

# 酸雨、遮阴胁迫对加拿大一枝黄花光合生理特征的影响

王子健,朱欣,高松

(台州学院 生命科学学院,浙江 台州 318000)

**摘 要:**通过对加拿大一枝黄花进行全光照(对照组)、33%遮阴(透光率约为 $(66\pm 10)\%$ )及 66%遮阴(透光率约为 $(33\pm 5)\%$ )3种遮阴处理,酸雨 pH 值梯度为 3.5、4.5、5.5 及对照组(自来水,pH 约为 6.5)的胁迫处理,研究这两种逆境胁迫对其光合速率、蒸腾速率、水分利用率等生理特征的影响。结果表明:(1)不同 pH 值的酸雨处理的加拿大一枝黄花,其叶片净光合速率间存在显著差异,且随着模拟酸雨溶液酸度的逐渐增加,其光合速率持续降低;(2)随着模拟酸雨溶液酸度的增加,其叶片蒸腾速率持续降低;(3)加拿大一枝黄花在 pH4.5 时的水分利用率显著增大,表现出对酸雨较强的耐受能力;(4)加拿大一枝黄花的蒸腾速率在全光照的情况下要明显高于其他两组。

**关键词:**逆境胁迫;酸雨;遮阴处理;净光合速率;蒸腾速率;耐受能力

**中图分类号:**Q948.112

**文献标志码:**A

加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis* L.)又名黄莺,菊科多年生宿根草本植物,原产于北美。最初作为庭园花卉引种栽培于我国上海、南京一带,现在已经广泛逸生于沪宁线、沪杭线、浙赣铁路沿线地区,是最常见的一种恶性杂草<sup>[1]</sup>,在秋季常形成单一优势种群群落,表现出极强的竞争优势,并呈现进一步扩散态势,破坏入侵地的植物生态平衡,对生物多样性构成严重威胁。目前,国内外的很多研究者对其生物性能进行了研究:安徽大学生命科学学院、安徽省资源植物研究中心<sup>[2]</sup>在 4 种光照强度处理下,对其光合色素含量、叶绿素荧光特性、比叶重、植株的生长特征和生物量分配等指标进行了测定分析发现加拿大一枝黄花能适应较大的光强幅度,在高、中光强下对生长最有利,同时对低、弱光强有一定的抗逆性,但在严重遮阴下生长明显受抑。对于控制这种植物的生长研究学者们提出了各种解决方案<sup>[3,4]</sup>,但是目前并无可行性较高并且经济环保的方案。光合作用是植物生长的基础,是植物最重要的生理机能<sup>[5]</sup>。当植物生长环境如遮阴、酸雨等与植物的正常需求发生矛盾时,植物的光合作用就会受到很大影响。在各种环境因素中,光照是影响植物形态结构及其相关光合作用、生理特征的重要变量之一<sup>[6]</sup>。光强的变化对植物生长特别是对光合作用有着深刻的影响<sup>[7-9]</sup>。高光强会导致能量供应和能量消耗的不平衡,这通常导致光抑制的发生<sup>[10]</sup>。减少光的条件下,植物表现出相对较低的光合速率,并降低光饱和速率,光系统 II 活性,及电子传递效率等<sup>[11]</sup>。遮荫能够引起遮荫小生境中光强、光质和光照时间的变化。光照对于植物各部分生长的影响最终会表现在生物量分配和积累上<sup>[12]</sup>。对肉桂类苗木生长和遮荫的关系研究表明,当植物处于稳定生长受到遮荫时,植株会长出更多叶片来增大光捕获面积从而弥补光能的减少会对地上部分投资更多物质<sup>[13]</sup>。

酸雨是指 pH 值小于 5.6 的雨水。酸雨会损伤植物叶片,使得叶片最先表现出受害症状<sup>[14-15]</sup>。研究表明,当酸雨酸度超过植物叶片耐受阈值时,叶片常出现退绿、坏死斑、失水萎蔫、过早落叶或早衰等可见伤害症状,随着酸雨酸度的增高和淋溶时间的延长,受害严重性也逐渐增加<sup>[16]</sup>。2013 年宋莉英等人模拟酸雨研究其对 3 种菊科入侵植物光合特征的影响<sup>[17]</sup>,模拟酸雨(pH 值分别为 2.5、4.5 和 5.6)对 3 种菊科入侵植物——三裂叶蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)、薇甘菊(*Mikania micrantha*)和飞机草(*Chromolaena odoratum*)光合生理生态特性的影响,结果表明重度酸雨(pH 值 2.5)对 3 种入侵植物叶片均造成可见伤害,受到酸雨

