

浮游植物分类荧光仪 PHYTO-PAM

操作应用指南

- ◆ 使用注意事项
- ◆ 简易操作流程
- ◆ 应用指导
- ◆ 软件操作指南
- ◆ 快速光曲线拟合方法
- ◆ 文献目录



泽泉科技有限公司

Zealquest Scientific Technology Co., Ltd



泽泉生态开放实验室

Zealquest Laboratory for Ecological Research

上海总部:	中江路 879 号天地软件园 28 幢 402-403 座 (200333)	电话: 021-51556112/3/4/5/6/7/8	传真: 021-51556111
北京分公司:	西三环北路 72 号世纪经贸大厦 2600 室 (100037)	电话: 010-88824075/76/77	传真: 转 605 分机
广州代表处:	天河区马赛国际公寓 C 栋 2213A (510632)	电话: 020-62819702, 62819932	传真: 转 806 分机
成都代表处:	人民南路一段 97 号现代之窗 1018 室 (610016)	电话: 028-86722096, 86719836	传真: 028-86721922
新疆代表处:	乌鲁木齐人民路 33 号瑞达国际大厦 1501 室 (830004)	电话: 0991-2328056	传真: 0991-2825296

<http://www.zealquest.com>

E-mail: sales@zealquest.com



PHYTO-PAM 使用注意事项

1. PHYTO-PAM 属于高级研究型仪器，仪器应轻拿轻放，操作前请仔细阅读操作指南。
2. 仪器应放置在防潮、防尘、通风、远离热源的地方。
3. 建议使用带过载保护功能的接线板连接仪器，以防止由于电压剧烈波动造成仪器烧坏。
4. 室内使用时可以一直连接外接电源；野外测量完后，应立即充满电；**仪器长期放置不用时，也应当每隔 3 个月充电一次。**
5. 当仪器内置电池的电压降到 11 V 附近时，会发出低电警报，此时应马上关机，然后连接交流电源充电。一块空电池充满电约需 12 小时。
6. 仪器所有接头都应在关机状态下插拔，**严禁在开机状态下插拔接头，严禁在开机状态下连接交流电源，严禁在开机状态下连接电脑！**
7. 激发-检测单元 PHYTO-ED 上的“红灯亮”表明检测器处于“关闭”状态，“绿灯亮”表明检测器处于“打开”状态。默认状态下红灯亮，测量时需手工打开检测器（绿灯亮）。**在打开样品盖时，一定要先按一下红色按钮等红灯亮后再打开样品盖！**
8. 安装完 PhytoWin 软件后，一定要将 Config 光盘里所有的文件拷贝到“桌面/PhytoPamFolder/Data_ED”下，才能正常运行软件。
9. PHYTO-ED 的发光二极管（LED）发出的光非常强，在打开饱和脉冲或打开较强的光化光时，请勿打开样品盖用肉眼直视光源，以防灼伤。
10. 如果样品有较强的本底荧光（黄色物质发出），建议利用微孔过滤器制作过滤水样，利用滤液做为空白消除本底荧光的影响。



简易操作流程

1. 检查仪器连接，连好后开机，并打开 PhytoWin 软件
2. 取出样品杯，放入样品 1-2 ml（每次体积应统一），盖上盖子后暗适应
3. 点击 Gain，调节最适信号强度
4. 在 Settings 窗中设置 Meas. Freq.为 2，切换到 Channels 窗，点击 SAT-Pulse，测量 Fv/Fm（此时的 Y 为 Fv/Fm）
5. 在 Settings 窗中设置 Meas. Freq.为 32，切换到 Channels 窗，点击 Chl[MF32]，测量叶绿素 a 浓度
6. 切换到 Light Curve 窗，点击 Start 测量光响应曲线
7. 换样品继续测量
8. 测量完成后，切换到 Report 窗，点击 File/Save Report，存储数据



