

# 水分胁迫对豇豆幼苗光合特性的影响

康利平<sup>1</sup>, 张 禄<sup>2</sup>

(1. 呼和浩特职业学院, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古广播电视大学, 内蒙古 呼和浩特 010051)

**摘 要:**对四叶一心期的豇豆幼苗进行水分胁迫处理, 研究其光合特性的变化。结果表明: 随着胁迫时间的延长, 土壤含水量、豇豆幼苗叶片含水量出现持续下降; 气孔张开率、气孔导度、叶绿素含量出现持续下降趋势, 到胁迫 8 d 后均与对照出现极显著差异; 豇豆幼苗叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度表现为基本稳定、突然下降、再持续升高的趋势, 胁迫 8 d 后为极显著差异; 光合速率、蒸腾速率随胁迫时间延长出现持续下降趋势, 蒸腾速率从胁迫 4 d 与对照出现显著差异, 从 6 d 时开始出现极显著差异; 光合速率则从 6 d 开始出现显著差异, 从 8 d 开始出现极显著差异; 光合速率与气孔张开率、气孔导度、叶片叶绿素含量成正相关, 且与气孔张开率、气孔导度呈显著正相关; 与胞间  $\text{CO}_2$  浓度呈负相关。从相关性分析可以看出, 气孔因素是影响光合速率的主要因素。豇豆幼苗忍耐自然水分胁迫时间为 8 d。

**关键词:**豇豆; 水分胁迫; 光合特性

**中图分类号:**S 643.404<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)08-0017-03

豇豆(*Vigna unguiculata* Linn.) 为豆科豇豆属 1 a 生草本植物<sup>[1-2]</sup>, 俗称角豆、姜豆、带豆。豇豆原产亚洲中南部<sup>[2]</sup>, 我国自古就有栽培, 因其适应性广, 在我国南北方均有广泛栽培。豇豆是一种营养丰富的蔬菜, 深受广大消费者喜爱, 其嫩荚可炒食、凉拌或腌渍。干旱是经常威胁蔬菜正常生长的环境胁迫之一, 光合速率则影响着蔬菜的生产能力, 幼苗期的光合特性对于培育壮苗、提高蔬菜抗性有着重要的意义。现对豇豆幼苗进行水分胁迫处理, 研究其光合特性的变化, 进一步明确了豇豆幼苗期的光合特性, 为豇豆的苗期管理尤其是水分管理提供一定的理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以‘901 青条’豇豆为试材。

### 1.2 试验方法

将在 28℃ 下发芽的豇豆种子播种于装有土壤的营养钵中(营养钵下底直径 4.2 cm, 上底直径 6.4 cm)。出苗后置于光照培养箱进行培养, 昼夜温度 28℃/23℃; 光照强度  $380 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 光照时间 12 h/d; 每隔 1 d 浇水 1 次, 每次 20 mL。待幼苗长到四叶一心期进行水

分胁迫处理, 停止浇水。对照每隔 1 d 浇水 1 次, 每次 20 mL。从处理当日起每隔 1 d 取样 1 次, 取样时间均为上午 10:00。

### 1.3 项目测定

1.3.1 叶片含水量的测定 叶片含水量的测定采用烘干称重法。随机取 10 株苗, 用打孔器取第 2 真叶于重量为  $W_0$  的称量瓶中称重为  $W_1$ , 然后在烘箱里 100℃ 烘 10 min, 再 70℃ 烘至恒重, 称重  $W_2$ 。5 次重复。叶片含水量( $W\%$ ) =  $(W_1 - W_2) / (W_1 - W_0) \times 100\%$ 。

1.3.2 土壤含水量的测定 土壤含水量的测定同样采用烘干称重法。用测定含水量的植株, 除去营养钵表面 0.5 cm 的土层, 在距植株 2.5 cm 的地方用打孔器取深度为 2.5 cm 的土壤, 置于重为  $W_0$  的称量瓶中称重为  $W_1$ , 于 40℃ 烘干至恒重, 称重为  $W_2$ 。5 次重复。土壤含水量( $W\%$ ) =  $(W_1 - W_2) / (W_1 - W_0) \times 100\%$ 。

1.3.3 气孔开放率的测定 选取第 3 片真叶, 用镊子撕取下表皮置于载玻片上, 滴蒸馏水 1 滴, 使材料充分展开, 盖好盖玻片, 吸干多余水分, 立即在显微镜下观察, 分别统计视野内开放和关闭的气孔数, 所得数据为 3 个视野的平均值。5 次重复。气孔开放率是指视野内开放气孔数与总气孔数的百分比。