收稿日期:2014-05-20;修回日期:2014-10-20。

基金项目:台州学院生态学浙江省重点学科开放课题(EKD2013-06)

作者简介(通信作者):高松(1979-),男,吉林辽阳人,台州学院讲师,博士,主要从事植物生理生态学研究,E-mail:971954236@qq.com。

的胁迫但具有一定的抵抗力.因此,对酸雨条件下对加拿大一枝黄花开开展生理生态学的研究,对于预测它们在我国分布的潜在范围以及生境特点有实际意义,了解加拿大一枝黄花对逆境条件的生理适应特征,对它们的综合管理也是有益的.对其进行酸雨及遮阴胁迫处理,并对供试植株进行光合作用特征参数的测定,通过对已经杂草化了的加拿大一枝黄花生理、生态适应特点的研究,将为其他外来引入植物建立积累基础资料,为外来入侵物种的综合防治提供理论依据.

## 2 材料与方 法

### 2.1 试验材料

2013年4月中旬,于台州学院校园内采集长势一致的加拿大一枝黄花幼苗共约100株,幼苗高度在30cm左右,分别培养于花盆内,培养基质为泥炭土:黄泥土=1:1,培养期间每3d浇一次水,使土壤含水量保持在适宜的范围(约为土壤田间持水量的50%±10%)内,材料共培养约3个月左右.

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 遮阴处理

从2013年7月上旬起,培养好的材料取长势一致的植株使用遮阳网进行遮阴处理,分为全光照(对照组)、33%遮阴(透光率约为66%±10%)及66%遮阴(透光率约为33%±5%)3种处理,进行处理30d.

#### 2.2.2 模拟酸雨溶液的配制

用 $\text{H}_2\text{SO}_4$ (浓): $\text{HNO}_3$ (浓)=1:1配制浓度为 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的模拟酸雨溶液母液,装瓶待用,用蒸馏水分别稀释为pH值为3.5、4.5、5.5的模拟酸雨溶液(每天新鲜配制).

#### 2.2.3 对供试植物的酸雨胁迫处理

从2013年7月上旬起,设置酸雨pH值梯度为3.5、4.5、5.5及对照组(自来水,pH约为6.5)共4个组别,每组含长势一致的加拿大一枝黄花各10株,采用喷壶将200ml模拟酸雨溶液喷洒全株,每天喷洒一次,保持处理状态30d.

2.2.4 光合生理特征数据的测量 采用高松的方法<sup>[18]</sup>,于2013年8月,选择适宜天气且环境因子与各项生理指标完全相同时的一天(8月10日),使用LI-6400XT便携式光合作用测定系统(LI-COR,美国),每种处理挑选3株长势一致的植株,在植物冠层中部的阳面选择成熟的叶片,做好标记,进行活体测量.在08:00~18:00时间段里每隔2h测量一次,每次测定重复5次,记录测量数据,并取平均值.测定参数包括:环境因子[光合有效辐射(PAR,  $\mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、空气温度( $T_a$ ,  $^{\circ}\text{C}$ )、空气相对湿度(RH, %)、大气 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_a$ ,  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )],叶片净光合速率( $P_n$ ,  $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、蒸腾速率( $T_r$ ,  $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、气孔导度( $G_s$ ,  $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )等.

#### 2.2.5 统计分析

叶片水平光合生理参数的对比分析采用单因子方差分析法(one-way ANOVA),同一指标不同处理之间的多重比较采用最小显著差数法(LSD法),同一气象因子及气体交换参数在不同环境下的比较采用配对样本t检验,在Windows-based SPSS 11.5软件下运行.作图使用Excel软件.

## 3 数据处理

### 3.1 环境因子的变化曲线

从图1A可以看出:8月10日,研究区光合有效辐射(PAR)从08:00开始上升,在12:00左右达到最大值,为 $(708\pm 35.4)\mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,然后持续下降至18:00左右的 $(12\pm 0.6)\mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

由图1B看出,空气相对湿度(RH)从上午开始一直呈下降趋势,至12:00左右达到全天最低值,为 $5.7\%\pm 0.29\%$ ,然后开始回升,14:00以后回升幅度较大,全天(08:00~18:00)空气相对湿度平均为 $17.45\%\pm 0.87\%$ .

