

# 茶树蒸腾特性的研究\*

陶汉之 周良骅 方一平 程茱萸 周建军

(安徽农业大学生物工程系, 合肥 230036)

**【摘要】** 茶树蒸腾速率和气孔导度因品种、叶位不同而异。抗旱性强的品种具有低的气孔导度; 鱼叶的蒸腾速率和气孔导度接近或高于真叶。茶树叶片蒸腾速率夏、秋季最高, 春季次之, 冬季最低。在晴天, 茶树蒸腾速率和气孔导度的日变化呈单峰型, 以中午前后最高; 其日变化与光量子通量密度、叶温、蒸汽压亏缺等因子显著相关; 光量子通量密度对蒸腾速率和气孔导度影响较明显。

**关键词** 茶树 蒸腾速率 气孔导度 生态因子

**Transpiration characteristics of tea tree.** Tao Hanzhi, Zhou Liangliu, Fang Yiping, Cheng Zhuyu and Zhou Jianjun (Anhui Agricultural University, Hefei 230036). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 1995, 6(4): 349—354.

The transpiration rate and stomatal conductance of tea tree are varied with its cultivars and leaf position. Cultivars with stronger drought resistance have a lower stomatal conductance, and fish leaf has a similar or higher transpiration rate and stomatal conductance than true leaf. The transpiration rate of tea leaf is highest in summer and autumn, second in spring, and lowest in winter. On clear days, the diurnal fluctuation of transpiration rate and stomatal conductance of tea leaves shows a single peak, being highest before and after noon, and related significantly to photon flux density, leaf temperature and vapor pressure deficiency. Photon flux density has a significant effect on transpiration rate and stomatal conductance.

**Key words** Tea tree, Transpiration rate, Stomatal conductance, Ecological factor.

## 1 引言

茶叶产量和品质形成受生态因子的影响, 其间水分除维持茶树生理生化反应所需外, 它在光合作用中还有着不可避免的定额消耗。水分不足经常是茶树光合、生长和生产力的限制因素。因此, 茶树的水分胁迫很早就受到生理生态学者的关注。有关茶树对干旱的生理反应(如新梢水势、某些代谢活动、酶活性等)的研究已有报道<sup>[2]</sup>, 本文对茶树的蒸腾速率、水分动态、失水规律及其与生态因子关系进行了研究, 现将结果报道如下。

## 2 材料与方法

### 2.1 供试材料

本项试验在安徽农业大学教学试验茶场进行。试材茶树(*Camellia sinensis*)品种有九华山大叶种、歙县滴水香、湖南椿叶齐(种子经 $\gamma$ -射线处理)、宁国猪耳种、泾县大叶种(以上皆为无性系种子后代, 11年生)、抗旱1号、金寨祁山群体种(11年生)和福鼎大白茶(11和13年生)。

### 2.2 测定方法

用美制 LI-1600 稳态气孔计测定叶片蒸腾速率( $Tr$ )、气孔导度( $G_s$ )、光量子通量密度( $PFD$ )、气温( $T_a$ )、叶温( $T_l$ )和大气相对湿度( $RH$ )。叶片-

\* 安徽省教委基金资助项目。

1994年12月14日收到, 1995年5月8日改回。

大气间水蒸汽压亏缺(VPD)按叶温饱和蒸汽压计算.测定项目:1)比较品种间叶片蒸腾速率,重复5次,每次测定选不同植株上同龄成熟叶10片,作Duncan's 测验;2)越冬茶梢和当年生新梢叶位间叶片蒸腾速率,重复7次,每次测定选不同植株的茶梢10个,作Duncan's 测验;3)在不同季节测定福鼎大白茶(13年生)一日中的蒸腾速率,每天测9次,每次均测定事先在不同植株上挂牌的同龄成熟叶15片.数据经计算机作多元回归分析.以上测定,叶片均与阳光垂直,茶园土壤水分适中.

