

阴雨环境中葡萄的某些光合生理特性

吴月燕¹ 汪财生¹ 吴秋峰²

(¹浙江万里学院生物与环境学院, 宁波 315100; ²兰溪市林业局, 兰溪 321100)

摘要:以2年生盆栽‘美人指’葡萄为试材,研究了阴雨环境中叶片光合作用及低渗条件下离体完整叶绿体的生理特性。结果表明:连续阴雨环境使葡萄叶片净光合速率下降,转晴后净光合速率上升。叶片净光合速率的变化与水势、气孔阻力和乙醇酸氧化酶活性呈负相关 ($r = -0.96109$, $r = -0.95609$, $r = -0.94613$)。在山梨醇 $0.18 \sim 0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内,渗透压下降,叶绿体被膜的完整率下降不明显,但叶绿体体积明显膨大,叶绿体类囊体膜磷酸酯酶活性下降,表明阴雨环境中葡萄叶片光合效率下降与叶绿体体积膨大和叶绿体类囊体膜磷酸酯酶活性下降有关。当渗透压恢复至正常水平时叶绿体体积也基本恢复至正常水平,这是转晴后净光合作用上升的原因之一。

关键词:葡萄; 光合特性; 叶绿体

中图分类号: S 663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 03-0387-05

Some Photosynthetic and Physiological Characteristics in Grapevine under Overcast and Rainy Days

Wu Yueyan¹, Wang Caisheng¹, and Wu Qiufeng²

(¹ College of Biology and Environment, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China; ² Forestry Bureau of Lanxi County, Lanxi 321100, China)

Abstract: The potted grape vines of ‘Manicure Finger’ (*Vitis vinifera* L.) were used for studying the photosynthesis under overcast and rainy days and the physiological characteristics of isolated intact chloroplasts under hypotonic swelling. The results of research showed that the net photosynthetic rate decreased under overcast and rainy days and that would increase when it was cleared up. Both water potential (ψ_w) and stomatal resistance (R_s) and glycolate oxidase activity negatively correlated with the net photosynthetic rate (P_n) ($r = -0.96109$, $r = -0.95609$, $r = -0.94613$). When the osmotic pressure of the medium was decreased by lowering sorbitol concentration from $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ to $0.18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, the percentage of intact chloroplasts decreased slightly but the volume of chloroplasts swelled obviously and the activity of phosphatase was strongly decreased. The swelling of chloroplast and the decreasing of the activity of phosphatase were significantly inhibited the photosynthesis of grapes in the overcast and rainy days. The volume of chloroplasts would restored to normal when the osmotic pressure of the medium was becoming to normal. It was the one of the reasons for the photosynthesis increasing after the rain.

Key words: Grape; Photosynthetic characteristics; Chloroplast

我国南方上半年多阴雨,葡萄枝梢易徒长,花芽质量差,产量往往下降。虽然许多研究者认为阴雨环境中弱光和多余的水分将导致植物光合作用下降,但目前国内外对阴雨环境中葡萄的光合生理研究不多。叶济宇等通过在低渗条件下对菠菜完整叶绿体光合作用的研究,认为低渗膨胀对叶绿体光合作用的抑制与Fd-NADP氧化还原酶作用受阻有关^[1]。也有研究认为,低渗条件下,叶绿体体积膨胀使碳同化有关的酶系统和代谢物质稀释而导致叶绿体中 CO_2 同化的抑制^[2]。作者通过对阴雨环境中葡萄光合特性的观测以及对低渗膨胀条件下离体叶绿体生理特性研究,分析葡萄叶片在雨淋状态下光

收稿日期: 2004-08-11; 修回日期: 2004-12-17

基金项目: 宁波市青年(博士)基金资助项目(02J20102-16)

合作用下降的原因,以期对多雨地区葡萄栽培的管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 叶片水势、气孔阻力和净光合速率的测定