在图1C中,空气温度( $T_a$ )在12:00左右达到最高,为 $(44.4\pm 2.22)^{\circ}\text{C}$ ,至18:00左右降至 $(35.3\pm$

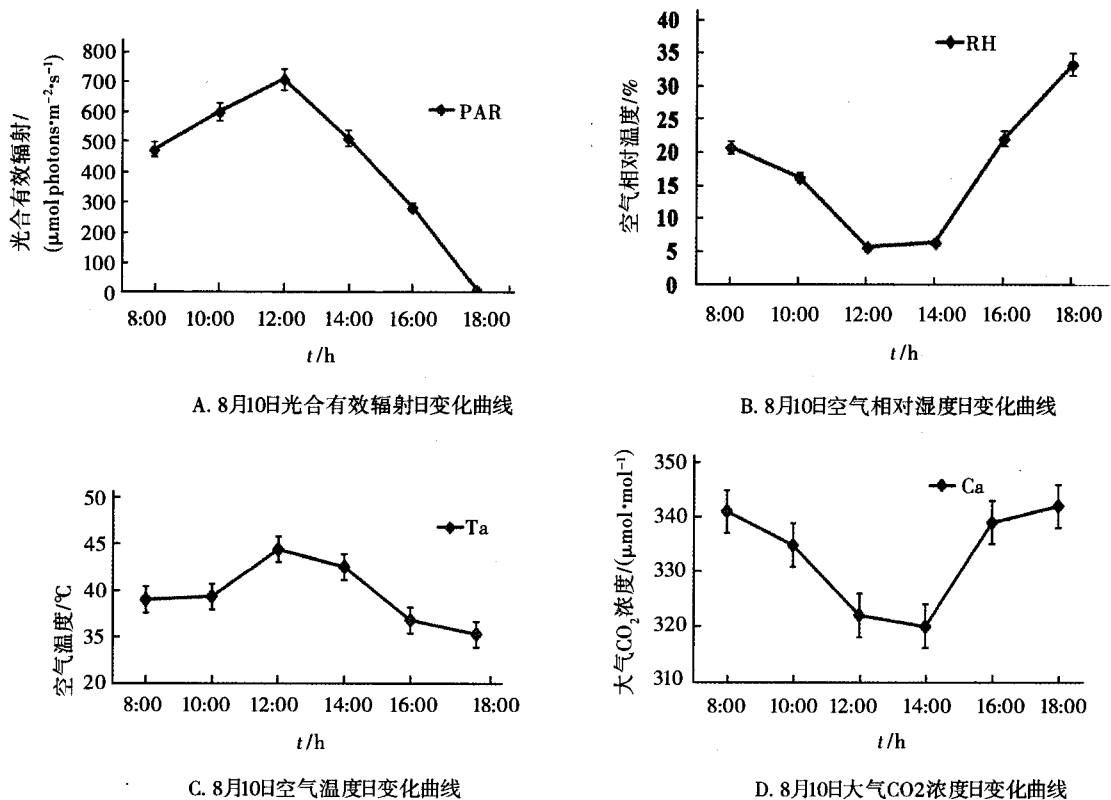


图1 环境因子变化曲线

1.77) °C左右,全天(08:00~18:00)均值为(39.55±1.98) °C。

图1D显示,大气CO<sub>2</sub>浓度(Ca)的全天(8:00~18:00)最低值出现在14:00左右,为(330±16.5) μmol·mol<sup>-1</sup>,08:00和18:00时其大气CO<sub>2</sub>基本持平,白天平均为(343±17.2) μmol·mol<sup>-1</sup>。

### 3.2 酸雨胁迫对加拿大一枝黄花光合特征的影响日变化曲线

从图2A可以看出,加拿大一枝黄花叶片净光合速率从08:00开始逐渐升高,最大值出现于12:00左右,对照组在各个时间段光合速率均明显高于实验组,在12点左右时达到(17.2±0.86) μmolCO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,然后显著降低。实验组中R1和R2光合速率在12点以后差别较小,R3光合速率明显低于其他两组。4组光合速率日平均值(08:00~18:00)大小排布为CK((6.5±0.3) μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)>R1((5.5±0.3) μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)>R2((4.5±0.3) μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)>R3((3.5±0.2) μmol CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) (P<0.05)。

