

## 吹风对大豆幼苗生长和叶片生理特性的影响

孙伟博<sup>1,2</sup>, 徐克章<sup>2</sup>, 张治安<sup>2</sup>, 李大勇<sup>2</sup>

(1. 吉林省和龙市人民政府办公室, 吉林 和龙 133500; 2. 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**研究了光照培养箱内大豆植株在吹风条件下的形态特性和某些生理特性的变化。结果表明:吹风改变了光照培养箱内的微环境,使空气温度下降2℃,相对湿度下降6%,CO<sub>2</sub>浓度增加5 μmol·mol<sup>-1</sup>;吹风使大豆植株株高和各部分干重下降,根冠比增加,抗倒伏能力增强,与对照植株相比差异均达极显著水平;同时吹风处理的大豆叶片长度、叶片宽度以及小叶面积均减少,使单株叶面积下降,但叶片的叶绿素含量、可溶性蛋白含量、比叶重均增加,其差异均达极显著水平,可溶性糖含量显著低于对照植株;叶片MDA含量增加,保护酶活性显著增强。吹风改变了植株的生长微环境,导致大豆植株生长受阻和生理特性发生变化,但茎粗增加,抗倒伏能力增强,表明吹风对矮化生长,培育壮苗有一定的生产实践意义。

**关键词:**大豆;吹风;生长;叶绿素含量;比叶重;保护酶活性

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)01-0050-06

## Effects of Blowing on Growth and Leaf Physiological Characteristics of Soybean Seedlings

SUN Wei-bo<sup>1,2</sup>, XU Ke-zhang<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-an<sup>2</sup>, LI Da-yong<sup>2</sup>

(1. General Office, People's Government of Helong Municipality in Jilin Province, Helong 133500, Jilin; 2. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China)

**Abstract:** The effects of blowing on the growth traits and some physiological characteristics of soybean seedlings were studied under the condition of the illumination incubator. The micro environment of illumination incubator was changed by blowing, the temperature decreased 2℃, the relative humidity decreased 6%, while CO<sub>2</sub> concentration increased 5 μmol·mol<sup>-1</sup>. Blowing significantly decreased plant height and dry weights, while significantly increased root-shoot ratio and lodging resistance; Blowing significantly decreased leaf length, leaf width, leaflet area as well as soluble sugar content, while significantly increased chlorophyll content, soluble protein content, specific leaf weight and MDA content in leaf. Results suggest blowing can change the growth environment of soybean, enhance the protective enzyme activity and lodging resistance, hence, blowing is helpful in cultivation of stunted soybean seedlings.

**Key words:** Soybean; Blowing; Growth; Chlorophyll content; Specific leaf weight; Protective enzyme activity

植物的生长发育强烈地受环境条件的影响,关于光、温、水、肥,CO<sub>2</sub>浓度对植物的影响已有许多报道<sup>[1-6]</sup>,风也是影响植物生长的重要环境因子之一<sup>[7-8]</sup>。早在1935年,Martin<sup>[9]</sup>的研究表明,在风的影响下向日葵叶片的蒸腾速率呈上升变化。Van等观察到植株通常会出现生长矮小,茎直径和弯曲度增加<sup>[7,10]</sup>。Grace等<sup>[11]</sup>对苇状羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb)研究表明,摇动导致植株生长下降,叶片变薄、变窄。Parkhurst<sup>[12]</sup>研究发现晃动树的幼苗严重影响其生长。Neel<sup>[13]</sup>观察发现每天晃

动枫香幼苗30s,其株高与对照相比下降20%~30%,并刺激其提前进入休眠。Rees等<sup>[14-15]</sup>研究发现,吹风使短叶松的顶枝和侧枝生长率与对照植株相比下降20%。Wilson<sup>[16-17]</sup>通过对欧亚槭树的研究表明,吹风引起了叶片侧表面的摩擦,使叶片变形、刮伤,未长成叶片比成熟叶片更易受影响。Whitehead<sup>[18]</sup>和Lawton<sup>[19]</sup>的研究指出由于风的胁迫,使植物的主干和根部在形态方面发生改变,并抑制了植物枝条的伸展。Smith等<sup>[20]</sup>研究认为风所引起的空气流动使向日葵的株高和水分疏导能力均增