试验于 2003 年 6 月 17 日~7 月 4 日在浙江万里学院进行。6 月 17~20 日连续 4 d 晴天,6 月 21~30 日连续 9 d 阴雨天,7 月 1~4 日连续 4 d 晴天。选用 2 年生欧亚种葡萄 (*Vitis vinifera* L.) ‘美人指’ (Manicure Finger) 为试材,露地盆栽,共 18 盆,盆土 12 kg,粘质壤土。植株生长健壮,生长期每株留 4 根新梢,每根新梢长至 12 芽摘心,顶端留 2 根副梢,每根副梢留 2 叶摘心,去除所有花穗。每天上午 10 时,采枝梢 6~8 节成熟健康的叶片。叶片在饱和光强下完成光诱导后,在 25℃, CO_2 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和光强 850 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下用 BAU 便携式光合仪 (中国农业大学) 测定光合速率和气孔阻力;用 3000-1412 型压力室 (美国 SEC 公司) 测定叶片水势^[3]。所有数据重复 3 次。

1.2 乙醇酸氧化酶和叶绿体类囊体膜磷酸酯酶活性的测定

乙醇酸氧化酶活性采用盐酸苯胍—铁氰化钾比色法测定^[3]。用硫酸铵沉淀不同介质渗透压下的叶绿体类囊体膜磷酸酯酶并提取和测定其活性^[3]。所有指标均重复测定 3 次。

1.3 完整叶绿体的制备与测定

完整叶绿体的制备参照文献 [3] 略加修改。预备试验表明,葡萄离体叶绿体在 0.9 MPa 左右的渗透压 (介质中含山梨醇 0.33 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 能保持较高的光合作用。晴天早晨摘取成熟健壮的叶片,在 400 W 白炽灯下水层隔热预照 30 min,用以激活叶绿体。叶片去除叶柄及中脉后,加入制备液 (含山梨醇 0.33 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; MgCl_2 2 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; EDTA 2 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; NaCl 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; KH_2PO_4 0.5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; MES 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 6.1)。100 g 叶片加 200 mL 制备液,用捣碎机破碎,约 1~2 s 1 次,间隔地捣碎 2~3 次,使叶片碎成绿豆样大小。经过 8 层纱布过滤,去除残渣,滤液以 2 000 $\times g$ 离心 1 min,所得沉淀先用少量制备液荡洗一下,去除表面破碎的叶绿体,再将沉淀悬浮于上述制备液 (MES 为 HEPES 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 7.6),叶绿体浓度约为 1.5 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。所得到被膜完整率在 70% 左右。

叶绿体被膜完整率用铁氰化钾方法^[3]测定。用 Vis-723 分光光度计测定被膜涨破叶绿体和完整叶绿体的 Hill 反应速率。被膜未破叶绿体的 Hill 反应速率测定:将 Hill 反应液 [含 Tris-HCl 0.05 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (pH 7.6), MgCl_2 5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, NaCl 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, NH_4Cl 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$], 先以 1:1 体积与不同浓度的山梨醇混合,再加叶绿体,各取 3 mL,分别加入 2 个比色杯 (一个样品,一个对照) 进行隔热照光 1 min,在 540 nm 处测定光密度值。被膜破碎叶绿体的 Hill 反应速率测定:先与不含山梨醇的 Hill 反应液混合,使被膜在低渗介质下涨破,再与等体积不同浓度的山梨醇混合,在相同条件下测定 Hill 反应速率。计算不同山梨醇浓度下被膜完整率。

用 Vis-723 分光光度计在 540 nm 处测定不同介质渗透压下叶绿体悬浮液的光吸收变化^[3],以 OD_{540} 值表示叶绿体体积的变化。

2 结果与分析

2.1 雨天和晴天光合作用、水分生理的变化

从表 1 可以看到,6 月 17~20 日连续 4 d 晴天,叶片维持较高的净光合速率,6 月 21~30 日连续出现降雨天气,其中 24 日雨量较大,叶片净光合速率下降,6 月 30 日后天气转晴,7 月 1~4 日连续 4 d 晴天,叶片净光合速率上升,7 月 3、4 日与 6 月 21 日前无明显区别。由此可见,雨淋后叶片光合速率下降,雨转晴后叶片光合作用逐渐恢复,3 d 后基本恢复到正常水平。叶片净光合速率的变化与水势、气孔阻力和乙醇酸氧化酶活性呈负相关 ($r = -0.96109$, $r = -0.95609$, $r = -0.94613$)。