由图2B可知,加拿大一枝黄花叶片蒸腾速率的日变化整体呈单峰型,均在14:00左右时达到最高值,其中R2为(3.14±0.16) mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,R3为(2.46±0.12) mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,二者差异不显著,R1和对照组各时间点的蒸腾速率均明显高于R2和R3,而对照组的蒸腾速率又明显高于R1(P<0.05)。

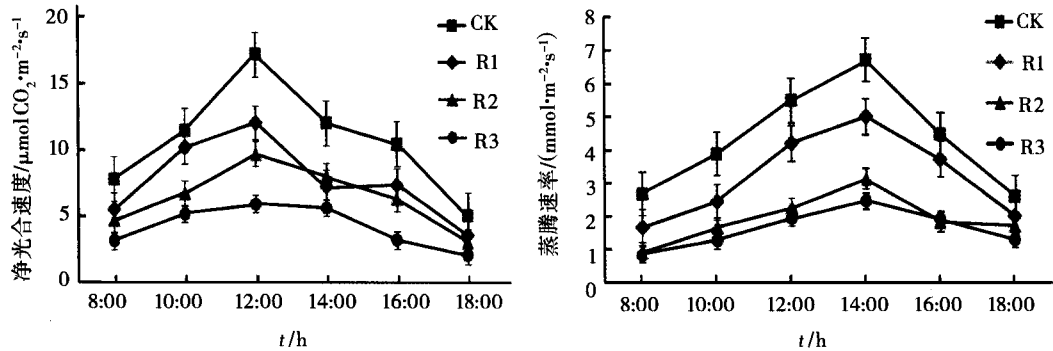
在图2C中,4个组的气孔导度在上午都是呈上升趋势,最大值均出现于14:00左右,对照组的气孔导度最大值为127.68 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,在14:00后各组的气孔导度迅速降低,日平均值为CK(88.62±4.43)>R1(65.40±3.27)>R2(40.65±2.03)>R3(30.84±1.54)。

图2D中,随着时间的推移,水分利用效率大致呈下降趋势,但在08:00至18:00之间,除R3之外,其他几组大部分都是呈多峰型,但下降幅度高于上升幅度,导致水分利用率低于初始水分利用率。R3组的水分利用率在08:00~10:00时短暂的上升,而后一直下降。其中R1组的水分利用率每个时间段都高于其他组。

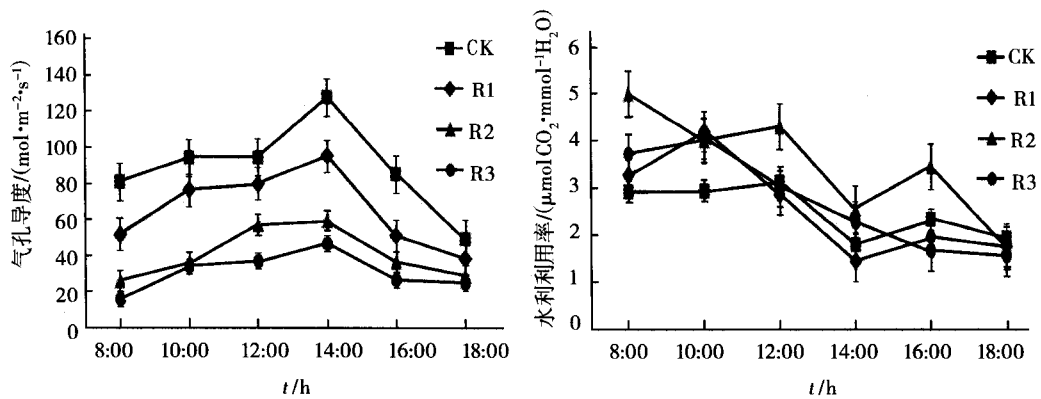
### 3.3 遮阴胁迫对加拿大一枝黄花光合特征的影响日变化曲线

由图3A可以看出,加拿大一枝黄花叶片的净光合速率S1(全光照)从8:00开始逐渐升高,最大值出现

在 12:00, 为  $(14.3 \pm 0.7) \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 然后逐渐降低; S2(33% 遮阴) 从 8:00 开始逐渐升高, 最大值出现在 12:00, 为  $(10.01 \pm 0.5) \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 然后逐渐降低; S3(66% 遮阴) 从 8:00 开始逐渐升高, 最大值出现在 12:00, 为  $(6.15 \pm 0.3) \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 然后逐渐降低。