3 结 果

3.1 茶树品种间蒸腾速率的差异

在5个茶树品种中,按5级评定法<sup>[5]</sup>

鉴定茶树抗旱性,宁国猪耳种和泾县大叶种抗旱性较强(2级);歙县滴水香次之(2级<sup>-</sup>);湖南楮叶齐抗旱性2-3级,但该品种的种子是经 $\gamma$ -射线处理的,其种子后代的抗旱性也可能发生变化;九华山大叶种抗旱性最差(3级).在光量子通量密度、叶温等条件基本一致的情况下,测定茶树叶片蒸腾速率的结果(表1)表明,品种间的平均蒸腾速率和气孔导度有显著差异,其顺序依次为九华山大叶种>歙县滴水香、湖南楮叶齐>泾县大叶种和宁国猪耳种.表现出抗旱性强的茶树品种具有较低的气孔导度.

表1 茶树品种间蒸腾速率的差异

Table 1 Difference in the transpiration rate and stomatal conductance among five tea cultivars

品 种 Cultivars	蒸腾速率 Tr( $\bar{x}$ ) (mmolH <sub>2</sub> O · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )	气孔导度 Gs( $\bar{x}$ ) (mmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )	光量子通量密度 PFD( $\bar{x}$ ) ( $\mu$ mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )	叶 温 Tl( $\bar{x}$ ) (℃)
九华山大叶种 Jiuhuashan daye	5.300±0.36a	168.8±7.1a	1289.2±69.9a	37.1±0.5a
歙县滴水香 Shexian dishuixiang	4.091±0.31b	128.8±5.7b	1333.9±70.5a	37.0±0.4a
湖南楮叶齐 Hunan zhuyeqi	4.345±0.61b	142.0±7.9b	1248.1±62.9a	36.5±0.4a
宁国猪耳种 Ningguo zhuer	2.859±0.19c	97.1±7.7c	1296.2±66.7a	37.0±0.5a
泾县大叶种 Jingxian daye	3.195±0.24c	99.3±7.1c	1321.9±76.2a	37.0±0.4a

注:1994年6月24-26日测定,相同字母表示按Duncan's 多重比较法统计在0.05水平无显著差异.  
Note: Results obtained in June 24-26, 1994. The same letter indicates no significant difference according to Duncan's multiple range test (P=0.05).

3.2 茶梢叶位间叶片蒸腾速率的差异

福鼎大白茶越冬的春、夏、秋梢叶位间叶片蒸腾速率于3月中旬测定(PFD分别为232.3±15.5、227.0±23.2和224.5±29.0 $\mu$ mol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>; Tl分别为20.0±0.2、20.3±0.3和20.2±0.8℃);当年生春、夏梢叶于7月中旬测定(PFD分别为1170±29和1459±7 $\mu$ mol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>; Tl分别为32.2±0.24和35.5±0.12℃.结果(表2)表明,以鱼叶至真叶第3叶蒸腾速率和气孔导度最高,真叶第4、5叶最低.抗旱1号和金寨祁山群体种当年春梢叶片蒸腾速率和气孔导度的变化趋势(表3)与表2的结果类似.应当指出的是,鱼叶具有较高的蒸腾速率和气孔导度,接近或高于

茶梢各真叶.

3.3 茶树蒸腾速率与生态因子的关系

3.3.1 茶树蒸腾速率的日变化 图1示春、夏、秋季中福鼎大白茶蒸腾速率的日变化.图1表明,蒸腾速率和气孔导度随一日中光量子通量密度、叶温、蒸汽压亏缺的变化而发生变化.天气晴朗,光量子通量密度和叶温(叶温略高于气温)在中午前后最高,而蒸汽压亏缺最高值则在光量子通量密度和叶温最高值之后的1-2h,其蒸腾速率和气孔导度以中午前后最高,日变化呈单峰型(图1a、b、d);当中午前后天空有云层时,光量子通量密度、叶温、蒸汽压亏缺都降低,蒸腾速率和气孔导度出现低谷(图1c).由此可见,茶树蒸腾速率的日变