收稿日期:2009-06-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30871547)。

第一作者简介:孙伟博(1984-),男,硕士,现主要从事作物栽培生理研究。E-mail:weibo828@163.com。

通讯作者:徐克章,教授,博士生导师。E-mail:kzx0708@yahoo.com.cn。

加。前人研究禾本科植物发现,风洞条件下吹风使植物叶片保水能力、生长速率、叶面积和整株干物质积累下降<sup>[21-28]</sup>。Prive<sup>[29]</sup>认为风能抑制树莓植株的生长,降低产量的形成。还有一些研究报道认为风运动使玉米的根冠比、叶片的厚度和宽度均增加<sup>[30]</sup>,改变了玉米叶倾角的大小<sup>[31]</sup>。以上多是在野外风洞或温室的自然环境,研究植物某一生长形态指标,其过程易受其它环境变化的影响。关于在恒定的微环境条件下研究吹风对植株生长生理特性的研究鲜有报道。该文在微环境恒定的光照培养箱内,研究吹风对大豆幼苗植株生长形态及生理特性的影响,探索生长和某些生理特性变化,期望为人工培育壮苗提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

供试大豆品种为吉林 58,亚有限结荚习性,由吉林省农科院大豆种质资源室提供。采用盆栽试验方法,盆钵规格为直径 30 cm × 高度 20 cm。供试土壤为黑壤土,肥力中等,全氮  $1.645 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷  $0.86 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮  $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷  $16.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾  $122 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有机质  $26.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , pH6.8。分吹风、对照 2 个处理。分别于 2006 年 5 月 6 日(E1)、10 月 6 日(E2)和 2007 年 5 月 6 日(E3)、10 月 6 日(E4)进行。设 3 次重复,株间距为 5 cm。每处理播 4 盆,每盆种植 10 株。当生长到一定高度时进行定苗,每盆保留 6 株生长基本一致的幼苗。每天光照 12 h,早 6:00 ~ 晚 18:00。子叶出土后进行吹风,风速为  $2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,每天吹风时间从早 6:00 ~ 晚 18:00。内置温度计、温湿表,观测其 1 d 中的光照强度、 $\text{CO}_2$  浓度、温度、湿度的变化。

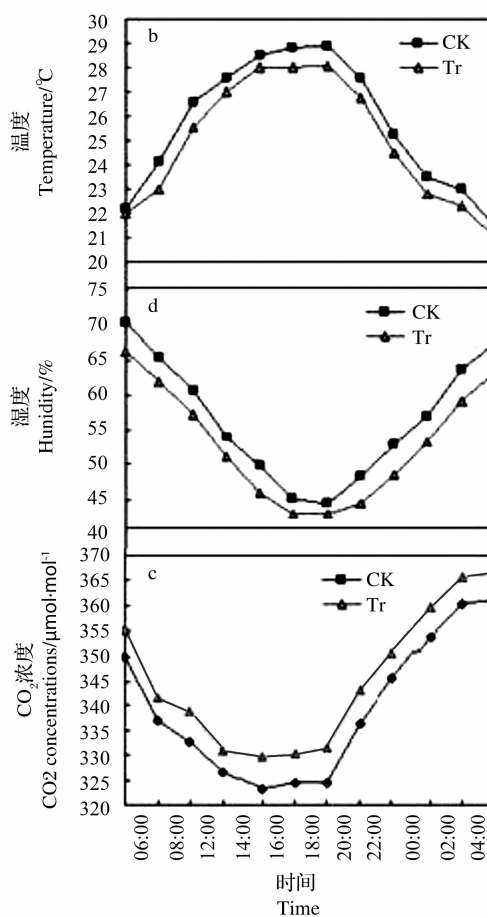
### 1.2 测定项目与方法

株高、茎粗(第 1 节位)分别用直尺、游标卡尺测量。叶面积用 CI-203 便携式激光叶面积仪(美国 CID 公司生产)测定。植株按不同器官分开,  $105^\circ\text{C}$  杀青 30 min,然后  $80^\circ\text{C}$  恒温烘干至恒重,测干物重。从出苗后 30 d 开始调查倒伏指数(根据主茎与地面的夹角度数将倒伏程度分为 5 级,1 级为  $80^\circ \sim 90^\circ$ ,2 级为  $45^\circ \sim 80^\circ$ ,3 级为  $30^\circ \sim 45^\circ$ ,4 级为  $0^\circ \sim 30^\circ$ ,5 级为  $0^\circ$ ;包括匍匐和折倒)。叶片叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量按照常规方法测定。用唐启义 DPS 数据处理系统分析数据, Sigma-Plot 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 吹风对培养箱内大豆植株微环境的影响

