼吸速率变化不明显。因此,表明测定结果是可信的。

为了查明呼吸速率与直径之间的关系,我们分别绘制了在 20℃ 的温度下根、茎和枝的呼吸速率与其直径的关系(见图 4)。这些图表明,随着直径的增加,呼吸速率逐渐变小。变化的趋势分别用幂指数函数或倒数式拟合。

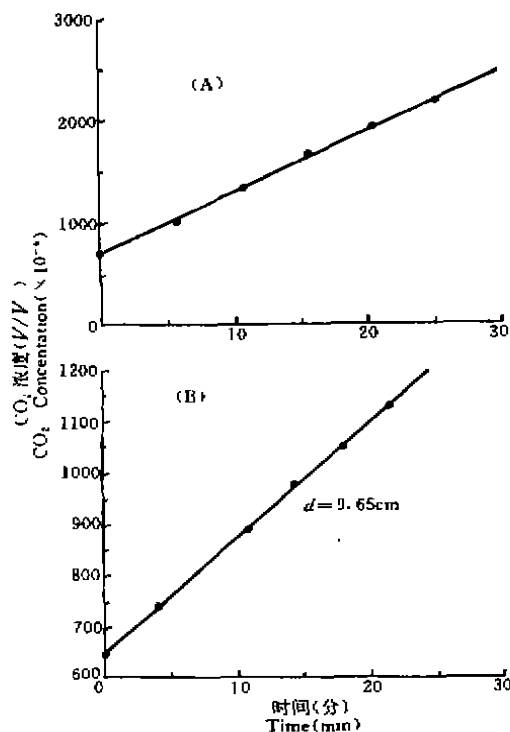


图3 测定容器内辽东栎叶(A)和干(B)的 CO_2 释放量随时间的变化

Fig. 3 Temporal changes in CO_2 concentration within the chamber with leaf (A) and stem (B) of *Quercus laotungensis*

$$\left. \begin{array}{l} \text{根和枝: } r = AX^B \\ \text{茎: } 1/r = AX + B \end{array} \right\} \quad (6)$$

在4℃的温度下,这些关系式的系数A,B分别为(利用0.5℃/100m的气温直减率推算,该地的年均温为4℃),根: $A = 22.30, B = -0.2917$;枝: $A = 28.94, B = -0.5982$;茎: $A = 0.0171, B = 0.0169$ 。这些关系将在下面的单株林木呼吸量的推算时用到。