浮游植物分类荧光仪 PHYTO-PAM 应用指导

泽泉生态开放实验室

浮游植物分类荧光仪 PHYTO-PAM 作为国际上第一台可根据浮游植物色素组成不同而对其进行分类的荧光仪,面世 16 年在国际科研和监测领域得到了广泛而成功的应用。PHYTO-PAM 的主要功能是:1) 根据藻类主要捕光色素对光谱的吸收不同,对自然水样中的蓝藻、绿藻、硅/甲藻自动分类(定性);2) 利用叶绿素荧光技术测量蓝藻、绿藻、硅/甲藻分别的叶绿素 a 浓度以及水样的总叶绿素 a 浓度(定量);3) 利用调制叶绿素荧光技术测量水样中蓝藻、绿藻、硅/甲藻的光合作用活性,包括藻细胞的“生长潜能”、藻细胞耐受强光的能力等(光合)。

为了协助广大用户更深入的了解 PHYTO-PAM,更好的发挥 PHYTO-PAM 的强大功能,泽泉生态开放实验室撰写了这份应用指导,希望对广大用户有所帮助。

1. PHYTO-PAM 使用注意事项

- ◆ PHYTO-PAM 属于高级研究型仪器,仪器应轻拿轻放,操作前请仔细阅读操作指南。
- ◆ 仪器应放置在防潮、防尘、通风、远离热源的地方。
- ◆ 强烈建议实验室配置电源稳压器,并使用带过载保护功能的接线板连接仪器,以防止由于电压剧烈波动造成仪器烧坏。
- ◆ 室内使用时可以一直连接外接电源;野外测量完后,应立即充满电;仪器长期放置不用时,也应当每隔 3 个月充电一次。
- ◆ 当仪器内置电池的电压降到 11 V 附近时,会发出低电警报,此时应马上关机,然后连接交流电源充电。一块空电池充满电约需 12 小时。
- ◆ 仪器所有接头都应在关机状态下插拔,严禁在开机状态下插拔接头,严禁在开机状态下连接交流电源,严禁在开机状态下连接电脑!
- ◆ 激发-检测单元 PHYTO-ED 上的“红灯亮”表明检测器处于“关闭”状态,“绿灯亮”表明检测器处



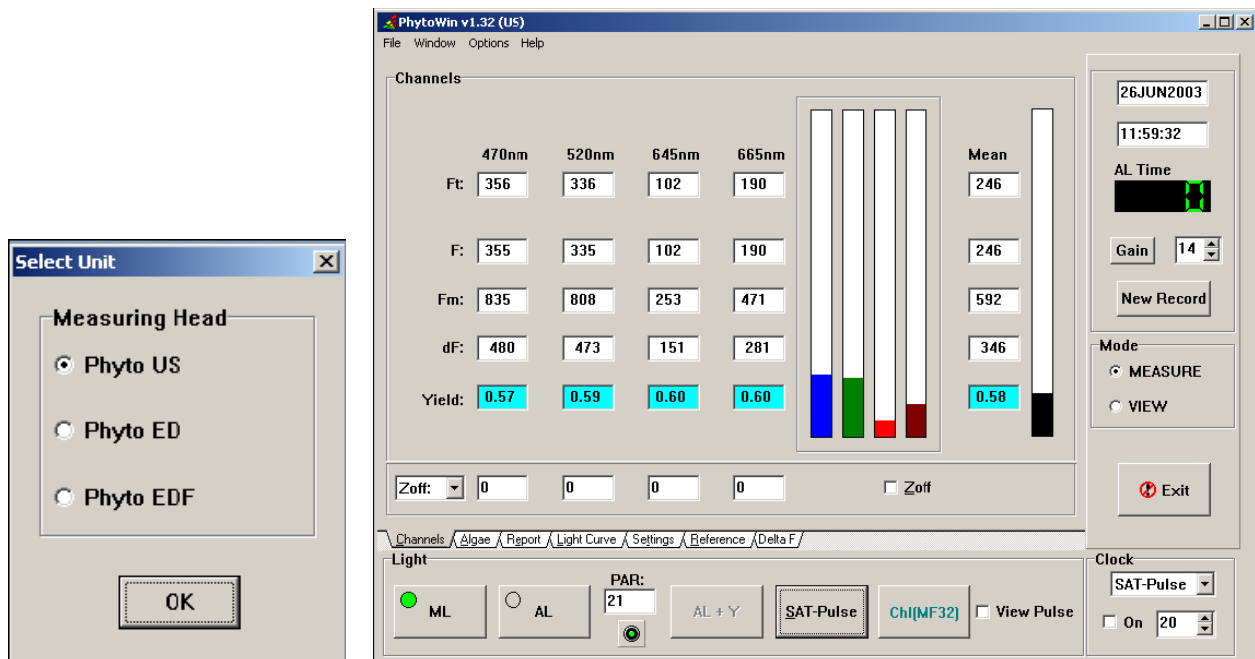
于“打开”状态。默认状态下红灯亮，测量时需手工打开检测器（绿灯亮）。在打开样品盖时，一定要先按一下红色按钮等红灯亮后再打开样品盖！