A. 酸雨胁迫对加拿大一枝黄花叶片净光合速率的影响 B. 酸雨胁迫对加拿大一枝黄花蒸腾速率的日变化



C. 酸雨胁迫对加拿大一枝黄花气孔导度的日变化 D. 酸雨胁迫对加拿大一枝黄花水分利用效率的日变化

图2 酸雨胁迫对加拿大一枝黄花光合特征的影响

从图 3B 可以看出, 加拿大一枝黄花的蒸腾速率在全光照、33% 遮阴、66% 遮阴 3 种情况下, 从 8:00~14:00 均呈上升趋势, 14:00~18:00 呈下降趋势, 均在 14:00 达到最大值。而且总体来说, 全光照的蒸腾速率要明显高于另外两组。

在图 3C 中, 3 者的气孔导度从 8:00~12:00 均呈上升趋势, 在 14:00 达到最大值, 14:00~18:00 呈下降趋势。随着遮光比例的增加, 其气孔导度相应减小。

在图 3D 中, 3 者的水分利用率均呈下降趋势。都在 14:00 达到最低值, 14:00~16:00 又呈上升趋势, 16:00~18:00 又恢复下降。并且全光照和 66% 遮阴的水分利用率差异不显著。

## 4 讨论

叶片在酸雨、光照遮阴的逆境胁迫下生理特征变化显著。因酸雨与叶片的接触和淋洗等作用而对叶片造成直接的生理与形态上的损伤<sup>[19]</sup>。结合图 2 的实验数据, 综合分析净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和水分利用率的规律变化, 可初步发现, 在酸雨胁迫下加拿大一枝黄花的光合生理特征发生了显著变化, 随着模拟不同 pH 值酸雨溶液酸度的不断增加, 其光合速率持续降低。

植物蒸腾速率的变化是环境因素和植物生理因素综合作用的结果<sup>[20]</sup>。从图 2B 可以看出, 加拿大一枝黄花蒸腾速率呈单峰型变化, 不同 pH 酸雨处理的蒸腾速率均在 14:00 达到一天中的最大值。综合图 2C, 不同 pH 值酸雨处理下的加拿大一枝黄花气孔导度日变化均是单峰型的且都在 14:00 达到最低值。说明在中午较强阳光的影响下, 加拿大一枝黄花通过提高气孔导度而加速蒸腾。因模拟酸雨的 pH 值不同, 不同酸液处

理的加拿大一枝黄花气孔变化也有所不同. 气孔导度是指植物气孔传导  $\text{CO}_2$  和水的的功能, 它的变化首先影响水分的交换, 其次是  $\text{CO}_2$  的交换, 因此, 气孔导度的大小对光合速率和蒸腾速率均有一定程度的制约, 进而影响水分利用率<sup>[21]</sup>.

在同样的环境条件下, 水分利用效率值越大, 表明固定单位质量  $\text{CO}_2$  所需的水分越少, 植物耐旱能力越强<sup>[22]</sup>. 水分利用效率的大小可以反映植物对逆境适应能力的强弱<sup>[23]</sup>. 而 14:00 前后气孔全部或部分关闭使光合速率下降的同时蒸腾速率也下降(“午休现象”)是植物适应中午高温高光强免受损害的一种适应策略, 也是提高水分利用效率的途径之一. 根据图 2D, 本研究发现, 加拿大一枝黄花的水分利用效率曲线并未出现双峰型, 说明与大部分植物相反, 加拿大一枝黄花在中午高温时并不出现“午休现象”, 从而证明加拿大一枝黄花能较好地适应酸雨环境, 对酸雨胁迫有一定的抵抗力.