吹风明显影响培养箱内大豆生长的微环境,使温度、湿度和  $\text{CO}_2$  浓度发生变化。由图 1 可以看出,与对照相比,吹风使培养箱内温度下降  $2^\circ\text{C}$ ,湿度下降 6%,  $\text{CO}_2$  浓度增加  $5 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。表明吹风增加了培养箱内的  $\text{CO}_2$  浓度,降低了空气温度,减少了湿度,加速了培养箱内的空气流动。



Tr:吹风植株,CK:对照植株,下同。

Tr: Blowing wind plants, CK: control plants, the same as below.

图 1 吹风对大豆植株生长环境条件的影响

Fig. 1 Effect of blowing on the habitat environment condition of soybean plants

### 2.2 吹风对大豆植株形态特征的影响

吹风抑制了大豆的株高,使叶片长度、叶片宽度、单株叶面积和小叶面积减小。吹风植株的株高、叶长、叶宽、单株叶面积和小叶面积均极显著低于对照植株(表 1),下降幅度分别为 25%、13%、12%、20%、30%;但茎粗、比叶重与对照植株相比分别增

表 1 吹风对大豆植株茎直径、株高、叶面积的影响  
Table 1 Effect of blowing on plant diameter,height and leaf traits of soybean

试验 Experiment	茎粗		株高		倒伏指数		叶长		叶宽		单株叶面积		小叶面积		比叶重	
	Plant diameter/cm	CK	Plant height/cm	CK	Lodging index/1-5	CK	Length/cm	CK	Width/cm	CK	Leaf area plant/cm <sup>2</sup>	CK	Leaflet area /cm <sup>2</sup>	CK	SLW/mg·cm <sup>-2</sup>	CK
E1	0.276 ± 0.0087Aa	0.294 ± 0.0047Ab	46.92 ± 0.29Aa	34.41 ± 1.09Bb	4.40 ± 0.100Ab	2.87 ± 0.252Aa	5.34 ± 0.06Aa	4.56 ± 0.099Bb	3.91 ± 0.056Aa	3.39 ± 0.027Bb	65.93 ± 0.085Aa	52.72 ± 0.650Bb	14.63 ± 0.299Aa	10.82 ± 0.197Bb	333.3 ± 0.964Aa	353.67 ± 0.861Bb
	0.284 ± 0.004Aa	0.316 ± 0.0059Ab	47.16 ± 0.93Aa	35.79 ± 0.98Bb	4.37 ± 0.252Ab	2.40 ± 0.361Aa	5.56 ± 0.075Aa	4.85 ± 0.060Bb	3.67 ± 0.059Aa	3.28 ± 0.025Bb	68.92 ± 0.876Aa	55.84 ± 0.355Bb	14.18 ± 0.089Aa	11.15 ± 0.136Bb	336.3 ± 0.954Aa	355.63 ± 1.26Bb
E2	0.291 ± 0.008Aa	0.314 ± 0.0086Ab	47.96 ± 1.22Aa	34.64 ± 1.257Bb	4.23 ± 0.322Ab	2.60 ± 0.300Aa	5.66 ± 0.082Aa	4.9 ± 0.07Bb	3.77 ± 0.065Aa	3.38 ± 0.046Bb	70.82 ± 0.634Aa	56.47 ± 0.534Bb	14.88 ± 0.385Aa	11.59 ± 0.187Bb	331.8 ± 0.856Aa	349.62 ± 0.817Bb
	0.302 ± 0.0067Aa	0.322 ± 0.0053Ab	48.88 ± 0.91Aa	35.86 ± 0.85Bb	4.13 ± 0.323Ab	2.67 ± 0.208Aa	5.54 ± 0.057Aa	4.87 ± 0.035Bb	3.98 ± 0.122Aa	3.46 ± 0.068Bb	68.61 ± 0.922Aa	53.82 ± 0.437Bb	15.43 ± 0.565Aa	11.78 ± 0.190Bb	334.5 ± 1.03Aa	356.21 ± 1.39Bb
E3	0.288 ± 0.011Aa	0.312 ± 0.0122Bb	47.73 ± 0.89Aa	35.18 ± 0.76Bb	4.28 ± 0.126Bb	2.64 ± 0.194Aa	5.53 ± 0.134Aa	4.80 ± 0.158Bb	3.83 ± 0.148Aa	3.38 ± 0.071Bb	68.57 ± 2.01Aa	54.67 ± 1.75Bb	14.78 ± 0.521Aa	11.33 ± 0.430Bb	334.0 ± 1.88Aa	353.78 ± 2.98Bb
	Average	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb	0.0122Bb

同行不同大小写字母分别表示差异达显著和极显著水平。下同。

Means within a row with different capital and small letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively. The same as below.