- ◆ 安装完 PhytoWin 软件后，一定要将 Config 光盘里所有的文件拷贝到“桌面/PhytoPamFolder/Data_ED”下，才能正常运行软件。
- ◆ PHYTO-ED 的发光二极管（LED）发出的光非常强，在打开饱和脉冲或打开较强的光化光时，请勿打开样品盖用肉眼直视光源，以防灼伤。
- ◆ 如果样品有较强的本底荧光（黄色物质发出），建议利用微孔过滤器制作过滤水样，利用滤液做为空白消除本底荧光的影响。

2. PHYTO-PAM 基本测量流程

2.1 开机

检查仪器连接，连好后开机，并打开 PhytoWin 软件，选择测量头（绝大多数用户都是选购的 PHYTO-ED 测量头，选中 PHYTO-ED 后点击 OK 即可进入测量界面。

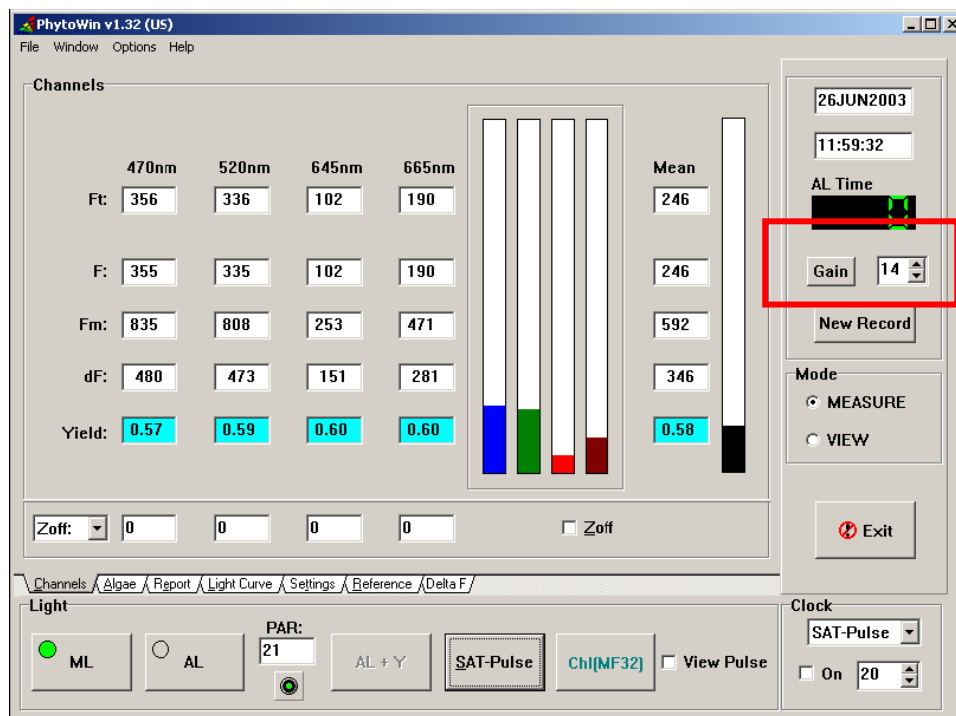




2.2 加入样品

首先按一下 PHYTO-ED 上的红色按钮，确保红灯亮。此时仪器检测器关闭，可以打开样品室的盖子更换样品。取出样品杯，用移液器加入 2 ml 样品（检查样品杯外部是否干净，没有水滴？）。将样品杯放入样品室中，盖上盖子，并按绿色按钮（绿灯亮）打开检测器。