2.2 低渗透胁迫对离体叶绿体的影响

2.2.1 叶绿体体积 通过调节山梨醇浓度调节介质渗透压。介质渗透压降低，叶绿体膨涨，体积增大，540 nm 处的光吸收下降（即 OD_{540} 减小）^[1]。试验表明，随着介质浓度下降，叶绿体悬浮液在 540 nm 处光吸收下降。当山梨醇浓度为 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时， OD_{540} 值仅为 0.02，比山梨醇浓度 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ （渗透压约为 0.9 MPa）时的 OD_{540} 值下降 91.9%（图 1）。将低山梨醇浓度的溶液全部提高为 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，在 $0.18 \sim 0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内， OD_{540} 值可基本恢复至山梨醇浓度为 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液的水平（图 2）。表明在一定的范围内，溶液中介质渗透压的降低引起叶绿体膨胀，如果渗透压恢复，叶绿体体积基本能恢复原来的水平，这与叶济宇等^[1]在菠菜上的研究结果相似。但山梨醇浓度在 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下时， OD_{540} 值较难恢复至较高的水平，可能在较低的介质浓度下，叶绿体破坏比较严重。

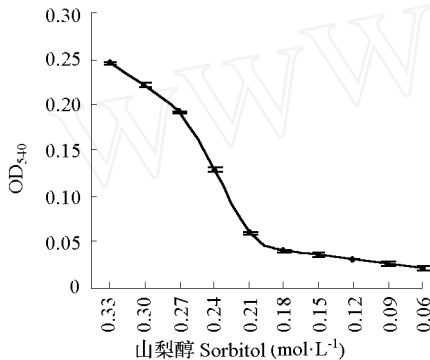


图 1 介质渗透压对完整叶绿体光吸收的变化

Fig 1 Variation of osmotic pressure of the medium on the light-dependent of intact chloroplasts

表 1 不同气候条件下葡萄叶片光合特性的变化
Table 1 The variation of physiological characteristics under different climate

| 时间 (月-日) Date (M-D) | 水势 ψ_w (-MPa) | 气孔阻力 R_s (s·m ⁻¹) | 乙醇酸氧化酶活性 $GO(0.01 \text{ oxidase} \cdot \text{OD}_{550} \text{ mg}^{-1} \text{ protein} \cdot \text{min}^{-1})$ | 净光合速率 $P_n(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$ |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|---|
| 06-17 | 6.8 ± 0.3 | 1.4 ± 0.1 | 16.8 ± 0.3 | 37 ± 1.0 |
| 06-18 | 6.4 ± 0.1 | 1.5 ± 0.1 | 16.5 ± 0.4 | 36 ± 1.2 |
| 06-19 | 6.9 ± 0.3 | 1.3 ± 0.2 | 16.7 ± 0.2 | 38 ± 1.5 |
| 06-20 | 7.2 ± 0.2 | 1.3 ± 0.1 | 16.5 ± 0.3 | 40 ± 1.6 |
| 06-21 | 4.3 ± 0.2 | 2.3 ± 0.1 | 21.2 ± 0.3 | 22 ± 1.2 |
| 06-22 | 4.2 ± 0.2 | 2.3 ± 0.2 | 23.1 ± 0.1 | 20 ± 1.3 |
| 06-23 | 4.5 ± 0.1 | 2.2 ± 0.1 | 20.8 ± 0.2 | 26 ± 1.7 |
| 06-24 | 3.5 ± 0.2 | 2.9 ± 0.2 | 25.4 ± 0.4 | 14 ± 1.1 |
| 06-25 | 3.7 ± 0.3 | 2.6 ± 0.2 | 24.1 ± 0.3 | 18 ± 1.1 |
| 06-27 | 3.9 ± 0.1 | 2.7 ± 0.1 | 24.0 ± 0.2 | 18 ± 1.2 |
| 06-28 | 4.1 ± 0.3 | 2.6 ± 0.1 | 22.4 ± 0.2 | 20 ± 1.1 |
| 06-29 | 3.9 ± 0.1 | 2.4 ± 0.1 | 20.4 ± 0.4 | 19 ± 1.3 |
| 06-30 | 4.2 ± 0.2 | 2.2 ± 0.2 | 19.8 ± 0.2 | 22 ± 1.4 |
| 07-01 | 4.5 ± 0.2 | 2.1 ± 0.1 | 17.9 ± 0.3 | 30 ± 1.6 |
| 07-02 | 5.8 ± 0.1 | 1.9 ± 0.1 | 17.7 ± 0.4 | 32 ± 1.4 |
| 07-03 | 5.9 ± 0.2 | 1.8 ± 0.1 | 17.5 ± 0.2 | 34 ± 1.3 |
| 07-04 | 6.1 ± 0.3 | 1.6 ± 0.1 | 17.1 ± 0.3 | 36 ± 1.2 |