2.3 单株林木呼吸量的推算

上面讨论的直径分布函数(5式)以及呼吸速率和直径的关系等关系式的建立为推算单株林木呼吸量提供了基础。下面加以整理并给出单株林木呼吸量的计算公式。

根据(5)式,我们可以得到某一径级(X)的器官重量 $w(x)$

$$w(x) = k'x^2f(x) = kk'x^{2-a} \quad (7)$$

在(7)式中, k' 值是与容重有关的参数, kk' 的值可由下式计算。因为某一器官属于直径范围 $(x-x+dx)$ 的重量 $dw(x)$ 是

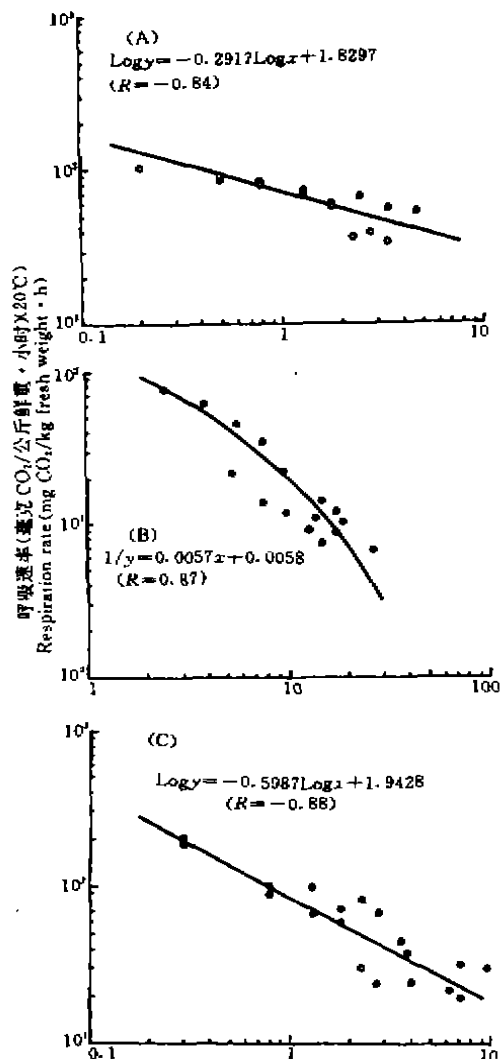


图4 不同器官的呼吸速率与其直径的关系
(A)根,(B)干,(C)枝

Fig. 4 Relationship between respiration rate and its diameter for different organs of *Quercus laotungensis*
(A)Root, (B)Stem, (C)Branch

$$dw(x) = kk'x^{2-a}dx \quad (8)$$

则该器官的总重量(W)则是

$$w = \int_{x_1}^{x_2} dw(x) = \frac{kk'}{3-a}(x_2^{3-a} - x_1^{3-a}) \quad (9)$$

$$\therefore kk' = \frac{w(3-a)}{x_2^{3-a} - x_1^{3-a}} \quad (10)$$

式中, w 为该器官的总重量,它可以直接称量得到。 x_1 和 x_2 分别为该器官的最小直径和最大直径。表 2 给出了各样木的 kk' 值。又由于,某器官的单株呼吸量(R)为

$$R = \int_{x_1}^{x_2} r(x)dw(x) \quad (11)$$

根据(6)式,根和枝的单株呼吸量 R 为

$$R = \frac{w(3-a)}{x_2^{3-a} - x_1^{3-a}} \int_{x_1}^{x_2} Ax^{2-a+B}dx = kk' \frac{A}{3-a+B} x^{3-a-B} \Big|_{x_1}^{x_2} \quad (12)$$

在(5)式中,茎近似圆锥体,故 $a=0$,所以,茎呼吸量可由(13)式计算得到。

$$\begin{aligned} R &= \frac{3w}{x_2^3 - x_1^3} \int_{x_1}^{x_2} \frac{x^2}{Ax+B} dx \\ &= \frac{3w}{x_2^3 - x_1^3} \frac{1}{A^3} \left[\frac{1}{2} (Ax+B)^2 - 2B(Ax+B) + B^2 \ln(Ax+B) \right] \Big|_{x_1}^{x_2} \quad (13) \end{aligned}$$

单株叶呼吸量的计算采用(14)式,即

$$R = \bar{r}w_l \quad (14)$$

式中, $\bar{r}$ 为叶的平均呼吸速率, w_l 为单株叶的总重量。

根据(12),(13)和(14)式,可算出各样木根,茎,枝,叶的呼吸量,列于表 3。

表 3 各样木的呼吸量($\text{mgCO}_2/\text{h. tree at } 4^\circ\text{C}$)

Table 3 Respiration rate of organs of sample trees

编号 No	枝 Branch	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	合计 Total
1	1106.7	1295.8	627.8	2122.4	5152.7
2	643.6	524.3	379.1	318.8	1865.8
3	98.3	269.2	197.1	168.6	733.2
4	575.9	1129.8	525.4	1042.7	3273.8
5	397.8	300.9	289.0	318.8	1306.5
6	81.3	449.9	127.6	87.4	746.2
7	820.0	608.5	422.6	787.7	2638.8

2.4 群落呼吸量的推算

根据表 2 和表 3 制作图 5。该图显示了样木各器官的总呼吸量与 D^2H 之间呈良好的相关关系,即

$$R = K_0(D^2H)^{\beta} \quad (15)$$

表 4 辽东栎林的呼吸量($DBH \geq 4.0$)Table 4 Respiration amount from plant organs of *Quercus liaotungensis*

	每小时呼吸量(由 16 式)Respiration amount ($\text{CO}_2\text{mg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$)	全年呼吸量($\text{CO}_2\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)	
		Annual respiration amount	
		at 4°C	at 12.5°C
根 Root	468.2	2776.7	
茎 Stem	285.9	1695.5	
枝 Branch	431.9	2561.4	
叶 Leaf	596.4*		3187.4
合计 Total	1782.5	10221.0	

* 根据 $Q_{10}=2$ 法则, 12.5°C 时的呼吸量为 CO_2 1074.9 $\text{mg}/\text{h} \cdot \text{tree}$.