表 2 福鼎大白茶不同叶位叶蒸腾速率比较

Table 2 Comparison of transpiration rate and stomatal conductance in mature leaves of Fuding variety

叶 位 Leaf position	春梢 Spring shoot		夏梢 Summer shoot		秋梢 Autumn shoot	
	Tr( $\bar{x}$ )	Gs( $\bar{x}$ )	Tr( $\bar{x}$ )	Gs( $\bar{x}$ )	Tr( $\bar{x}$ )	Gs( $\bar{x}$ )
鱼叶*	3.546	276.0	3.649	264.2	3.061	142.8
Fish leaf	±0.46a	±45.9a	±0.63a	±44.9a	±0.37a	±15.7a
1	2.611	191.3	2.121	138.3	2.600	126.3
1st leaf	0.39ab	±28.4ab	±0.38b	±22.3b	±0.58ab	±17.9ab
2	3.251	234.7	2.378	166.6	2.596	146.7
2nd leaf	±0.39ab	±28.0ab	±0.20ab	±30.4ab	±0.48ab	±4.7a
3	2.694	219.4	1.968	123.7	1.577	93.8
3rd leaf	±0.35ab	±44.8ab	±0.38b	±19.6b	±0.12b	±4.4b
4	2.372	181.3	2.040	130.0	1.590	98.7
4th leaf	±0.06ab	±12.5ab	±0.42b	±25.6b	±0.11b	±5.9b
5	2.131	150.2				
5th leaf	±0.26b	±9.6b				
鱼叶**	5.359	172.4	3.146	157.4		
Fish leaf	±0.37a	±12.3a	±0.28a	±20.3a		
1	5.033	165.5	3.073	151.6		
1st leaf	±0.49a	±8.6a	±0.52a	±22.0a		
2	5.733	185.9	3.086	155.0		
2nd leaf	±0.32a	±12.6a	±0.43a	±17.1a		
3	5.845	196.1	1.929	95.2		
3rd leaf	±0.54a	±20.3a	±0.37ab	±14.7b		
4	5.074	164.0	1.527	68.7		
4th leaf	±0.47a	±17.2a	±0.38b	±15.4b		
5	4.396	143.7	1.284	56.6		
5th leaf	±0.74a	±26.4a	±0.38b	±10.8b		

注:叶位的顺序从茶梢的下部依次向上。\* 越冬的春、夏、秋梢叶; \*\* 当年春、夏梢叶。Duncan's 测验同表 1。  
Note: The order of leaf position are arranged from the lower of tea shoot to upper. \* Leaves of overwintered spring, summer and autumn, \*\* Spring and summer leaves of current year. Duncan's test as table 1.

表 3 抗旱 1 号和金寨祁山群体叶位间蒸腾速率差异

Table 3 Difference of transpiration rate between leaf position on Kanghan No. 1 and Jinzhai qishan tea trees

叶 位 Leaf position	抗旱 1 号 Kanghan No. 1				金寨祁山 Jinzhai qishan	
	(1)		(2)		(3)	
	Tr( $\bar{X}$ )	Gs( $\bar{X}$ )	Tr( $\bar{X}$ )	Gs( $\bar{X}$ )	Tr( $\bar{X}$ )	Gs( $\bar{X}$ )
鱼叶	1.448	64.7	1.143	66.0	1.108	73.2
Fish leaf	±0.41a	±3.5a	±0.11a	±9.3a	±0.14a	±9.5ab
1	1.199	54.1	1.083	61.1	1.188	78.7
1st leaf	±0.24ab	±7.0ab	±0.11ab	±8.2a	±0.06a	±3.9a
2	0.891	38.0	0.848	47.5	0.568	37.9
2nd leaf	±0.36ab	±5.5bc	±0.09abc	±6.5ab	±0.18ab	±10.1bc
3	0.617	36.4	0.807	44.0	0.651	43.2
3rd leaf	±0.09ab	±4.1c	±0.08bc	±5.1ab	±0.31ab	±14.0abc
4	0.641	37.5	0.834	46.7	0.344	23.3
4th leaf	±0.11ab	±4.9c	±0.12abc	±8.0ab	±0.19b	±7.3c
5	0.516	22.1	0.597	32.0		
5th leaf	±0.10b	±4.1c	±0.09c	±5.4b		