表中数据为平均值 ± 标准差。 Average ± SE sure

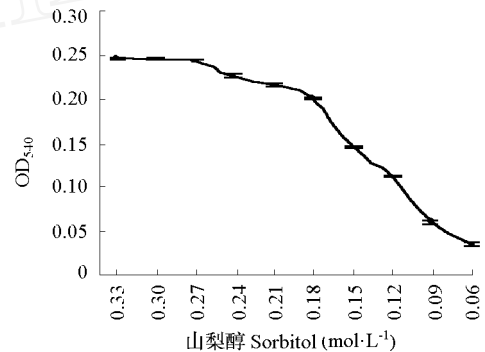


图 2 介质渗透压恢复后完整叶绿体光吸收的变化

Fig 2 Variation after osmotic pressure of the medium coming to normal on the light-dependent of intact chloroplasts

2.2.2 叶绿体被膜完整率 当溶液中山梨醇浓度从 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 下降为 $0.18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，叶绿体被膜完整率下降了 16% 左右；至 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时下降较明显，至 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时被膜完整率为仅 16%，下降 59% 左右（图 3）。这表明 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 下降至 $0.18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时渗透压下降，叶绿体膜涨破不明显，但介质浓度降至 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下时，叶绿体膜涨破明显。

2.2.3 叶绿体类囊体膜磷酸酯酶活性 正常渗透压下，叶绿体类囊体膜磷酸酯酶具较高的活性，随着渗透压的下降，其活性下降，山梨醇浓度降至 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，其活性下降 62.6%。当介质浓度恢复至 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，除了 $0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.27 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 两种浓度叶绿体类囊体膜磷

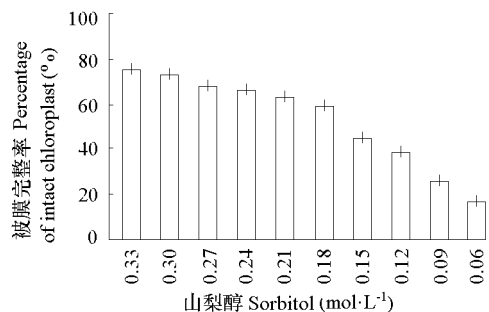


图 3 渗透压降低对葡萄叶绿体被膜完整率的影响

Fig 3 Effect of decreasing osmotic pressure on the envelope intactness in grapevine chloroplasts