加了8%、21%,倒伏指数与对照相比下降了38%,差异均达极显著水平。表明吹风使大豆植株抗倒伏能力增强;同时,也观察到吹风使培养箱内大豆植株生长矮小,形成了不均匀的偏向生长。

2.3 吹风对大豆植株干物质积累的影响

图2是吹风大豆植株的根、茎、叶、叶柄干重及

植株总干重与对照植株的变化,可以看出,吹风植株的根、茎、叶、叶柄干重及总干重下降幅度较明显,降幅平均值分别为26%、28%、16%、39%、28%,处理间存在极显著差异。吹风植株的根冠比高于对照。随着株高和叶面积的下降,吹风植株总干物质积累也呈下降趋势。

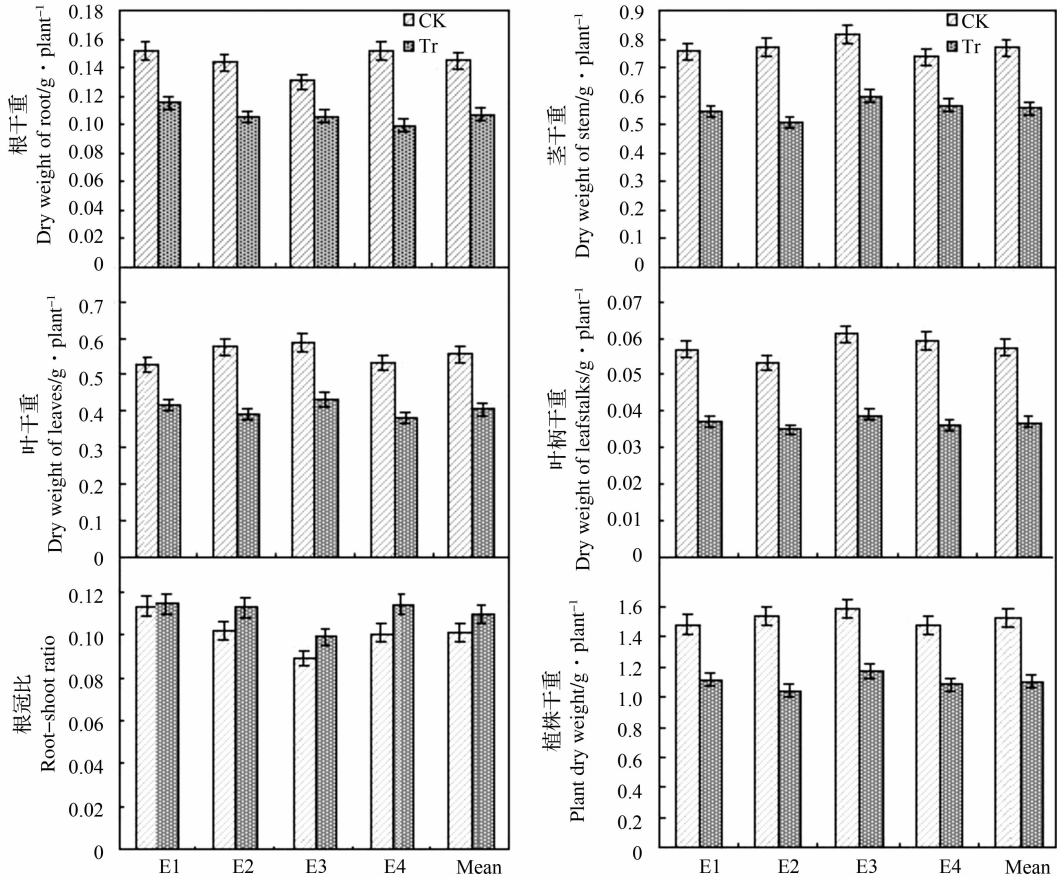


图2 吹风对大豆植株干物质积累的影响

Fig. 2 Effect of blowing on the dry matter accumulation for soybean

2.4 吹风对大豆植株叶片的叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白含量的影响

与对照相比,吹风大豆植株叶片的叶绿素含量、可溶性蛋白含量均增加,分别高于对照植株21%、

21%、6%,差异均达到极显著水平;但可溶性糖含量低于对照植株的23%,存在极显著差异(表2)。表明吹风提高了叶片叶绿素含量、可溶性蛋白含量,降低了可溶性糖含量。