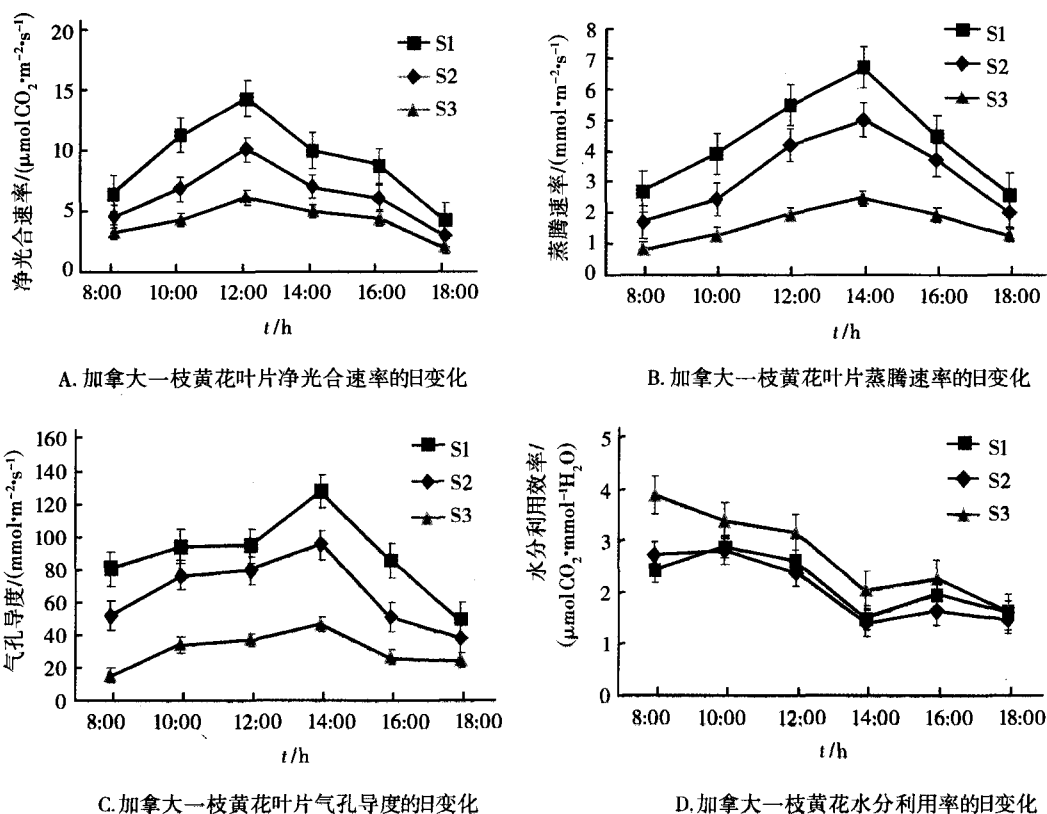


图3 遮阴胁迫对加拿大一枝黄花光合特征的影响

在光照遮阴的逆境胁迫下, 随着光照强度的减弱, 加拿大一枝黄花的净光合速率下降. 例如黄顶菊 (*Flaveria bidentis*) 幼苗虽对遮阴有一定的适应能力, 但遮阴仍产生明显的弱光(透光率为 12.5% 或更低) 抑制, 显著降低其光合效率, 影响其正常生长<sup>[24]</sup>. 由图 3A 很明显的可以看出, 加拿大一枝黄花在全光照情况下的净光合速率明显高于 66% 与 33% 遮阴处理, 并且随着光照强度的升高, 净光合速率也升高, 光照强度降低, 净光合速率也随之下降; 蒸腾作用不仅受外界环境条件的影响, 也受到温度的影响. 当大气温度升高时, 气孔下腔蒸气压的增加大于空气蒸气压的增加, 叶内外蒸气压差加大, 蒸腾加强. 当气温过高时, 叶片过度失水, 气孔就会关闭, 从而使蒸腾减弱. 二氧化碳对气孔运动影响很大, 低浓度二氧化碳促进气孔张开, 高浓度二氧化碳能使气孔迅速关闭(无论光下或暗中都是如此). 由图 3B 可知, 对于加拿大一枝黄花进行全光照、66% 遮阴及 33% 遮阴这 3 种情况, 从 8:00~12:00 其蒸腾速率均呈上升趋势, 12:00 达到最大值, 然后逐渐下降. 而全光照处理的加拿大一枝黄花的蒸腾速率要远大于其他两种遮阴处理.

气孔是植物叶片与外界进行气体交换的主要通道<sup>[28]</sup>, 因此气孔导度影响光合作用, 而且气孔开度对蒸腾有着直接的影响. 由图 3C 可以看出: 气孔导度从 8:00~12:00 均呈上升趋势, 在 14:00 达到最大值, 14:00~18:00 呈下降趋势. 叶片在光线较弱的情况下, 气孔导度随遮阴程度的增加逐渐下降, 细胞间隙  $\text{CO}_2$

浓度变化趋势则相反,随遮阴程度的增加,逐渐上升.这有可能是因为弱光下单位叶面积的叶肉细胞表面积增加,叶肉阻力也随之增加,使气孔导度下降.