酸酯酶活性基本恢复正常外, 其余都不能恢复至正常水平 (表 2)。表明低渗下叶绿体的能量代谢、代谢调节甚至信息传递都有可能受到阻碍^[4]。

3 结论与讨论

影响光合效率的主要外界因子有光照、CO₂ 浓度、O₂、水分和矿质营养等。本试验结果表明, 阴雨环境中除了弱光等原因外, 葡萄叶片水势偏高, 气孔阻力大, 叶肉细胞膨胀, 气体交换受阻^[7], 是引起光合效率降低的主要原因之一。乙醇酸氧化酶主要参与光呼吸, 其活性的大小可作为衡量光呼吸大小的指标, 近几年国内外学者对乙醇酸氧化酶的研究较多^[5,6]。试验中乙醇酸氧化酶的活性增加, 表明光呼吸增强。光呼吸虽然是一种耗能过程, 但光呼吸具有特殊的减轻光抑制作用^[6,7]。阴雨环境中叶片气孔阻力大, 乙醇酸氧化酶活性增加, 光呼吸释放的 CO₂ 可能被 C₃ 途径再利用, 以维持 C₃ 途径的运转, 减轻葡萄叶片的光抑制。

通过离体叶绿体试验表明, 在一定的渗透压范围内, 低渗胁迫后叶绿体体积增大, 当渗透压恢复至正常水平时叶绿体体积也恢复至正常水平; 叶肉细胞渗透压虽然下降, 但叶绿体被膜完整率下降不明显, 表明叶绿体结构并未破坏。阴雨环境中叶片水势较高, 叶肉细胞一般处于低渗状态, 不利于光合作用。试验中发现, 随着天气转晴, 叶片水势下降, 光合效率提高, 表明阴雨环境并未导致叶绿体结构的破坏, 雨淋条件下葡萄叶片光合效率下降与叶绿体体积膨大有关。

叶绿体类囊体膜磷酸酯酶参与植物的光合作用, 它的活性与信号转导、激素调节、有丝分裂和碳氮代谢有关系^[4,9,10]。前人对该酶已经作了许多研究, 如光系统 (PS) 蛋白的可逆磷酸化参与了对光合作用的调节^[11], PS 蛋白磷酸化和去磷酸化需要蛋白激酶和蛋白磷酸酯酶的分别参与^[12]等。叶绿体类囊体膜磷酸酯酶的活性与光、温度和细胞间质 pH、抑制剂、二价阳离子等有关^[8]。本试验发现, 随着介质浓度下降, 叶绿体类囊体膜磷酸酯酶的活性下降, 可能与叶绿体体积膨胀后某些抑制剂或某些二价阳离子等浓度或活性变化有关, 也可能与光照强度下降有关, 这有待于进一步研究。除轻度低渗胁迫 (如试验中山梨醇浓度 0.30 ~ 0.27 mol · L⁻¹) 后恢复至正常水平, 酶活性有所提高, 但并未与叶绿体体积一样基本恢复至正常水平。由于本试验过程中阴雨天气维持的时间不长, 所以阴雨转晴光合效率基本恢复, 但如果维持长期阴雨天气, 转晴后葡萄可能由于叶绿体类囊体膜磷酸酯酶活性的下降光合效率不能恢复至正常水平。

光合性能是决定葡萄产量和品质的关键。在阴雨环境中, 应合理调控光、温、水、肥、气等, 尤其要改善光照和水分条件, 如采用避雨栽培、降低地下水位、合理的架式和整形修剪, 以最大限度地提高葡萄叶片的光合能力。

参考文献:

- 1 叶济宇, 李德耀, 沈允钢. 低渗膨胀对菠菜完整叶绿体光合作用的影响. 植物生理学报, 1995, 21 (1): 73 ~ 79
Ye J Y, Li D Y, Shen Y G. Effect of hypotonic swelling on photosynthesis in spinach intact chloroplasts. Acta Phytophysiologica Sinica, 1995, 21 (1): 73 ~ 79 (in Chinese)
- 2 Kaiser W M, Stepper W, Urbach W. Photosynthesis of isolated chloroplasts and protoplasts under osmotic stress 1. Reversible swelling of chloroplasts by hypotonic treatment, and its effects on photosynthesis. Planta, 1981, 151: 375 ~ 380