表2 吹风对大豆植株叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量的影响

Table 2 Effect of on the chorophyll content, soluble sugar content and soluble protein content of soybean

试验 Experiment	叶绿素含量		可溶性糖含量		可溶性蛋白含量	
	Chorophyll content/mg · dm <sup>-2</sup>		Soluble sugar content/mg · g <sup>-1</sup>		Soluble protein content/mg · g <sup>-1</sup>	
	对照 CK	处理 Tr	对照 CK	处理 Tr	对照 CK	处理 Tr
E1	4.23 ± 0.247Aa	5.68 ± 0.061Bb	17.07 ± 0.23Aa	14.12 ± 0.19Bb	19.85 ± 0.500Aa	21.0 ± 1.53Aa
E2	5.11 ± 0.161Aa	5.98 ± 0.117Bb	17.61 ± 0.16Aa	14.77 ± 0.10Bb	18.95 ± 0.356Aa	25.2 ± 1.05Bb
E3	5.21 ± 0.136Aa	5.87 ± 0.206Ab	18.32 ± 0.12Aa	14.49 ± 0.15Bb	19.35 ± 1.02Aa	23.8 ± 0.98Ab
E4	4.39 ± 0.105Aa	5.34 ± 0.104Bb	18.01 ± 0.12Aa	14.61 ± 0.28Bb	19.84 ± 1.10Aa	24.3 ± 1.24Bb
平均 Average	4.74 ± 0.497Aa	5.72 ± 0.281Bb	17.75 ± 0.54Aa	14.45 ± 0.26Bb	19.50 ± 0.433Aa	23.6 ± 1.81Bb

## 2.5 吹风对大豆植株叶片的保护酶活性的影响

由表3可以看出,在吹风条件下,MDA含量、SOD、POD、CAT活性和相对电导率与CK植株相比分别提高了21%、10%、31%、12%、55%,差异达到极显著水平。SOD、POD和CAT3种叶片保护酶具

有清除吹风过程中产生多余的超氧阴离子及活性氧的作用,能够增强植物耐逆胁迫能力。MDA的增加表明吹风导致膜的伤害,证明吹风同时也是一种胁迫因子。

表3 吹风对大豆叶片保护酶活性的影响

Table 3 Effect of blowing on the protective enzyme of soybean seedlings

时间 Time	MDA 含量		SOD 活性		POD 活性		CAT 活性		相对电导率	
	MDA content/ $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$		SOD activity/ $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$		POD activity/ $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$		CAT activity/ $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$		Injury rate/%	
	CK	处理 Tr	CK	处理 Tr	CK	处理 Tr	CK	处理 Tr	CK	处理 Tr
E <sub>1</sub>	0.070 ±	0.096 ±	400.36 ±	445.12 ±	16.02 ±	24.66 ±	384.0 ±	442.37 ±	28.74 ±	42.86 ±
	0.011 Aa	0.007 Ab	9.36 Aa	8.04 Bb	0.860 Aa	1.14 Bb	0.746 Aa	1.27 Bb	0.727 Aa	1.04 Bb
E <sub>2</sub>	0.0987 ±	0.111 ±	361.48 ±	380.56 ±	18.86 ±	26.24 ±	355.3 ±	390.80 ±	32.01 ±	49.29 ±
	0.0136 Aa	0.012 Ab	10.00 Aa	7.02 Aa	0.435 Aa	1.02 Bb	0.921 Aa	0.949 Bb	1.16 Aa	0.94 Bb
E <sub>3</sub>	0.0903 ±	0.119 ±	350.96 ±	390.86 ±	24.55 ±	29.53 ±	360.7 ±	410.25 ±	27.69 ±	43.98 ±
	0.011 Aa	0.0118 Ab	7.44 Aa	7.15 Ab	1.09 Aa	0.914 Bb	0.670 Aa	1.12 Bb	0.861 Aa	1.62 Bb
E <sub>4</sub>	0.067 ±	0.085 ±	381.39 ±	420.63 ±	23.54 ±	28.65 ±	390.6 ±	432.45 ±	30.6 ±	48.36 ±
	0.013 Aa	0.014 Bb	6.52 Aa	5.10 Bb	0.935 Aa	1.02 Ab	0.915 Aa	0.983 Bb	0.935 Aa	1.23 Bb
平均	0.0815 ±	0.1028 ±	373.55 ±	409.30 ±	20.74 ±	27.27 ±	372.6 ±	418.97 ±	29.76 ±	46.12 ±
Average	0.016 Aa	0.015 Ab	21.885 Aa	29.31 Bb	4.00 Aa	2.23 Bb	17.27 Aa	23.09 Bb	1.92 Aa	3.18 Bb