结果表明,随着模拟酸雨溶液酸度的逐渐增加,加拿大一枝黄花植物冠层中部的阳面成熟叶片光合速率持续降低;叶片蒸腾速率持续降低;蒸腾速率在全光照的情况下要明显高于66%遮阴(透光率约为33%±5%)与33%遮阴(透光率约为66%±10%)下的蒸腾速率.综上所述,在酸雨、光照遮阴的逆境条件胁迫下,可对加拿大一枝黄花的恶性蔓延产生一定控制作用.随着酸雨浓度(酸性)的增加,对加拿大一枝黄花的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和水分利用率都有不同程度的抑制作用,综合图1环境因子的日变化规律的分析,在光合有效辐射较强,空气相对湿度较低,温度较高,CO<sub>2</sub>浓度较低时,酸雨胁迫对植株生理特性的抑制影响作用越小.同样结合图1和图3分析也可知,在相同条件下,遮阴对其的抑制作用也越小.则可以推论,在光合有效辐射控制在500 μmol photons · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>以下,空气相对湿度在10%以上,温度在40℃以下或CO<sub>2</sub>浓度在340 μmol · mol<sup>-1</sup>以上时对其施加酸雨淋洗或对其遮阴大范围处理可以在一定程度上控制加拿大一枝黄花等入侵植物的恶性蔓延.

### 参 考 文 献

- [1] 肖智勇.加拿大一枝黄花[J].湖南农业,2012(2):20-20.
- [2] 孙晓方,何家庆,黄训端.不同光强对加拿大一枝黄花生长和叶绿素荧光的影响[J].西北植物学报,2008(4):752-758.
- [3] 方芳,郭水良,黄林兵.入侵杂草加拿大一枝黄花的化感作用[J].生态科学,2005,23(4):331-334.
- [4] 赵运涛,李新华,张征文.中国主要外来入侵物种的危害及防治措施[J].林业调查规划,2006,30(6):113-117.
- [5] 王孟本,李洪建,柴宝峰,等.树种蒸腾作用、光合作用和蒸腾效率的比较研究[J].植物生态学报,1999,23(5):401-410.
- [6] Avercheva O V, Berkovich Y A, Erokhin A N, et al. Growth and photosynthesis of Chinese cabbage plants grown under light-emitting diode-based light source[J]. Russ J Plant Physiol,2009,56:14-21.
- [7] Neff M M, Fankhauser C, Chory J. Light: an indicator of time and place[J]. Genes Dev,2000, 14: 257-271.
- [8] Fukuda N, Fujitan M, Ohta Y, Sase S, Nishimura S, Ezura H. Directional blue light irradiation triggers epidermal cell elongation of abaxial side resulting in inhibition of leaf epinasty in geranium under red light condition[J]. Sci Hortic,2008,115:176-182.
- [9] Fan X X, Zang J, Xu J G, et al. Effects of different light quality on growth, chlorophyll concentration and chlorophyll biosynthesis precursors of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.)[J]. Acta Physiol Plant,2013,35:2721-2726.
- [10] Demmig-Adams B, Adams WW III. Photoprotection and other responses of plants to high light stress[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol,1992,43:599-626.
- [11] Zheng Y, Mai B, Wu R et al. Acclimation of winter wheat (*Triticum aestivum*, cv. Yangmai 13) to low levels of solar irradiance[J]. Photosynthetica,2011,49:426-434.
- [12] 刘长利,王文全,崔俊茹,等.干旱胁迫对甘草光合特性与生物量分配的影响[J].中国沙漠,2006,26(1):142-145.
- [13] 张林,罗天祥.植物叶寿命及其相关叶性状的生态学研究进展[J].植物生态学报,2004,28(6):844-852.
- [14] 齐泽明,王玄德,宋光煜.酸雨对植物影响的研究进展[J].世界科技研究与发展,2004,26(2):36-41.
- [15] 周青,黄晓华.稀土元素La对酸雨损伤腊梅的影响[J].生态学杂志,1997,16(6):59-61.
- [16] 宋文龙,杨胜天,温志群,等.贵州典型森林群落植物冠层叶片遭受酸雨直接伤害的模拟实验与效应分析[J].环境科学学报,2010,30(1):15-23.
- [17] 宋莉英,柯展鸿,孙兰兰,等.模拟酸雨对3种菊科入侵植物光合特性的影响[J].植物学报,2013(2):160-167.
- [18] 高松,苏培玺,严巧娣,等.C<sub>4</sub>荒漠植物猪毛菜与木本猪毛菜的叶片解剖结构及光合生理特征[J].植物生态学报,2009,33:347-354.
- [19] 张治安,杨福,陈展宇,等.菰叶片净光合速率日变化及其与环境因子的相互关系[J].中国农业科学,2006,39(3):502-509.
- [20] 卫新菊,贾志宽,韩清芳,等.施肥对紫花苜蓿分枝期光合特性的影响[J].中国农学通报,2006,22(12):77-83.
- [21] Maslenkova L T, Zanev Y t, Popova L P. Adaptation to salinity as monitored by PSII oxygen evolving reactions in barley thylakoids[J]. Plant Physiology,1993,42:629-634.
- [22] Ueda Y, Nishihara S, Tomita H, et al. Photosynthetic response of Japanese rose species *Rosa bracteata* and *Rosa rugosa* to temperature and light[J]. Scientia Horticulturae,2000,84:365-371.
- [23] Walck J L, Baskin J M, Baskin C C. Relative competitive abilities and growth characteristics of a narrowly endemic and a geographically widespread *Solidago* species (Asteraceae)[J]. American Journal of Botany,1999,86:820-828.

