

645 nm 分别测定 OD 值, 计算叶绿素含量^[1]。所有指标均重复测定 3 次, 其结果以平均值 \pm 标准误差表示。

2 结果分析与讨论

2.1 高湿弱光对葡萄光合作用的影响

处理期间, 与对照比较, 处理 I 和处理 II Pn 皆下降, 处理 II 下降尤其明显, 至 5 月 30 日, 处理 I 下降了 23.5%, 处理 II 下降了 67.0%。同时 Gs 和 Ci 也下降, 至 5 月 30 日, 处理 I Gs 下降 24.2%, 处理 II 下降 65.7%; 处理 I Ci 下降 21.7%, 处理 II 下降 47.5%。恢复正常条件生长 20 d 后, 处理 I Pn、Gs 和 Ci 都较大幅度上升, 且基本上恢复到对照水平, 处理 II Pn、Gs 和 Ci 也上升, 但与对照差异仍较明显 (图 1)。Pn 与 Gs 和 Ci 呈显著的正相关, 相关系数分别为 0.9771、0.9151。在本试验条件下, 由于大气湿度高和盖遮阳网, 直射光和散射光减少, 甚至可能使部分气孔关闭, 直接影响光合作用; 较高的大气湿度还可能使气体的交换受阻, Ci 和 Gs 下降, 最终导致光合速率下降。

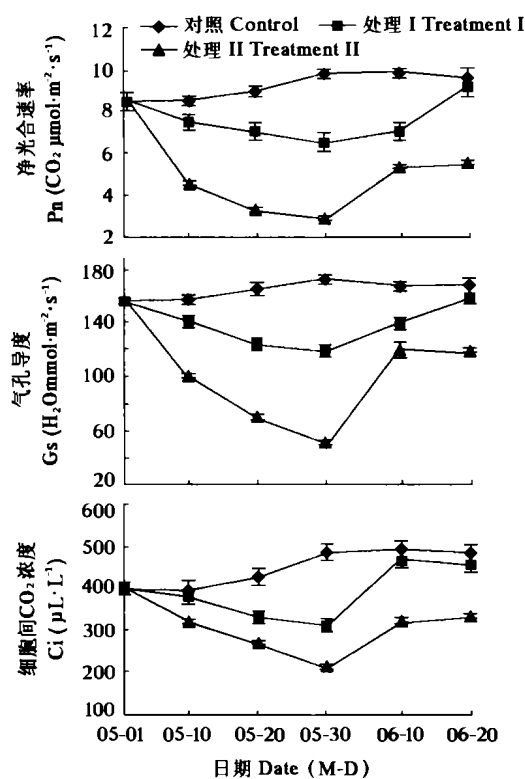


图 1 高湿弱光处理对葡萄光合特性的影响

Fig. 1 Effects of high humidity under low light on photosynthesis characteristics

处理期间, 与对照比较, 处理 I 与处理 II 叶绿素 a 含量、叶绿素 a/b 分别下降 48.3%、59.1% 和 18.9%、8.5%; 处理 10 d 后, 处理 I 和处理 II 的叶绿素 b 含量略高于对照, 至 5 月 30 日, 处理 II 叶绿素 b 含量低于对照 55.3%, 处理 I 下降趋势较缓慢; 处理 I 叶绿素 a 和叶绿素 a/b 恢复生长 20 d 后、叶绿素 b 恢复生长 10 d 后与对照差异不明显, 处理 II 恢复生长 10 d 后虽然叶绿素 a 与叶绿素 b 含量、叶绿素 a/b 略有上升, 但 20 d 后仍维持较低的水平, 并低于对照 33.3%、29.2% 和 6.1% (表 1)。高湿弱光直接影响叶绿素总量及叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值。在处理 I 条件下, 葡萄叶片表现出阴生叶的特点, 利用散射光的能力增强, 保持了较高的光合速率; 当恢复正常生长条件时, 叶片能逐

表 1 高湿弱光处理对叶绿素含量的影响

Table 1 Chlorophyll content as influence by high

| | | humidity under low light | | |
|-----------|------------|--|--------------|-------------------|
| | | ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FM}$) | | |
| 处理 | 日期 | 叶绿素 a | 叶绿素 b | 叶绿素 a/b |
| Treatment | Date (M-D) | Chl. a | Chl. b | Chl. a/b |
| 对照 | 05-01 | 113 \pm 6 a | 37 \pm 1 a | 3.00 \pm 0.02 a |
| | 05-10 | 117 \pm 8 a | 38 \pm 2 a | 3.08 \pm 0.02 a |
| | 05-20 | 122 \pm 7 a | 40 \pm 1 a | 3.05 \pm 0.02 a |
| | 05-30 | 149 \pm 7 a | 47 \pm 2 a | 3.17 \pm 0.02 a |
| | 06-10 | 148 \pm 4 a | 45 \pm 1 a | 3.28 \pm 0.02 a |
| | 06-20 | 150 \pm 5 a | 48 \pm 3 a | 3.13 \pm 0.02 a |
| I | 05-01 | 113 \pm 6 a | 37 \pm 2 a | 3.05 \pm 0.01 a |
| | 05-10 | 94 \pm 4 b | 39 \pm 1 a | 2.41 \pm 0.01 b |
| | 05-20 | 86 \pm 5 b | 34 \pm 2 a | 2.53 \pm 0.01 b |
| | 05-30 | 77 \pm 3 b | 30 \pm 2 b | 2.57 \pm 0.01 b |
| | 06-10 | 121 \pm 4 b | 41 \pm 2 a | 2.95 \pm 0.02 b |
| | 06-20 | 145 \pm 3 a | 46 \pm 2 a | 3.18 \pm 0.01 a |
| II | 05-01 | 113 \pm 6 a | 37 \pm 4 a | 3.05 \pm 0.02 a |
| | 05-10 | 89 \pm 6 b | 42 \pm 2 a | 2.12 \pm 0.02 b |
| | 05-20 | 65 \pm 4 c | 23 \pm 1 b | 2.83 \pm 0.02 b |
| | 05-30 | 61 \pm 2 c | 21 \pm 1 c | 2.90 \pm 0.01 b |
| | 06-10 | 98 \pm 2 c | 33 \pm 2 b | 2.97 \pm 0.01 b |
| | 06-20 | 100 \pm 4 b | 34 \pm 1 b | 2.94 \pm 0.01 b |

