

不同环境因子对西洋参蒸腾特性的影响研究

李万莲 杨书运 宛志沪 严平

(华东师范大学环境科学系 上海 200062) (安徽农业大学农学系 合肥 230036)

摘要 试验研究不同环境因子对西洋参叶片蒸腾特性的影响结果表明,环境温度与湿度变化明显影响西洋参叶片蒸腾速率和气孔导度的变化。西洋参植株生长势与叶片蒸腾速率、气孔导度的变化关系密切,健壮西洋参植株叶片蒸腾速率与气孔导度及叶片气孔开张度对逆境的适应性和自调控能力均高于纤弱植株。晴天参棚 17.5%、25.8%和 35.4% 3种透光率下西洋参叶片蒸腾速率的日变化不同,表现为午前高峰型、午间高峰型和双峰型;夏季强光高温条件下气孔导度和气温是影响西洋参叶片蒸腾速率变化的最主要因子。

关键词 西洋参 蒸腾速率 气孔导度 环境因子

The effect of environmental factors on American ginseng's transpiration under different conditions. LI Wan-Lian (Department of Environmental Science and Technology, East China Normal University, Shanghai 200062), YANG Shu-Yun, WAN Zhi-Hu, YAN Ping (Department of Agronomy, Anhui Agricultural University, Hefei 230036), *CJEA*, 2004, 12(1):120~123

Abstract Experiments of American ginseng's transpiration under different environmental conditions were carried out from 1997 to 1998 at Jinzhai County, Anhui Province. The results show that the American ginseng's transpiration rate and stomatal conductance are affected obviously by the change of environmental temperature and humidity. American ginseng's plant growth has good relationships with the daily changes of the transpiration rate and stomatal conductance. The transpiration rate and stomatal conductance of healthy plants are higher than those of weak plants, and also their stomatal self-controlling abilities are better than those of weak ones. At a sunny day, under 17.5%, 25.8%, and 35.4% of the shed's light transmission rate, the daily changing patterns of American ginseng's transpiration rate are different, the maximum value of transpiration rate respectively appears at different times, they were "before noon", "at noon" and "after noon". The main factors which influenced American ginseng's transpiration rate are stomatal conductance and air temperature.

Key words American ginseng, Transpiration rate, Stomatal conductance, Environmental factors

环境中光、温和水等物理因子共同影响植物的蒸腾作用,目前关于林木或农作物蒸腾作用与环境因子间关系的研究报道较多^[1-6],而有关西洋参 (*Panax quinquefolium* L.) 蒸腾速率与气孔导度、环境因子日变化及其相互关系的研究尚少见报道。本试验研究了不同天气和参棚透光率下环境因子对西洋参植株叶片蒸腾速率、气孔导度日变化的影响,为优化西洋参田间栽培管理提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验设盆栽试验和田间试验。盆栽试验在安徽省金寨县马宗岭西洋参场进行,分别选择生长势健壮和纤弱的2年生西洋参苗,测定晴天和多云天气西洋参植株叶片气孔导度、蒸腾速率及主要环境因子日变化状况。于早、晚各取土样测定土壤含水量,取其平均值代表测定日土壤水分状况。田间试验于1997年初在安徽省金寨县张畈乡进行,该地位于东经115°51',北纬31°18',供试土壤以砂壤土为主,土壤含水量约为田间持水量的80%,取2年生西洋参苗作试验材料,小区随机区组排列,在PVC参棚用膜上再覆盖白色尼龙纱网遮荫,以不同层次组合尼龙纱网调节参棚透光率,参棚均为单透双畦高脊棚。于1998年8月分别测定参棚17.5%、25.8%和35.4%透光率下3年生西洋参叶片蒸腾速率、气孔导度和主要环境因子日变化参数。用ZF-2型照度计测定参棚透光率,用美制Li-1600稳态气孔仪测定西洋参叶片表面光量子通量密度(PFD)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、空气相对湿度(RH)、叶温(T_l)和气温(T_a)。应用逐步回归分析法分析西洋参园环境因子与主要生理指标间相关性并建立关系模型。试验数据采用SPSS数理统计软件分析处理。