Respiration amount is 1074.9 $\text{mgCO}_2/\text{h} \cdot \text{tree}$, at 12.5°C based on the law of $Q_{10}=2$.

式中 D 、 H 分别为林木的胸径和树高, K_0 和 β 分别为系数。根据(15)式, 很容易地从每木调查的结果, 算出各林木各器官的呼吸量, 从而达到我们的目的。这里给出各器官(15)式的方程, 用于群落呼吸量的推算。

$$\left. \begin{aligned} \text{根: } R &= 1.2635(D^2H)^{0.7918} \quad (r = 0.96) \\ \text{茎: } R &= 3.9406(D^2H)^{0.5876} \quad (r = 0.98) \\ \text{枝: } R &= 0.1772(D^2H)^{1.1202} \quad (r = 0.93) \\ \text{叶: } R &= 0.0805(D^2H)^{1.1521} \quad (r = 0.98) \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

由(16)式和每木调查结果计算得到样地的平均呼吸量, 列于表 4。此结果是年均温 4°C 条件下的情形。为了推算全年单位面积(每 hm^2)辽东栎的呼吸量, 对于非同化器官, 单位时间呼吸量直接乘以全年的小时数即可得到。而对于同化器官(叶), 则只能计算生长季节的量。在调查地, 可认为 5 月展叶, 10 月落叶, 即着叶时间为夏半年的 6 个月, 其平均温度的估计值为 12.5°C (海拔 1250m)。因此, 叶全年的呼吸量由夏半年的小时数和换算成 12.5°C 条件下叶的平均呼吸量而算得。各器官的全年呼吸量的计算结果也列于表 4 中。从此表可知, 这片辽东栎林的植物体($DBH \geq 4.0$)每年的呼吸量 CO_2 约为 10.2 t/hm^2 , 相当于干物质 6.2 $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 或碳量 2.78 $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 。吉良^[12]总结了世界各地的森林的总生产量和净生产量, 认为大多数的温带落叶阔叶林的总生产量和净生产量分别为 20—30 $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 和 10—15 $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, 换言之,

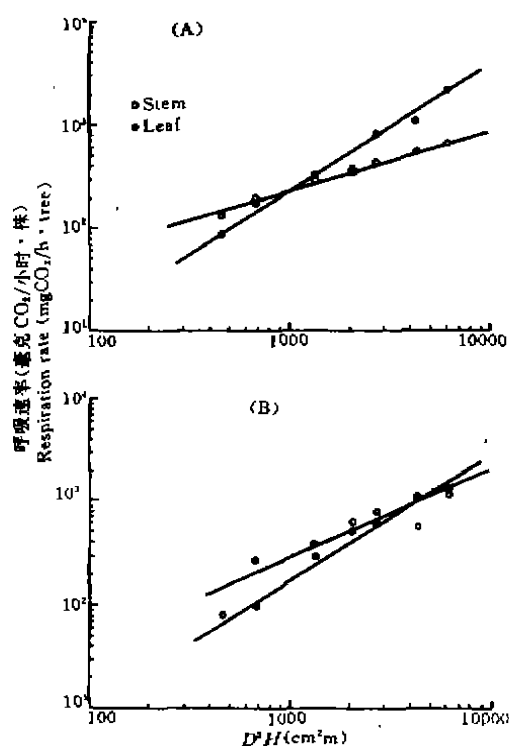


图 5 不同器官的呼吸速率与样木大小(D^2H ; D = 胸径, H = 树高)的关系

(A) 叶和茎, (B) 枝和根

Fig. 5 Relationship between total respiration rate of different organs and the size of sample tree of *Quercus liaotungensis* (A) Root, (B) Stem, (C) Branch

森林呼吸消耗的干物质量在 $10-15\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 之间。本研究仅测定了胸径大于 4.0cm 的辽东栎的呼吸量。如果考虑其他种类的呼吸,估计其总量为辽东栎的 $2-2.5$ 倍,即在 $12.4-15\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 之间。也就是说,辽东栎林的呼吸消耗量与世界大多数温带落叶阔叶林的呼吸量大致相同。