1.3.4 叶绿素含量的测定 采用分光光度法。称取 0.5 g 叶片于研钵中, 加入少许 80% 丙酮研磨成匀浆, 过滤清液于容量瓶中, 并用 80% 丙酮洗涤至残渣无绿色, 定容至 100 mL。5 次重复。然后分别在  $\lambda = 663 \text{ nm}$  和

**第一作者简介:**康利平(1977-), 女, 硕士, 讲师, 现主要从事蔬菜栽培生理及生物技术方面的研究工作。E-mail: zhklp@163.com。

**基金项目:**留学回国人员科研启动基金资助项目(教外留[2002] 247 号)。

**收稿日期:**2012-02-01

$\lambda=645\text{ nm}$  处测定 OD 值,分别为  $\text{OD}_{663}$  和  $\text{OD}_{645}$ 。叶绿素 a 和叶绿素 b 的总含量计算公式如下:  $C_{a+b}=8.02\times\text{OD}_{663}+20.20\times\text{OD}_{645}$  [3]。

1.3.5 光合作用指标的测定 光合速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率均采用 LI-6400 光合呼吸测定仪直接测定。采用人工光源,测定条件均为温度  $25^\circ\text{C}$ ,光强  $1\,500$  个光量子,测定叶面积  $6\text{ cm}^2$ 。5 次重复。

表 1 豇豆幼苗土壤含水量、叶片含水量随胁迫时间的变化

Table 1 The change of soil water content and leaf water content with the water stress time in cowpea seedlings

胁迫时间 Stress time /d		0	2	4	6	8	10	12	14
土壤含水量	对照 Control	33.57Aa	34.48Aa	35.05Aa	33.43Aa	32.27Aa	33.56Aa	33.48Aa	36.60Aa
Soil water content/%	处理 Treatment	33.57Aa	27.02Bb	18.97Bb	13.95Bb	11.06Bb	10.02Bb	8.70 Bb	5.29 Bb
叶片含水量	对照 Control	89.87Aa	90.48Aa	90.43Aa	89.83Aa	89.55Aa	89.60Aa	89.47Aa	90.37Aa
Leaf water content/%	处理 Treatment	89.87Aa	89.52Aa	88.57Ab	88.48Aa	88.42Aa	88.30Aa	85.14Ab	80.86Bb

注:同一天数下各数值后不同字母表示差异显著,大写代表 0.05 水平,小写 0.01 水平。

Note: The same day the number under each value different letters indicate significant differences, capitalized on behalf of the 0.05 level, 0.01 level lowercase.

## 2.2 水分胁迫对豇豆叶片气孔状况的影响

气孔因素是影响光合作用的重要因素。由表 2 可知,豇豆幼苗随胁迫时间的延长,气孔张开率逐渐降低,从胁迫第 2 天开始与对照呈显著差异,胁迫 8 d

## 2 结果与分析

### 2.1 水分胁迫对豇豆叶片含水量和土壤含水量的影响

由表 1 可知,随着水分胁迫时间的延长,土壤含水量持续下降,从胁迫 2 d 开始与对照存在极显著差异,到胁迫 14 d 时,土壤含水量仅为 5.29%;豇豆叶片的含水量也随胁迫时间的延长逐渐降低,胁迫 12 d 时与对照有显著差异,到 14 d 时,叶片含水量为 80.86%,与对照呈极显著差异。

### 2.2 水分胁迫对豇豆叶片气孔状况的影响

时与对照呈极显著差异,到胁迫 14 d 时,气孔张开率为 12.87%。气孔导度也出现持续降低趋势,到胁迫 6 d 时,与对照呈极显著差异,到胁迫 14 d 时,气孔导度仅为  $0.0064\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

表 2 气孔张开率和气孔导度随胁迫时间的变化

Table 2 The change of stomata opening rate and stomatal conductance with the water stress time in cowpea seedlings