尽快用鼠标点击软件界面上的“Gain”按钮（下图中红框区），仪器会通过自动调节 Gain 的高低（注意观察 Gain 的数值在变化）来合理放大信号，保证最佳检测质量。当 Gain 降到 1，软件仍提示信号饱和时，需要对样品进行稀释。



注意:

- ◆ 如果水中的溶解态有机质过多，则它们发出的荧光可能会干扰测量结果。为避免这种影响，可以用做一个过滤水样，拿过滤掉藻细胞后的滤液作为样品，通过点击上图中的 Zoff 按钮来消除噪音。
- ◆ 当水样的叶绿素浓度高于 300 $\mu\text{g/L}$ 时，叶绿素分子对荧光的“重吸收”会干扰测量结果。为避免这种影响，当测量出的叶绿素含量高于 300 $\mu\text{g/L}$ 时，请对样品稀释后重新测量。

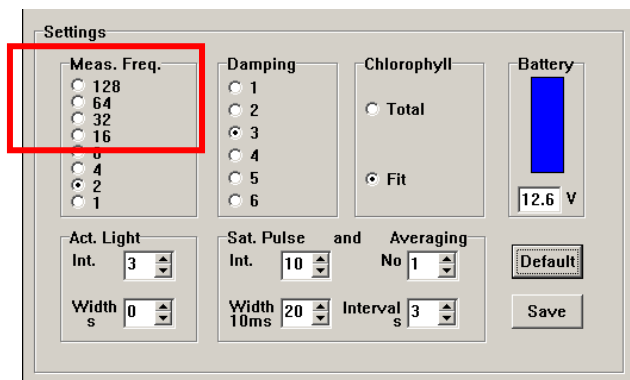


2.3 测量

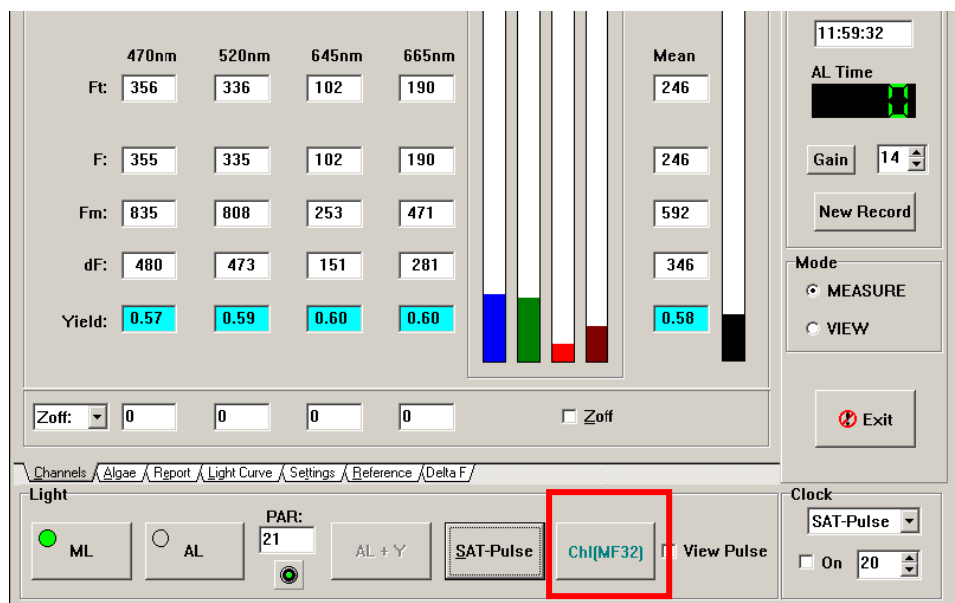
PHYTO-PAM 的常规测量包括三种类型：1) 只测量叶绿素浓度；2) 只测量光合作用；3) 测量叶绿素浓度和光合作用。不同的测量有不同的步骤，请分别参考 2.3.1-2.3.3 节内容。