注:春梢叶,1994 年 6 月 22—25 日测定,(1)和(2)的 PFD 和 TI 分别为  $577.2 \pm 23 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $29.6 \pm 0.11^\circ\text{C}$  和  $182.6 \pm 5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $27.9 \pm 0.0^\circ\text{C}$ ; (3)的 PFD 和 TI 分别为  $130 \pm 7.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $27.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 。

Note: Leaves of spring shoots, measurements are in June 22—25, 1994. (1) PFD and TI are  $577.2 \pm 23.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $29.6 \pm 0.11^\circ\text{C}$ , respectively; (2) PFD and TI are  $182.6 \pm 5.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $27.9 \pm 0.0^\circ\text{C}$ , respectively; (3) PFD and TI are  $130.0 \pm 7.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $27.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$ , respectively. Duncan's test as table 1.

化不存在双峰型。自然条件下,气孔导度取决于对光、温、水等生态因子的响应,气孔导度直接影响蒸

3.3.2 生态因子对蒸腾速率的影响 在

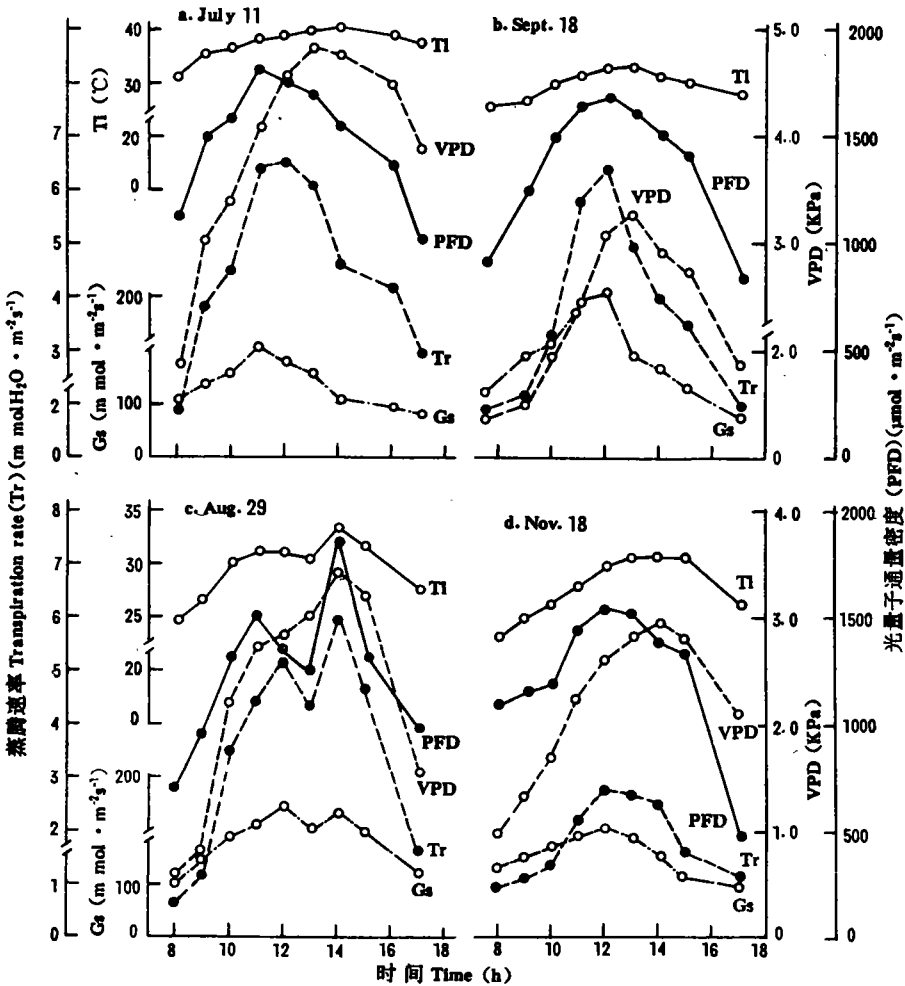


图 1 茶树在不同季节中蒸腾速率、气孔导度的日变化  
Fig. 1 Diurnal variation of transpiration rate and stomatal conductance in tea leaves during different seasons. Measured 9 times a day, each measurement has 15 leaves.  