2 结果与分析

2.1 环境温度与湿度变化对西洋参蒸腾特性的影响

由表 1 可知多云天气环境湿度大,气温较晴天偏低,叶气温差相对较大但始终为负值。上午西洋参叶片水势高,蒸散失热量多,叶气温差大,至正午叶气温差差值变小而午后又呈增大趋势,且健壮西洋参株叶片叶气温差高于纤弱参株叶片。晴天时环境湿度较低,供给参株叶片蒸腾的水分不足,叶气温差小且正午叶温高于气温,但环境温度总体较高,健壮参株叶片蒸腾作用强且蒸腾失水多,叶片抗日灼能力相应增强,说明不同天气型、不同西洋参株生长势的叶气温差变化规律影响其叶片蒸腾速率和气孔开张度变化。

表 1 不同天气气温、叶温与叶气温差日变化

Tab. 1 The daily changes of air temperature, leaf temperature and their difference under different conditions

天气型	生长势	项 目	观测时间 Time						
Weather type	Growth	Items	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
多 云	健壮参株叶片	叶 温/ $^{\circ}\text{C}$	24.1	24.1	25.1	25.8	27.2	26.4	25.1
		气 温/ $^{\circ}\text{C}$	25.1	24.8	25.6	26.3	27.6	27.0	25.6
		叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-1.0	-0.7	-0.4	-0.7	-0.4	-0.6	-0.5
	纤弱参株叶片	叶 温/ $^{\circ}\text{C}$	23.4	23.6	25.5	25.7	27.3	26.4	25.0
		气 温/ $^{\circ}\text{C}$	24.2	24.2	26.0	26.2	27.8	27.0	25.7
		叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7
天气型	生长势	项 目	观测时间 Time						
Weather type	Growth	Items	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	
晴 天	健壮参株叶片	叶 温/ $^{\circ}\text{C}$	25.8	28.4	30.5	29.4	28.9	27.6	
		气 温/ $^{\circ}\text{C}$	26.0	28.2	29.2	29.7	29.3	28.3	
		叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-0.2	0.2	1.3	-0.3	-0.3	-0.7	
	纤弱参株叶片	叶 温/ $^{\circ}\text{C}$	25.4	28.7	31.6	29.7	29.2	27.7	
		气 温/ $^{\circ}\text{C}$	25.8	28.7	30.4	30.2	29.7	28.4	
		叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-0.4	0.0	1.2	-0.5	-0.5	-0.7	

由表 2 可知土壤水分和空气相对湿度对西洋参叶片气孔导度和蒸腾速率的影响较明显,当土壤含水量和空气相对湿度较高时(多云天气)叶片气孔导度值小且蒸腾速率低,反之(晴天)则叶片气孔导度值和蒸腾速率高。日均空气相对湿度和土壤含水量降低 20% 左右时健壮参株和纤弱参株叶片气孔导度值分别增大 0.5 倍和 1.1 倍,即湿度变化对健壮参株叶片气孔导度值影响较小,而对纤弱参株叶片气孔导度值影响较大;湿度变化对西洋参叶片蒸腾速率的影响较大,土壤含水量和空气湿度降低 20% 左右时健壮参株和纤弱参株叶片蒸

表 2 土壤含水量与空气相对湿度对西洋参叶片气孔导度及蒸腾速率的影响

Tab. 2 The effect on water content of the soil and the relative moisture content of the air to the stomatal conductance and transpiration rate of American ginseng

项 目	生长势	多云天气	晴 天
Items	Growth	Cloudy day	Sunny day
空气相对湿度 / %	-	65.50	40.90
土壤含水量 / %	-	40.00	21.00
气孔导度/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	健壮参株叶片	88.00	130.50
	纤弱参株叶片	51.90	108.30
蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	健壮参株叶片	1.09	3.48
	纤弱参株叶片	0.64	2.36