表 2 在不同浓度的介质下葡萄叶绿体类囊体膜磷酸酯酶活性

Table 2 The activity of phosphatase in chloroplast thylakoid membranes of grape under different concentration of sorbitol

| (NPP $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \text{protein} \cdot \text{min}^{-1}$) | | |
|--|------------------|------------------|
| 山梨醇 Sorbitol (mol · L ⁻¹) | A | B |
| 0.33 | 0.401 \pm 0.01 | 0.401 \pm 0.01 |
| 0.30 | 0.389 \pm 0.02 | 0.399 \pm 0.01 |
| 0.27 | 0.354 \pm 0.01 | 0.395 \pm 0.02 |
| 0.24 | 0.330 \pm 0.01 | 0.380 \pm 0.02 |
| 0.21 | 0.301 \pm 0.02 | 0.374 \pm 0.02 |
| 0.18 | 0.281 \pm 0.02 | 0.360 \pm 0.01 |
| 0.15 | 0.265 \pm 0.01 | 0.271 \pm 0.01 |
| 0.12 | 0.241 \pm 0.01 | 0.251 \pm 0.02 |
| 0.09 | 0.194 \pm 0.02 | 0.200 \pm 0.01 |
| 0.06 | 0.150 \pm 0.02 | 0.155 \pm 0.02 |

注: A: 不同浓度的介质下磷酸酯酶的活性; B: 介质浓度恢复至 0.33 mol · L⁻¹ 后磷酸酯酶的活性。

Note: A. Activity of phosphatase under different sorbitol concentration; B. Activity of phosphatase after the sorbitol concentration coming back to the 0.33 mol · L⁻¹.

- 3 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会编. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999. 2~3, 55~56, 92~93, 249~250
Shanghai Institute of Plant Physiology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai Society of Plant Physiology. Guide of modern plant physiology experiment. Beijing: Scientific Press, 1999. 2~3, 55~56, 92~93, 249~250 (in Chinese)
- 4 申俊江, 王国强. 叶绿体类囊体膜蛋白质磷酸酯酶. 植物生理学通讯, 1998, 34 (4): 241~244
Shen J J, Wang G Q. Protein phosphatase of chloroplast thylakoid membrane. Plant Physiology Communications, 1998, 34 (4): 241~244 (in Chinese)
- 5 Stenberg K, Lindqvist Y. Three-dimensional structures of glycolate oxidase with bound active-site inhibitors. Protein Science, 1997, 6: 1009~1015
- 6 Stenberg K, Lindqvist Y. High level expression, purification and crystallization of recombinant spinach glycolate oxidase in Escherichia coli. Protein Expr and Purif, 1996, 8: 195~198
- 7 曾广文, 蒋德安. 植物生理学. 成都: 成都科技大学出版社, 1998. 22~106
Zeng G W, Jiang D A. Plant physiology. Chengdu: University of Science and Technology of Chengdu Press, 1998. 22~106 (in Chinese)
- 8 Tolbert N E. Microbodies-peroxisomes and glyoxysomes. Annu Rev Plant Physiol, 1971, 22: 45~74
- 9 Allen J F. Protein phosphorylation in regulation of photosynthesis. Biochim Biophys Acta, 1992, 1098: 275~33
- 10 Bennett J. Protein phosphorylation in green plant chloroplasts. Annu Rev Plant Physiol, 1991, 42: 281~311
- 11 Allen J F. Thylakoid protein phosphorylation, state 1-state 2 transitions, and photosystem stoichiometry adjustment: redox control at multiple levels of gene expression. Physiol Plant, 1995, 93: 196~205
- 12 Elich T D, Edelman M, Mattoo A K. Dephosphorylation of photosystem II core proteins is light-regulated in vivo. EMBO J., 1993, 12: 4857~4862