GS: 气孔导度 Stomatal conductance, Tl: 叶温 Leaf temperature, VPD: 蒸汽压亏缺 Vapor pressure deficiency.

腾速率,两者之间呈极显著正相关。据此,利用同步测定数据分别进行回归分析,所得蒸腾速率、气孔导度与生态因子的关系表明,蒸腾速率与光量子通量密度、叶温、蒸汽压亏缺之间的相关系数均分别达到显著和极显著水平;气孔导度与光量子通量密度之间呈显著或极显著正相关,而与叶温、蒸汽压亏缺之间的相关性不显著( $P < 0.1$ )。光辐射是控制茶树气孔开放的最主要的生态因子。

为揭示茶树蒸腾速率和气孔导度与各

生态因子的综合关系,必须用多元回归方程表达。以  $Y_1$ 、 $Y_2$  分别表示蒸腾速率和气孔导度,以  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  分别表示光量子通量密度、叶温和叶内外蒸汽压亏缺,作多元回归方程的结果(表 4)表明,所得各季节中几个日期的多元回归方程的  $F$  值测验均达到显著或极显著水平,表明茶树蒸腾速率、气孔导度与各生态因子的综合变化密切相关。因此,通过测定各生态因子,可以预测茶树水分散失的状态。

再从各偏回归系数的  $F$  值来看,对照

$F$  表,  $F_{0.1}(1,5)=4.06$ ,  $F_{0.05}(1,5)=6.60$ ,  $F_{0.01}(1,5)=16.26$ . 由此可见, 只有光量子通量密度对茶树蒸腾速率、气孔导度的偏回归是显著的. 决定蒸腾速率、气孔导度的主要生态因子是光量子通量密度(其中仅有  $F_1=6.3264$  和  $F_1=5.0307$  达 10% 的显著水平). 可见, 光作为主要的生态因子,

不仅直接作用于茶树的生理过程, 而且通过光来改变其它生态因子以促进蒸腾作用.

**3.3.3 茶树蒸腾速率的季节差异** 按各季内蒸腾速率的日变化结果进行统计, 茶树叶片日平均蒸腾速率和气孔导度因季节而异(表5). 夏季蒸腾速率最高, 其次秋

表 4 茶树蒸腾速率、气孔导度与生态因子的关系  
Table 4 Relationship among  $Tr(y_1)$  and  $G_s(y_2)$ ,  $PPFD(x_1)$ ,  $TL(x_2)$  and  $VPD(x_3)$  during different seasons