3 结 语

判断森林呼吸排放 CO_2 研究方法的优劣,主要取决于两个方面,一是 CO_2 测定仪器的准确性和适用性,二是研究方法的科学性和严谨性。本文利用便携式红外 CO_2 分析仪,测定了辽东栎各器官不同部位的呼吸速率,并通过建立各器官大小与呼吸速率之间的关系,推算单株总体的呼吸速率以及整个群落的呼吸消耗量。测定仪器较为先进、可靠,测定方法较为合理,推算单株和群落呼吸量的过程和步骤严密。因而本文提供的研究方法基本满足了研究森林呼吸量所应达到的条件,尤其是利用呼吸速率与各器官之间的关系推算单株和群落呼吸量的方法,不仅对研究森林呼吸释放 CO_2 ,而且对研究植物释放其它痕量气体也有重要参考价值。

参 考 文 献

- 1 Lieth H and Whittaker R H. *Primary Productivity of the Biosphere*. Springer-Verlag, New York. 1975. 1—390
- 2 Cannel M G R. *World Forest Biomass and Primary Production Data*. Academic Press. London. 1982. 1—391
- 3 Yoda K. Estimation of Community Respiration in Biological Production in a Warm-temperate Evergreen Oak Forest of Japan. JIBP Synthesis. Univ. of Tokyo Press, Tokyo 1978. 18 (ed Kira T, et al.), 258—273
- 4 Kawaguchi H and Yoda K. Carbon-cycling changes during regeneration of a deciduous broadleaf forest after clear-cutting I. Changes in organic matter and carbon storage. *Jpn. J. Ecol.* 1986. 35: 551—563
- 5 Koizumi H et al. Effect of Carbon Dioxide Concentration on Microbial Respiration in Soil. *Ecol. Res.* 1991. 6: 227—232
- 6 依田恭二. 森林の生態学. 東京: 築地書館. 1971. 120—163
- 7 Shinozaki K et al. Aquanlitative Analysis of the Plant Form the Pipe model Theory I. Basic analysis. *J. Jpn. Ecol.* 1964. 14: 97—105
- 8 Shinozaki K, et al. Aquanlitative Analysis of the Plant Form the Pipe model Theory II. For evidence of theory and its application in forest ecology. *Jpn. J. Ecol.* 1964. 14: 133—139
- 9 Yoda K et al. Estimation of the Total Amount of Respiration in Woody Organs of Trees and Forest Communities. *J. Biol. Osaka City Univ.* 1965. 16: 15—26
- 10 小川房人. 個体群の構造と機能. 東京: 朝倉書店. 1980. 193—199
- 11 Macdonald N. *Trees and Networks in Biological Models*. John Wiley & Sons. Chichester. 1983. 160—167
- 12 吉良竜夫. 陸上生態系——概論. 東京: 共立出版. 1976. 74—129

MEASUREMENT OF RESPIRATION AMOUNT OF TREES IN *QUERCUS LIAOTUNGENSIS* COMMUNITY

Fang Jingyun Wang Xiaoke Liu Guohua Kang Demeng

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Respiration amount of *Quercus liaotungensis*, a dominant species in *Q. liaotungensis* community located in Beijing, was studied in the present paper. The method and technique of measuring the respiration rate of organs of trees by using a CO_2 gas analyzer were noted in some details, and two basic formulae for woody organs, diameter frequency distribution function and the relation of the respiration rate to its diameter, were given. Based on these two formulae, the authors built an equation for the calculation of total respiration amount of an organ of tree, and proposed the method for estimating respiration of a community from *DBH* and height of trees. The result showed that the respiration amount of *Q. liaotungensis* with $\text{DBH} > 4.0$ was $10.2 \text{ tCO}_2/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, and of the amount, root, stem, branch and leaf 2.8, 1.7, 2.6 and $3.2 \text{ tCO}_2/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$, respectively. The method and technique discussed in this paper have an important significance not only for studying respiration of forest community but also for estimating other gases emitted from forests.

Key words: Beijing, diameter frequency distribution, *Quercus liaotungensis*, respiration rate.