欢迎购阅下列新书

- | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 1-1 《英汉生物学词汇》(第二版) 99元 | 1-57 《微注射和转基因实验指南》66元 | 1-80 《耐盐植物研究》108元 |
| 1-7 《PCR技术实验指南》(译) 110元 | 1-58 《真核生物转录调控——概念、策略和方法》86元 | 1-81 《染色体带: 基因组的图型》32元 |
| 1-8 《植物生理与分子生物学》94元 | 1-59 《DNA与RNA基本操作技术》52元 | 1-82 《生物安全》68元 |
| 1-9 《汉英生物学词汇》106元 | 1-60 《蛋白质组学: 从序列到功能》50元 | 1-83 《生物芯片分析》100元 |
| 1-11 《蛋白质结构分析》(译) 46元 | 1-62 《植物基因工程》(第2版) 97元 | 1-84 《生物信息学: 方法与实践》47元 |
| 1-13 《蛋白质电泳实验技术》29元 | 1-63 《基因组》55元 | 1-85 《生物信息学中的计算机技术》(影印版) 56元 |
| 1-14 《分子遗传学》70元 | 1-64 《植物数量性状遗传体系》57元 | 1-86 《实用生物化学与分子生物学词典》86元 |
| 1-17 《植物分子遗传学》(第二版) 88元 | 1-65 《体外培养的原理与技术》165元 | 1-87 《数量遗传学》38元 |
| 1-22 《英汉化学化工词汇》(第四版) 110元 | 1-66 《PCR技术实验指南》(第二版) (影印版) 110元 | 1-88 《统计遗传学》67元 |
| 1-24 《精编分子生物学实验指南》(译) 123元 | 1-67 《RNA实验技术手册》75元 | 1-89 《探索基因组学、蛋白质组学和生物信息学》(附光盘) 67元 |
| 1-25 《植物分子生物学实验指南》(译) 52元 | 1-68 《蛋白质化学与蛋白质组学》85元 | 1-90 《现代细胞分子生物学技术》166元 |
| 1-26 《蛋白质纯化与鉴定实验指南》(译) 52元 | 1-69 《蛋白质与蛋白质组学实验指南》(影印版) 110元 | 1-91 《现代英汉生物工程词典》75元 |
| 1-27 《实用分子生物学方法手册》32元 | 1-70 《蛋白质组学: 理论与方法》53元 | 1-92 《植物成分功能》111元 |
| 1-31 《被子植物有性生殖图谱》96元 | 1-71 《分子酶学工程导论》56元 | 1-93 《植物分子育种》69元 |
| 1-32 《基因工程原理》(第二版) 上册 58元 | 1-72 《分子生物学实验室工作汉英图解指南》53元 | 1-94 《植物生物化学与分子生物学》(全彩色) 289元 |
| 1-33 《基因工程原理》(第二版) 下册 78元 | 1-73 《高级分子生物学要义》179元 | 1-95 《中国农作物及其野生近缘植物染色体图谱》203元 |
| 1-38 《植物生殖遗传学》30元 | 1-74 《高级植物分子生物学》85元 | 1-96 《中国园林花卉植物染色体图谱》251元 |
| 1-39 《蛋白质技术手册》33元 | 1-75 《基础生物化学》144元 | 1-97 《种子生理研究》124元 |
| 1-41 《英汉生物化学及分子生物学词典》88元 | 1-76 《基因及其表达》(第二版) 58元 | 1-98 《种子植物系统学》111元 |
| 1-43 《分子细胞生物学》78元 | 1-77 《进化生物技术-酶定向分子进化》45元 | 1-99 《种子植物形态解剖学导论》(第二版) 57元 |
| 1-44 《现代遗传学原理》77元 | 1-78 《景观生态学原理及应用》53元 | |
| 1-48 《细胞信号转导》(第三版) 55元 | 1-79 《抗体技术实验指南》46元 | |
| 1-50 《细胞实验指南》(译)(上、下) 244元 | | |
| 1-52 《分子克隆实验指南》(第三版) 187元 | | |
| 1-53 《生物信息学: 序列与基因组分析》82元 | | |
| 1-54 《生物化学技术原理及应用》(第三版) 45元 | | |
| 1-56 《分子生物学》89元 | | |

以上价格已含邮资。购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街12号《园艺学报》编辑部, 邮编: 100081。