- [70] Kerchev P I, Fenton B, Foyer C H, et al. Plant responses to insect herbivory: interactions between photosynthesis, reactive oxygen species and hormonal signalling pathways[J]. *Plant Cell Environment*, 2012, 35(2): 441-453.

## Effects of Photosynthesis by Pests and Diseases: a Review

ZHANG Baocheng<sup>1a</sup>, BAI Yanfen<sup>1b</sup>, CHEN Ji<sup>2</sup>

(1. a. College of Resources & Environmental Science; b. School of Public Policy and Management of ZunYi Normal University, Zunyi 563002 Guizhou China; 2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Science, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** Owing to climate change and human activities in commercial transportation and tourism, distribution of and outbreak frequency of pests and diseases was increased, which caused huge economic losses to our society. Effects of pests and diseases on plant photosynthesis is mainly in two aspects: on the one hand through the ingestion of the plant light and organs, reduced the photosynthetic capacity of plants. On the other hand, pests and diseases by affecting the photosynthesis of plant physiological effects of plant. Photosynthesis is a key way sinking CO<sub>2</sub> in terrestrial ecosystems, likewise, it is influencing grain production. Pests and diseases lead to tissue lesions/damaged of plant regulating photosynthesis. Therefore, this paper reviews photosynthetic physiology and photosynthesis in plants under pests and diseases, and then explored the focus of future researches.

**Keywords:** plant physiology; stomatal conductance; photosynthetic pigments; photosynthetic system; electron transport

(上接第 118 页)

- [24] Maria E, Alvarez, Cushman J H. Community-level consequences of a plant invasion: effects on three habitats in coastal California[J]. *Ecological Applications*, 2002, 12(5): 1434-1444.

## Effects on Photosynthetic Physiological Characteristics of *Solidago Canadensis* Under Acid Rain or Shading Stress

WANG Zijian, ZHU Xin, GAO Song

(School of Life Science, Taizhou University, Taizhou 318000, China)

**Abstract:** We studied on the photosynthetic characters of *Solidago Canadensis*, such as net photosynthetic rate, transpiration rate, and water use efficiency, under 3 shading treatment of full light (control group), 33% shading (light transmittance was about (66 ± 10)%) and 66% shading (light transmittance was about (33 ± 5)%); and under acid rain gradient, which pH values were 3.5, 4.5, 5.5 and the control group (pH was about 6.5). The results showed that: 1. Its photosynthetic rates continued to decrease with the increasing of acid rain solution acidity, and there were significant difference among groups; 2. its transpiration rate continued to reduce with the increasing of acidity, too; 3. its water use efficiency significantly increased in pH 4.5, showed strong tolerant ability to acid rain; 4. its transpiration rates under full light was significantly higher than the other two.

**Keywords:** stress; net photosynthetic rate; transpiration rate; tolerant ability