胁迫时间 Stress time /d		0	2	4	6	8	10	12	14
气孔张开率	对照 Control	81.44Aa	88.04Aa	96.58Aa	85.58Aa	83.39Aa	86.83Aa	83.48Aa	96.64Aa
Stomata opening rate/%	处理 Treatment	81.44Aa	63.84Ab	58.96Ab	58.64Ab	35.03Bb	34.86Bb	31.85Bb	12.87Bb
气孔导度	对照 Control	0.0740Aa	0.0456Aa	0.0608Aa	0.0376Aa	0.0433Aa	0.0528Aa	0.0448Aa	0.0488Aa
conductance/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	处理 Treatment	0.0740Aa	0.0464Aa	0.0451Aa	0.0247Bb	0.00763Bb	0.0073Bb	0.0073Bb	0.0064Bb

### 2.3 水分胁迫对豇豆幼苗叶绿素含量和胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的影响

豇豆幼苗叶绿素含量随着胁迫时间的延长逐渐降低,胁迫 8 d 开始与对照出现极显著差异,到胁迫 14 d 时,

叶绿素含量为  $5.1339\text{ mg/g FW}$ ,为胁迫前的 42.2%。胞间  $\text{CO}_2$  浓度随水分胁迫时间的延长表现为基本稳定、突然下降、再持续升高的趋势。胞间  $\text{CO}_2$  浓度在胁迫 4 d 时与对照出现显著差异,胁迫 8 d 后为极显著差异。

表 3 叶绿素含量和胞间  $\text{CO}_2$  浓度随胁迫时间的变化

Table 3 The change of chlorophyll content and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration with the water stress time in cowpea seedlings

胁迫时间 Stress time/d		0	2	4	6	8	10	12	14
叶绿素含量	对照 Control	1.5443Aa	12.1464Aa	11.5717Aa	11.3747Aa	11.4446Aa	11.2165Aa	11.0911Aa	12.1695Aa
content/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{ FW}$	处理 Treatment	1.5443Aa	11.2369Aa	11.2165Aa	11.0819Ab	10.7517Ba	9.4020Bb	7.4537Bb	5.1339Bb
胞间 $\text{CO}_2$ 浓度	对照 Control	182.00Aa	159.60Aa	185.20Aa	132.40Aa	143.40Aa	177.60Aa	160.80Aa	157.80Aa
concentration/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	处理 Treatment	182.00Aa	180.40Aa	193.60Ab	150.74Aa	292.40Bb	310.80Bb	316.60Bb	418.60Bb

### 2.4 水分胁迫对豇豆幼苗光合速率和蒸腾速率的影响

由表 4 可知,随着胁迫时间的延长,豇豆幼苗的蒸腾速率、光合速率出现持续降低趋势,蒸腾速率从胁迫 4 d 时与对照出现显著差异,从 6 d 开始出现极显著差

异;光合速率则从 6 d 开始出现显著差异,从 8 d 开始出现极显著差异,到胁迫 14 d 时,光合速率出现负值,为  $-0.1466\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

表 4 蒸腾速率和光合速率随胁迫时间的变化

Table 4 The change of transpiration rate and photosynthetic rate with the water stress time in cowpea seedlings

胁迫时间 Stress time/d		0	2	4	6	8	10	12	14
蒸腾速率	对照 Control	1.4500Aa	1.1220Aa	1.4340Aa	1.0740Aa	1.1350Aa	1.2340Aa	1.1220Aa	1.1780Aa
rate/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	处理 Treatment	1.4500Aa	1.1402Aa	1.1218Ab	0.7106Bb	0.2046Bb	0.1912Bb	0.1761Bb	0.1694Bb
光合速率	对照 Control	7.9020Aa	6.1000Aa	6.7940Aa	6.1100Aa	5.9120Aa	6.4280Aa	5.5800Aa	6.4580Aa
rate/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	处理 Treatment	7.9020Aa	5.4720Aa	5.0500Aa	4.8740Ab	0.4636Bb	0.2824Bb	0.2680Bb	-0.1466Bb

表 5 光合速率与气孔张开率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、叶片叶绿素含量的相关系数Table 5 The correlation of photosynthetic rate to stomatal opening rate, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration and chlorophyll content

	气孔张开率 Stomatal opening rate	气孔导度 Stomatal conductance	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 Intercellular CO <sub>2</sub> concentration	叶片叶绿素含量 Chlorophyll content
光合速率 Photosynthetic rate	0.9632	0.9559	-0.7922	0.7351

对光合速率和气孔张开率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、叶片叶绿素含量进行相关分析,相关系数见表 5,光合速率与气孔张开率、气孔导度、叶片叶绿素含量呈正相关,与气孔张开率、气孔导度呈显著正相关;与胞间 CO<sub>2</sub> 浓度呈负相关。从相关性分析可以看出,气孔因素是影响光合速率的主要因素。