## 3 结论与讨论

该研究结果表明,吹风改变了培养箱内植株生长的微环境,降低了空气温度和湿度,增加了空气中的CO<sub>2</sub>浓度。Rees<sup>[14-15]</sup>、Neel<sup>[13]</sup>、Parkhurst等<sup>[12-15]</sup>在自然环境条件下的研究表明吹风使植株生长下降,茎直径增加,叶片变小,干物质积累减少。该研究表明,吹风使大豆株高、叶片长度和宽度变小,从而减小了单株叶面积和小叶面积,这与前人在野外自然环境的研究基本一致。该研究还发现,吹风植株的倒伏指数下降,增强了抗倒伏能力,抗外力作用增大。Gussell等<sup>[25-26]</sup>、Henry等<sup>[32]</sup>研究表明,吹风使植株总干物质积累下降;在该研究中,吹风植株的根冠比增加,根干重、茎干重、叶干重、叶柄干重均下降,其中以叶柄干重下降最明显。关于吹风对植株生理特性和保护酶活性的影响少有报道,该研究表明,吹风植株叶片的比叶重、叶绿素含量和可溶性蛋白含量增加,保护酶活性增加,但叶片的可溶性糖含量下降,关于吹风条件下叶片生理变化的机理还不清楚,有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 徐克章,张治安. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社, 2007:36-67. (Xu K-Z, Zhang Z A. plant physiology. [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007:36-67.)
- [2] Yamasaki T, Yamakawa T, Yamane Y, et al. Temperature acclima-

- tion of photosynthesis and related changes in photosystem ii electron transport in winter wheat [J]. Plant Physiology, 2002, 128 (3):1087-1097.
- [3] Maxwell D P, Flak S. Photosystem II excitation pressure and development of resistance to photoinhibition [J]. Plant Physiology, 1995, 107:687-694.
- [4] Keith E I, Sherwood B I. Plant responses to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years research [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1994, 69: 153-203.
- [5] Marks S, Strain B. Effects of drought and CO<sub>2</sub> enrichment on competition between two old field perennials [J]. New Phytologist, 1989, 111:181-186.
- [6] Hikosaka K, Ishikawa K, Borjigida A, et al. Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate [J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57 (2):291-302.
- [7] Grace J. Plant responses to wind [M]. London: Academic Press, 1977:36-53.
- [8] Ennos A R. Wind as an ecological factor [J]. Trends in Ecology and Evolution, 1997, 12:108-111.
- [9] Martin E V, Clements F E. Studies on the effect of artificial wind on the growth and transpiration of *Helianthus annuus* [J]. Plant Physiology, 1935, 10:613-636.
- [10] Stephane B, Alexia S. Phototropic response induced by wind loading in Maritime pine seedlings (*Pinus pinaster Ait*) [J]. Journal of Experimental Botany, 2005, 56:851-856.
- [11] Grace J, Russell G. The Effect of wind and a reduced supply of water on the growth and water relations of *Festuca arundinacea* Schreb