腾速率分别提高 2.2 倍和 2.7 倍。

2.2 不同天气对西洋参叶片蒸腾速率与气孔导度日变化的影响

由表 3 可知晴天健壮参株叶片蒸腾速率与气孔导度日变化均呈双峰型,峰值分别出现在 10:00 和 16:00。上午随光量子通量密度增加和气温升高,西洋参叶片叶气饱和水汽压差和蒸腾速率逐渐增大;午间强光高温下西洋参叶片叶气饱和水汽压差进一步增大,叶温高于气温,叶片气孔趋于关闭且蒸腾速率相应减小,有效避免了参株体内水分的散失。下午随光量子通量密度的降低,气温与叶气饱和水汽压差减小,西洋参叶片气孔开张度增大,其气孔导度值和蒸腾速率相应增大,形成第 2 个峰值,随后呈降低趋势。纤弱参株叶片蒸腾速率与气孔导度的日变化不一致,叶片蒸腾速率先缓慢增大,10:00 后随光量子通量密度的增强而减小,而叶片气孔导度值上午随光量子通量密度的增大而减小,午后光强降低,叶片气孔导度值无回升趋势,这是由于 10:00 左右叶片表面温度与气温的差值已为零,叶片气孔趋于关闭,之后叶温高于气温,持续高温使叶气饱和水汽压差一直处于较高状态,叶片气孔趋于缩小关闭,傍晚光强过低,气孔近于完全关闭,气孔导度值极低。由表 4 可知多云天气光照强度较低且空气湿度增大,叶片气孔导度值变小,气孔内外水汽压差和蒸腾速率较小,西洋参叶片气孔的自我调控作用表现较弱,健壮参株或纤弱参株叶片蒸腾速率、气孔导度日变化均为午后高峰型,峰值出现时间比光量子通量密度推后 2h 左右,比叶温、气温提前 2h 左右。

表 3 晴天参株叶片气孔导度、蒸腾速率及影响因子日变化

Tab. 3 The daily changes of American ginseng's stomatal conductance, transpiration rate and environmental factors in sunny day

生长势 Growth	项 目 Items	观测时间 Time					
		8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
健壮参株叶片	光量子通量密度/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	689.90	1296.70	1510.00	286.70	126.30	62.70
	气孔导度/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	273.00	351.00	61.90	24.60	55.50	28.20
	蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.48	7.44	2.01	0.64	1.31	0.53
	叶温/ $^{\circ}\text{C}$	25.80	28.40	30.50	29.40	28.90	27.60
	气温/ $^{\circ}\text{C}$	26.00	28.20	29.20	29.70	29.30	28.30
	叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-0.20	0.20	1.30	-0.30	-0.30	-0.70
	叶气饱和和水汽压差/hPa	13.11	21.40	28.38	24.56	24.87	22.11
	相对湿度/%	59.80	44.60	37.70	39.40	36.10	38.50
纤弱参株叶片	光量子通量密度/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	710.00	1390.00	1525.00	233.00	109.70	61.50
	气孔导度/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	222.00	132.00	30.90	37.30	24.10	23.40
	蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	2.77	2.91	0.96	0.88	0.64	0.52
	叶温/ $^{\circ}\text{C}$	25.40	28.70	31.60	29.70	29.20	27.70
	气温/ $^{\circ}\text{C}$	25.80	28.70	30.40	30.20	29.70	28.40
	叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-0.40	0.00	1.20	-0.50	-0.50	-0.70
	叶气饱和和水汽压差/hPa	12.70	15.96	31.81	26.76	26.38	22.56
	相对湿度/%	59.40	44.40	33.80	34.80	33.90	37.70

表 4 多云天气参株叶片气孔导度、蒸腾速率及影响因子日变化

Tab. 4 The daily changes of American ginseng's stomatal conductance, transpiration rate and environmental factors in cloudy day

生长势 Growth	项 目 Items	观测时间 Time						
		7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
健壮参株叶片	光量子通量密度/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	85.66	178.50	330.00	293.20	265.00	125.30	5.30
	气孔导度/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	156.00	155.00	154.00	216.00	108.60	85.40	9.37
	蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1.20	1.30	1.35	1.86	1.54	1.11	0.07
	叶温/ $^{\circ}\text{C}$	24.10	24.10	25.10	25.80	27.20	26.40	25.30
	气温/ $^{\circ}\text{C}$	25.10	24.80	25.60	26.30	27.60	27.00	25.50
	叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-1.00	-0.70	-0.40	-0.70	-0.40	-0.60	-0.20
	叶气饱和和水汽压差/hPa	7.36	8.57	8.95	10.63	15.73	13.23	9.16
	相对湿度/%	70.80	69.40	69.80	66.00	55.10	59.40	68.10
纤弱参株叶片	光量子通量密度/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	63.30	120.30	405.00	300.00	258.00	97.50	5.00
	气孔导度/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	132.50	115.00	55.60	108.00	57.60	52.00	5.39
	蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	0.93	0.74	0.52	1.54	0.87	0.65	0.06
	叶温/ $^{\circ}\text{C}$	23.40	23.60	25.50	25.70	27.30	26.40	25.00
	气温/ $^{\circ}\text{C}$	24.20	24.20	26.00	26.20	27.80	27.00	25.70
	叶气温差/ $^{\circ}\text{C}$	-0.80	-0.60	-0.50	-0.50	-0.50	-0.60	-0.70
	叶气饱和和水汽压差/hPa	7.24	6.66	8.29	11.81	15.66	13.73	8.99
	相对湿度/%	71.30	74.40	72.40	62.70	55.20	58.00	68.70