日期 Date (month. date)	多元回归方程 Multiple regression equation	偏回归系数 Partial regression coefficient		
		$F_1$	$F_2$	$F_3$
3. 5	$Y_1 = -2.8762 + 0.0019x_1 + 0.0843x_2 + 0.4019x_3$ $R=0.9388 \quad F=12.38^{**}$	6.3264	0.1129	0.0678
	$Y_2 = -54.9939 + 0.1066x_1 + 1.8573x_2 + 34.9810x_3$ $R=0.9526 \quad F=16.33^{**}$	15.1567*	0.0451	0.3886
5. 28	$Y_1 = 7.0342 + 0.0029x_1 - 0.3636x_2 + 1.4281x_3$ $R=0.9755 \quad F=32.7974^{**}$	34.8212^{**}	2.4089	3.7445
	$Y_2 = 399.3100 + 0.0911x_1 - 16.0572x_2 + 36.7837x_3$ $R=0.9356 \quad F=11.7024^*$	30.3036^{**}	4.0443	2.1388
7. 11	$Y_1 = 3.7709 + 0.0041x_1 - 0.2737x_2 + 1.2935x_3$ $R=0.9643 \quad F=22.10^{**}$	20.6894^{**}	0.5220	1.5534
	$Y_2 = 177.7749 + 0.0993x_1 - 6.0547x_2 + 4.9902x_3$ $R=0.9486 \quad F=14.98^{**}$	31.2419^{**}	0.6867	0.0588
10. 11	$Y_1 = 2.6419 + 0.0020x_1 - 0.1845x_2 + 0.8264x_3$ $R=0.9150 \quad F=6.8561^*$	5.0307	0.2088	0.3113
	$Y_2 = 204.5988 + 0.0882x_1 - 9.2801x_2 + 9.2121x_3$ $R=0.9113 \quad F=6.5334^*$	11.3405*	0.6083	0.0455

\*  $p<0.05$ ; \*\*  $p<0.01$ . 每天测 9 次, 每次测定 15 片叶. Measuring 9 times a day with 15 leaves.

表 5 不同季节对茶树蒸腾速率的影响  
Table 5 Effect of different seasons on transpiration rate and stomatal conductance of Fuding variety

日期 Date (month. date)	蒸腾速率 $Tr(\bar{x})$ ( $\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	气孔导度 $G_s(\bar{x})$ ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	光量子通量密度 $PPFD(\bar{x})$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	气温 $Ta(\bar{x})$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	叶温 $Tl(\bar{x})$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	蒸汽压亏缺 $VPD(\bar{x})$ (kPa)
3. 5	1.462 $\pm 0.36c$	81.1 $\pm 14.9cd$	1075.7 $\pm 110.4b$	19.2 $\pm 1.2d$	19.5 $\pm 1.2d$	1.64 $\pm 0.18cd$
5. 28	3.081 $\pm 0.44b$	105.2 $\pm 9.4bc$	1165.3 $\pm 134.6ab$	30.8 $\pm 1.0b$	31.7 $\pm 1.2b$	2.98 $\pm 0.32b$
7. 11	4.522 $\pm 0.53a$	116.9 $\pm 8.3ab$	1497.3 $\pm 85.5a$	36.6 $\pm 0.8a$	37.6 $\pm 0.7a$	3.89 $\pm 0.31a$
8. 29	3.487 $\pm 0.60ab$	141.3 $\pm 8.0a$	1247.4 $\pm 109.7ab$	29.2 $\pm 1.0bc$	29.9 $\pm 1.0bc$	2.28 $\pm 0.34bc$
9. 18	3.697 $\pm 0.53ab$	141.9 $\pm 13.1a$	1380.4 $\pm 96.0ab$	29.0 $\pm 0.9bc$	30.0 $\pm 0.9bc$	2.19 $\pm 0.29bc$
10. 11	1.753 $\pm 0.23c$	70.2 $\pm 6.5d$	1239.4 $\pm 99.6ab$	27.2 $\pm 0.7c$	27.8 $\pm 0.9c$	2.22 $\pm 0.20bc$
11. 18	1.797 $\pm 0.23c$	78.2 $\pm 5.3cd$	1229.0 $\pm 103.9ab$	26.8 $\pm 0.9c$	27.6 $\pm 0.9c$	2.16 $\pm 0.94bcd$
12. 6	0.330 $\pm 0.04c$	29.8 $\pm 1.8e$	713.0 $\pm 116.2c$	14.4 $\pm 0.8e$	14.9 $\pm 0.9e$	1.10 $\pm 0.09d$

注: 日叶片蒸腾速率、气孔导度和生态因子是 9 次测定, 每次测定 15 片叶的平均值 ( $P<0.05$ ). Duncan's 测验同表 1. Note: The average of 9 measured values, with 15 leaves ( $P<0.05$ ). Duncan's test as table 1.