- [J]. *Annals of Botany*, 1982, 49: 217-225.
- [12] Parkhurst D F, Pearman G I, Neel P L, et al. Tree seedling growth: effects of shaking[J]. *Science*, 1972, 175: 918-919.
- [13] Neel P L, Harris R W. Motion-induced inhibition of elongation and induction of dormancy in *Liquidambar*[J]. *Science*, 1971, 173: 58-59.
- [14] Rees D J, Grace J. The effects of wind on the extension growth of *pinus contorta douglas*[J]. *Forestry*, 1980, 53(2): 145-153.
- [15] Rees D J, Grace E J. The effects of shaking on extension growth of *pinus contorta douglas*[J]. *Forestry*, 1980, 53(2): 155-166.
- [16] Wilson J. Macroscopic features of wind damage to leaves of *acer pseudoplatanus* L. and its relationship with season, leaf age, and wind speed[J]. *Annals of Botany*, 1980, 46: 303-311.
- [17] Wilson J. Microscopic features of wind damage to leaves of *acer pseudoplatanus* L.[J]. *Annals of Botany*, 1984, 53: 73-82.
- [18] Whitehead F H. Experimental studies on the effect of wind on plant growth and anatomy II. *Helianthus annuus* [J]. *New Phytologist*, 1962, 61: 59-62.
- [19] Lawton R O. Wind stress and elfin stature in a montane forest tree: an adaptive explanation [J]. *American Journal of Botany*, 1982, 69: 1224-1230.
- [20] Smith V C, Ennos A R. The effects of air flow and stem flexure on the mechanical and hydraulic properties of the stems of sunflowers *Helianthus annuus* L.[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2003, 54: 845-849.
- [21] Grace J, Pitcairn C E R, Russell G et al, The effects of shaking on the growth and water relations of *Festuca arundinacea Schreb*[J]. *Annals of Botany*, 1982, 49: 207-215.
- [22] Grace J. The Effect of wind on grasses I. Cuticular and stomatal transpiration[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1974, 25: 542-551.
- [23] Thompson J R. The effect of wind on grasses II. Mechanical damage in *Festuca arundinacea Schreb*[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1974, 25: 965-972.
- [24] Grace J, Russell G. The effect of wind on grasses III. Influence of continuous drought or wind on anatomy and water relations in *Festuca arundinacea Schreb* [J]. *Journal of Experimental Botany*, 1977, 28: 268-278.
- [25] Gussell G, Grace J. The effect of wind on grasses IV. Some influences of drought or wind on *Lolium perenne*[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1978, 29: 245-255.
- [26] Gussell G, Grace J. The effect of wind on grasses V. Leaf extension diffusive conductance photosynthesis in the wind tunnel[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1978, 29: 1249-1258.
- [27] Pitcairn C E R, Grace J. The effect of wind and a reduced supply of phosphorus and nitrogen on the growth and water relations of *Festuca arundinacea Schreb*[J]. *Annals of Botany*, 1982, 49: 649-660.
- [28] Pitcairn C E R, Grace J. The effect of wind on provenances of *Molinia caerulea* L.[J]. *Annals of Botany*, 1984, 54: 135-143.
- [29] Prive J P, Allain N. Wind reduces growth and yield but not net leaf photosynthesis of primocane-fruited red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in establishment years[J]. *Plant Science*, 2000, 80: 841-847.
- [30] Whitehead F H, Luti R. Experimental studies of the effect of wind on plant growth and anatomy I. *Zea mays* [J]. *New Phytologist*, 1960, 61: 56-58.
- [31] Elmore R W, Marx D B, Klein R G, et al. Wind effect on corn leaf azimuth[J]. *Crop Science*, 2005, 45: 2598-2604.
- [32] Henry H A L, Thomas S C. Interactive effects of lateral shade and wind stem allometry, biomass allocation, and mechanical stability in *Abutilon Theophrasti*. *American* [J]. *Journal of Botany*, 2002, 89(10): 1609-1615.

## 2010 年《黑龙江农业科学》征订启事

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性科技期刊。是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊。现已被中国科学引文数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、CNKI 系列数据库、万方数据库、重庆维普中文科技期刊数据库和华艺电子出版事业群等多家权威数据库收录。

2010 年《黑龙江农业科学》将由双月刊改为月刊,届时,内容、栏目将更加丰富、新颖,更具时效性和可读性。每月 10 日出版,国内外公开发行。国内邮发代号 14-61,每期定价 5.00 元,全年 60.00 元;国外发行代号 BM8321,每期定价 8.00 美元,全年 96.00 美元。

热忱欢迎广大农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及农业技术推广人员、管理干部和广大农民群众踊跃订阅。全国各地邮局均可订阅。漏订者可汇款至本刊编辑部补订。汇款写明订购份数、收件人姓名、详细邮寄地址及邮编。

另外,编辑部现有少量 2007~2008 年合订本珍藏版。2007 年每册 80.00 元,2008 年每册 90.00 元,邮费各 10.00 元,售完为止。

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《黑龙江农业科学》编辑部

邮编:150086 电话:0451-86668373 电子信箱:nykx13579@sina.com