2.3 参株生长势对叶片气孔导度与蒸腾速率的影响

不同生长势西洋参叶片蒸腾速率、气孔导度及环境因子实际测量均值健壮参株叶片和纤弱参株叶片蒸腾速率分别为 $2.206\text{mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $1.377\text{mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ，气孔导度值分别为 $138.07\text{mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $85.71\text{mmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ，光量子通量密度分别为 $418.67\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $426.43\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ，叶温分别为 26.45°C 和 26.61°C ，气温分别为 26.78°C 和 26.98°C ，空气相对湿度分别为 53.24% 和 52.14%。方差分析结果表明环境因子间差异并未显著，而健壮参株与纤弱参株叶片蒸腾速率、气孔导度值间存在显著差异，表明参株生长势对其蒸腾特性影响明显。长势健壮参株逆境中可通过叶片气孔开张或关闭实现对水分蒸腾的自我调节，提高参株抗御水分胁迫的能力且叶片气孔开张自控力强，减少了有害病菌由气孔侵入参株体内机率，增强了参株抗病性。

2.4 参棚透光率对西洋参蒸腾特性的影响

由图 1 可知参棚 3 种透光率下光量子通量密度日变化均为午间高峰型，气温和叶温日峰值均出现于 14:00。参棚透光率为 17.5% 时叶气饱和和水汽压差峰值出现在 14:00 左右，参棚透光率为 25.8% 和 35.4% 时其峰值出现在 16:00 左右。叶片蒸腾速率日变化低透光率、中透光率和高透光率下分别表现为午前高峰型、午间高峰型和双峰型；叶片气孔导度日峰值一般出现于 10:00 左右，随后逐渐减小，而参棚透光率 25.8% 时下午气孔导度值略有回升。采用逐步回归分析法建立西洋参叶片蒸腾速率与相关因子间的关系模型，以 Y 表示叶片蒸腾速率， X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 和 X_6 分别表示光量子通量密度、叶温、气温、相对湿度、叶气饱和和水汽压差和气孔导度值，设 $F_1 = 2.39$ ， $F_2 = 3.15$ 为挑选和剔除因子的 F 检验临界值，得回归方程：

$$Y = -5.92292 + 0.22197X_3 + 0.00982X_6 \quad (1)$$

经检验 $F = 39.84 > F_{0.05(2,68)} = 3.15$, 复相关系数 $R = 0.9444$, 达极显著水平。由方程可知叶片气孔导度和气温对叶片蒸腾速率的影响较大, 二者与蒸腾速率偏相关系数分别为 0.873 和 0.814, 表明夏季强光、高温时西洋参叶片水分蒸腾作用除受控于影响水分蒸发的物理因素如光强、温度和湿度等因素外, 还受叶片生理因子气孔导度的影响。