综合以上结果,得出豇豆幼苗在水分胁迫 8 d 开始,处理的各项指标均与对照出现极显著差异,光合速率出现急速下降,净光合速率非常低,仅为  $0.4636 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。因此,将 8 d 定为豇豆幼苗忍耐水分胁迫时间。

### 3 讨论与结论

植物的光合速率与植物叶片的含水量有着密切的关系。而植物叶片含水量又受土壤含水量的直接影响。水分胁迫期内,植物的光合速率下降最直接的因素是气孔张开率下降,导致了光合作用的反应物水和二氧化碳的减少,从而造成了光合速率的持续下降。随胁迫时间的延长,水分越来越缺乏,而气孔张开率越来越小,光合速率也越来越低,至胁迫末期,光合速率出现负值,表明此时的光合速率已经小于呼吸消耗了,整个植株处于营养亏损状态,植株生长受到严重影响,甚至于出现死亡。

该试验的光合速率随胁迫时间延长出现持续下降趋势,到胁迫 14 d 时,光合速率出现负值,为  $-0.1466 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。该试验所测光合速率为净

光合速率,即为光合积累与呼吸消耗的差值,出现负值表明此时光合作用积累的产物已经少于呼吸作用消耗的物质,因此净积累为负值。

随水分胁迫时间延长,土壤含水量、豇豆幼苗叶片含水量出现持续下降。气孔张开率、气孔导度、叶绿素含量随水分胁迫时间的延长出现持续下降趋势,到胁迫 8 d 时均与对照出现极显著差异。豇豆幼苗叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度随胁迫时间延长表现为为基本稳定、突然下降、再持续升高的趋势。胞间 CO<sub>2</sub> 浓度在胁迫 4 d 时与对照出现显著差异,胁迫 8 d 后为极显著差异。光合速率、蒸腾速率随胁迫时间延长出现持续下降趋势,蒸腾速率从胁迫 4 d 时与对照出现显著差异,从 6 d 时开始出现极显著差异;光合速率则从 6 d 开始出现显著差异,从 8 d 开始出现极显著差异。光合速率与气孔张开率、气孔导度、叶片叶绿素含量呈正相关,与气孔张开率、气孔导度呈显著正相关;与胞间 CO<sub>2</sub> 浓度呈负相关。从相关性分析可以看出,气孔因素是影响光合速率的主要因素。豇豆幼苗忍耐自然水分胁迫时间为 8 d。

### 参考文献

- [1] 杜世章,代其林,奉斌,等. 不同浓度 NaCl 胁迫处理下豇豆幼苗抗氧化酶活性的变化[J]. 基因组学与应用生物学,2011,30(3):351-356.
- [2] 钱丽珠. 豇豆栽培技术[J]. 上海蔬菜,1993(3):44-45.
- [3] 中国科学院上海植物生理研究所,上海植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.

## Effect of Water Stress on Photosynthetic Characteristics of Cowpea Seedlings

KANG Li-ping<sup>1</sup>, ZHANG Lu<sup>2</sup>

(1. Hohhot Vocational College, Hohhot, Inner Mongolia 010051; 2. Inner Mongolia Radio and TV University, Hohhot, Inner Mongolia 010051)

**Abstract:** The cowpea seedlings were treated when they had four leaves and a heart by water stress. The results showed that the soil water content and leaves water content continued to decrease, the stomata opening rate and stomata conductance continued to decrease too, and they were different from not treated significantly when stressed 8 days later, the chlorophyll content decreased and was different from not treatment significantly when stressed 8 days later, the intercellular CO<sub>2</sub> concentration firstly was stable, then decreased, finally continued to increase, and was different from not treated significantly when stressed 8 days later, the transpiration rate and photosynthetic rate decreased continuously, the transpiration rate had remarkable difference from not treated when has been stressed for 4 days, while significant difference when has been stressed for 6 days, the photosynthetic rate had remarkable difference from not treated when has been stressed for 6 days, while significant difference when has been stressed for 8 days. The photosynthetic rate was positively related to stomata opening rate, stomata conductance and chlorophyll content, while was negatively related to intercellular CO<sub>2</sub> concentration. It was concluded that stomata factor was the main factor effecting photosynthetic rate. The cowpea seedlings can endure water stressing for 8 days.

**Key words:** cowpea; water stress; photosynthetic characteristics