2.3.1 叶绿素浓度的测量

首先进入 Settings 窗口，确保 Meas. Freq. 设置在 32（下图红框区）。这是经过反复验证最适合叶绿素浓度测量的频率。



然后点击 Chl[MF32]（下图红框区）按钮等待软件出数据即可。叶绿素浓度数据会自动保存在 Report 文件中。



测量完成后，切换到 Report 窗，点击 File/Save Report，存储数据



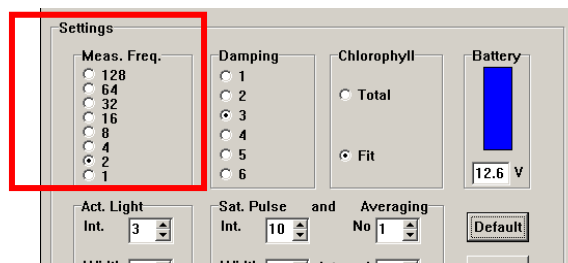
2.3.2 光合作用的测量

测量光合作用时，样品需要一定时间的暗适应。这里牵涉到两个问题：

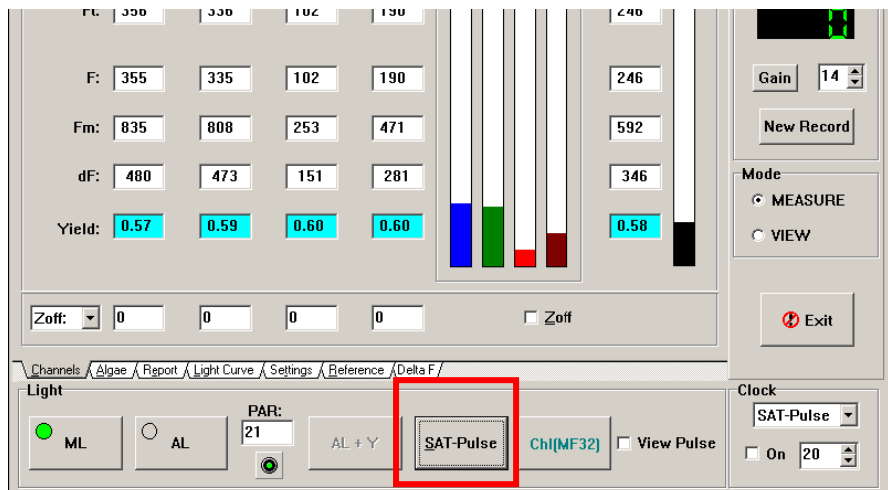
- ◆ **如何暗适应：**一种是放入样品室后暗适应，但每个样品都这样做，会耽误很多时间，效率低；另一种是将水样加入样品杯中后，用黑布（或纸箱或泡沫箱或其它材料）盖住暗适应，测量时在遮光的条件下将样品杯放入样品室即可。我们推荐第二种方法，多个样品杯可以综合利用，统筹安排时间，大大提高测量效率。
- ◆ **暗适应时间如何确定：**藻类样品的暗适应时间，在整个藻类学界没有固定标准。对于蓝藻而言，由于存在“状态转换”现象，导致暗适应时间太长， F_m 会降低，导致 F_v/F_m 测量不准确。对于某些硅藻和甲藻，也存在类似的现象，长期暗适应会导致 F_m 降低。以我们的经验，对于藻类样品，5-10 分钟的暗适应时间足够了。