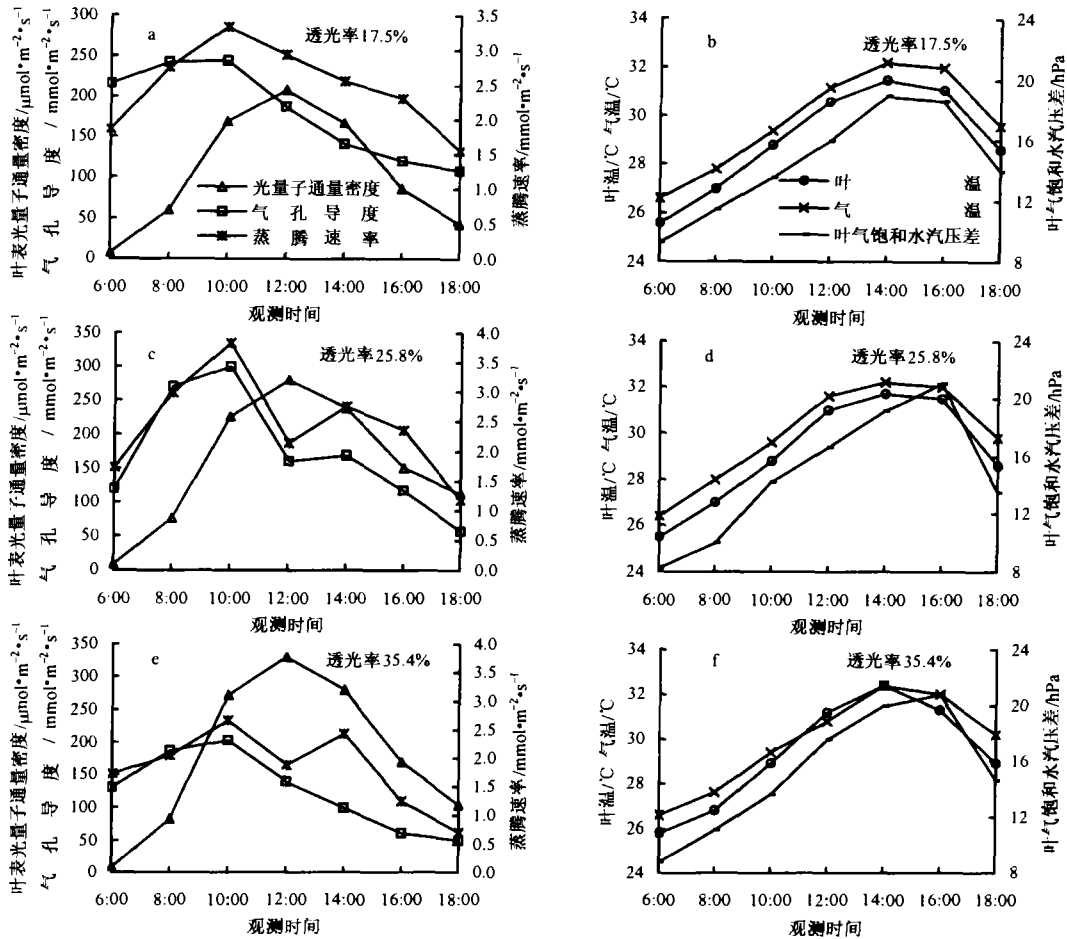


图 1 参棚透光率对西洋参蒸腾速率、气孔导度与环境因子日变化的影响(1998-08-13, 张畷乡龙冲村)

Fig. 1 The daily changes of American ginseng's stomatal conductance, transpiration rate and environmental factors under different shed's light transmission rates in Aug. 13, 1998 in Longchong Village, Zhangban Town

3 小结与讨论

环境温度和湿度变化对西洋参叶片气孔导度和蒸腾速率影响显著, 土壤含水量和空气相对湿度降低 20% 左右时健壮参株叶片气孔导度值提高 0.5 倍, 蒸腾速率提高 2.2 倍, 纤弱参株叶片气孔导度值提高 1.1 倍, 蒸腾速率提高 2.7 倍。西洋参植株生长势与蒸腾速率、气孔导度关系密切, 健壮参株叶片蒸腾速率、气孔导度值和气孔自我调控能力均强于纤弱参株, 故生长健壮参株抗逆性强, 纤弱参株抗逆性差。参棚 17.5%、25.8% 和 35.4% 透光率下西洋参叶片蒸腾速率日变化分别为午前高峰型、午间高峰型和双峰型, 气孔导度和气温是影响其叶片蒸腾速率的主要因子。

参 考 文 献

- 1 雷泽湘, 林 鹏. 秋茄蒸腾作用日变化及其与生态因子的相关分析. 湖北农学院学报, 1998, 18(3): 204~208
- 2 郭志华, 王伯荪, 张宏达. 银杏的蒸腾特性及其对遮荫的响应. 植物学报, 1998, 40(6): 567~572
- 3 阮成江, 李代琼. 黄土丘陵区沙棘的蒸腾特性及影响因子. 应用与环境生物学报, 2001, 7(4): 327~331
- 4 孙 刚, 祝廷成. 芦苇(*Phragmites communis*)光合作用与蒸腾作用日进程. 生物学杂志, 1996, 16(3): 24~26
- 5 陈德兴, 陶炳炎, 周 英. 大田小麦叶片气孔运动对环境反应的研究. 南京气象学院学报, 1989, 12(1): 99~105
- 6 郑有飞. 小麦气孔阻力对气象条件的响应. 中国农业气象, 1995, 16(3): 9~13