注: 同列内相同字母表示经邓肯氏新复极差法检验在 0.05 水平上差异不明显。

Note: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

步恢复阳生叶的特点。但遭遇严重的高湿弱光胁迫(如处理Ⅱ), 葡萄叶片光合色素总量已经低于某个阈值, 捕获直射光和散射光的能力下降, 光合速率很低, 当恢复正常生长条件时叶片也很难恢复到正常的光合能力, 所以认为处理Ⅱ已经导致叶片早衰, 光合机构遭遇一定的破坏。

2.2 高湿弱光对葡萄叶片总蛋白与 RubisCO 含量的影响

高湿弱光处理后, RubisCO 含量皆有不同程度的下降, 其中处理Ⅰ下降 27.5%, 处理Ⅱ下降 60.0%, 与 Pn 变化趋势基本相同; 恢复正常生长条件后, 处理Ⅰ、处理Ⅱ叶片内 RubisCO 含量都开始上升, 恢复 20 d 后处理Ⅰ与对照相差明显, 但处理Ⅱ差异仍较明显(图 2)。叶片光合速率与 RubisCO 含量呈显著的正相关, 相关系数为 0.9101。据此可认为非气孔因素对光合速率的下降也起一定的作用。无论是处理Ⅰ或是处理Ⅱ, 处理期间 Ci 并未升高反而下降, 说明高湿弱光胁迫后 RubisCO 的羧化反应和氧合反应都受到了限制^[1]。一层遮阳网覆盖、空气相对湿度 75%~85% 胁迫后 RubisCO 的含量和 Pn 能基本得到恢复, 表明 RubisCO 结构或活性未受到破坏; 而两层遮阳网覆盖、空气相对湿度 90%~100% 时胁迫, RubisCO 含量和 Pn 未能得到恢复, 可能叶片早衰后 RubisCO 结构或活性同时受到破坏, 由此认为 RubisCO 含量是葡萄光合速率的限制因素。我国南方保温式大棚栽培葡萄的环境调控中应尽量避免较长时间的过高的湿度与过低的光照, 以免造成植株永久性的伤害。

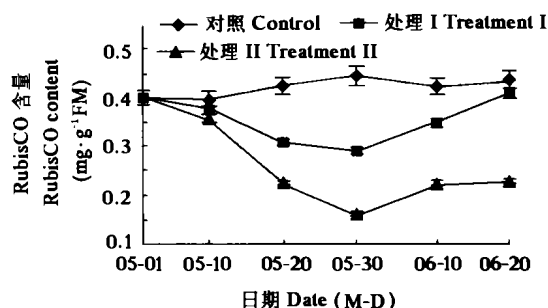


图 2 处理期间叶片 RubisCO 含量的变化

Fig. 2 Changes in RubisCO content in leaves during treatment

参考文献:

- 1 Jiang D A, Xu Y F. Diurnal changes of photosynthetic rate, stomatal conductance and Rubisco in rice leaf. *Acta phytophysiol. Sin.*, 1996, 22 (1): 94~100
- 2 张振贤, 艾希珍, 邹琦, 等. 生姜光合效率日变化的研究. *园艺学报*, 2000, 27 (2): 107~111
- 3 陆晓蕾, 蒋健箴, 王志源, 等. 弱光对甜椒不同品种光合特性的影响. *园艺学报*, 1999, 26 (5): 320~325

Effects of High Humidity under Low Light Intensity on Some Photosynthetic Characteristics in Grapevine Leaves

Wu Yueyan

(Departments of Life Science, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315101, China)

Abstract: The results of research shows that the net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), intracellular concentration of CO₂ (Ci), Chl.a and Chl.b content, Chl.a/b and RubisCO content in grape leaves are decreased under high humidity and low light intensity. Both stomatal conductance (Gs), intracellular concentration of CO₂ (Ci) and RubisCO content are significantly positive correlation with the net photosynthetic rate (Pn) ($r=0.9772$, $r=0.9151$, $r=0.9101$). During the recovery, under slightly high humidity in combination with low light intensity, Pn, Ci, Gs and RubisCO content almost reach their values similar to the contrast level respectively. Using higher humidity in combination with lower light intensity, their values could not be recovered.

Key words: Grape; High humidity under low light; Photosynthesis; RubisCO content