季,再次春季,冬季最低.用蒸腾速率对气孔导度作图,其直线斜率也有显著差异,夏季的斜率最大,秋季次之,春、冬季最小.茶树蒸腾速率、气孔导度的季节及其斜率的变化,同季节中每日的光、温、湿度和水分等变化有关.

## 4 讨 论

### 4.1 茶树抗旱性与气孔导度

Sandanam 等<sup>[6]</sup>对抗旱性强的 DN 和抗旱性弱的 TRI 2026 品系茶树叶片扩散阻力的研究结果认为,抗旱性强的品系具有高的扩散阻力(即低的气孔导度),可能就是 DN 品系最耐旱的表现.研究结果表明,5 个茶树品种抗旱性强弱与气孔导度高低(表 1)之间呈负相关趋势,即抗旱性强的品种,其气孔导度低.可以认为,低的气孔导度是不同栽培品种茶树抗旱性强的指标之一.

### 4.2 鱼叶的作用

不同品种茶梢叶位间叶片蒸腾速率和气孔导度存在差异,特别是鱼叶蒸腾速率和气孔导度近似或高于真叶的结果迄今未见报道.鱼叶分化不完全,但它具有较高的光合能力<sup>[1,4]</sup>,鱼叶为新梢提供的光合产物几乎与真叶接近<sup>[1]</sup>.鱼叶蒸腾速率和气孔导度高是它具有较高光合能力原因之一.

### 4.3 蒸腾日变化与生态因子

光量子通量密度是影响茶树叶片蒸腾速率和气孔导度日变化的主要生态因子.它引起气温、叶温升高,相对湿度降低

(VPD 提高),加速蒸腾.值得注意的是,在各季节的晴天中都未发现中午气孔关闭现象;相反,在晴天中午前后气孔导度最高,气孔开度最大<sup>[3]</sup>,蒸腾速率最高.在田间进行蒸腾日变化的研究,有助于全面了解茶树蒸腾动态的规律.

### 4.4 茶园耗水量与需水量

按各月茶树蒸腾速率日变化和日平均蒸腾量,并扣除合肥地区全年的降雨量 $\geq 0.1\text{mm}$ 的天数(18 年平均)估算,全年茶树总蒸腾量为 903.5mm,已接近该地区历年(18 年)平均降雨量  $969.5 \pm 50.3\text{mm}$ .若再按茶园土表年蒸发量约占茶树年蒸腾量的  $1/2 - 1/3$ <sup>[2]</sup>计算,茶园年耗水量为 1300mm 左右.该计算结果与蔡瀚好充等的研究<sup>[2]</sup>是一致的.说明合肥地区年降雨量远低于茶园年耗水量,因此必须及时供水,才能满足茶树生长需要.

致谢 承蒙我校茶业系杨维时副教授提供茶树品种试材和资料,谨此谢忱.

## 参考文献

- 1 庄雪岚. 1982. 茶树光合作用的研究进展. 国外农学——茶叶, (3): 1—10.
- 2 杨跃华、庄雪岚. 1987. 国外茶园水分研究进展. 国外农学——茶叶, (2): 1—5.
- 3 陶汉之. 1991. 茶树光合日变化的研究. 作物学报, 17(6): 444—452.
- 4 唐明德. 1987. 茶树新梢生育状况对叶片光合速率影响的研究. 作物学报, 13(4): 336—345.
- 5 湖南农学院主编. 1980. 茶树育种学. 农业出版社, 北京, 81—82.
- 6 Sandanam, S. et al. 1981. Leaf water diffusion resistance in clonal tea (*Camellia sinensis* L.); Effects of water stress, leaf age and clones. *Annals of Botany*, 47: 339—349.