2.3.2.1 F_v/F_m 的测量

样品经过暗适应后，按 2.2 节步骤调节信号强度。然后进入 Settings 窗口，确保 Meas. Freq. 设置在 1 或 2（下图红框区）。



点击 SAT-Pulse（下图红框区），得到的 Yield 就是 F_v/F_m 。



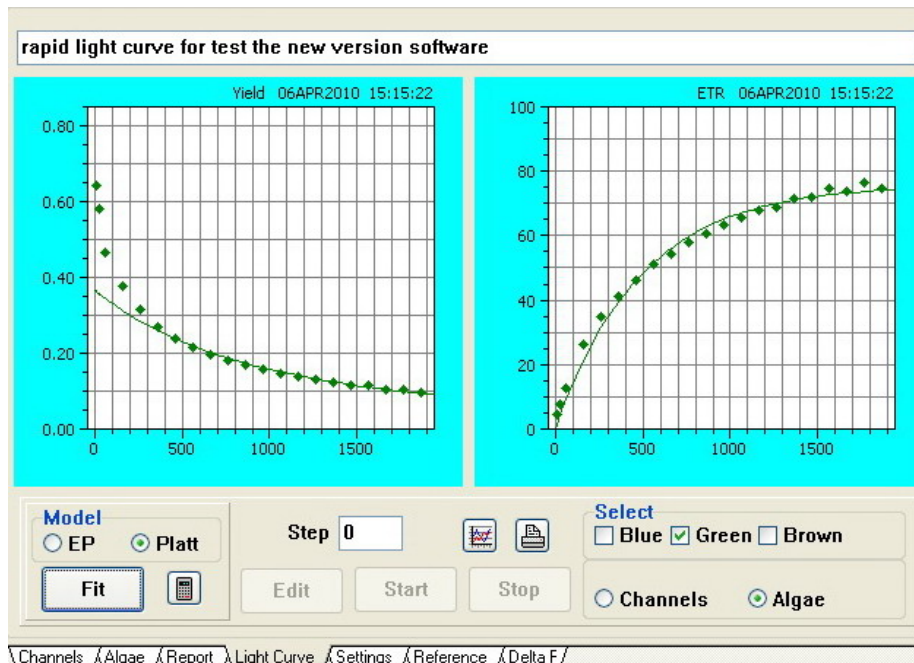


2.3.2.2 快速光曲线的测量

切换到 Light Curve 窗口。首先点击 **Edit**，在弹出的窗口中设置测量快速光曲线所需要的光强梯度和每个梯度的照光时间。对于多数样品而言，可以考虑 PAR 设置在 0-2000 或 0-1500 之间，弱光区可以多设置几个梯度，强光区的梯度可以较少。每个光强梯度的照光时间一般设在 10 s 或 20 s。

然后点击 **Start** 进行测量。测量过程中可以在 Select 区选择要查看的结果类型，可以是 4 通道的结果，也可以是三类藻的结果。

测量结束后，可以利用 **EP** 模型或 **Platt** 模型，点击 **Fit** 自动对曲线进行拟合，拟合结果可以点击  查看。新版软件增加的这个拟合功能非常好用。



测量完成后，切换到 Report 窗，点击 File/Save Report，存储数据

2.3.3 叶绿素浓度和光合作用的结合测量

考虑到要测量光合作用，样品需要进行暗适应，详细步骤参考 2.3.2 节内容。



测量过程中要将 2.3.1 节和 2.3.2 节的步骤结合起来，具体如下：

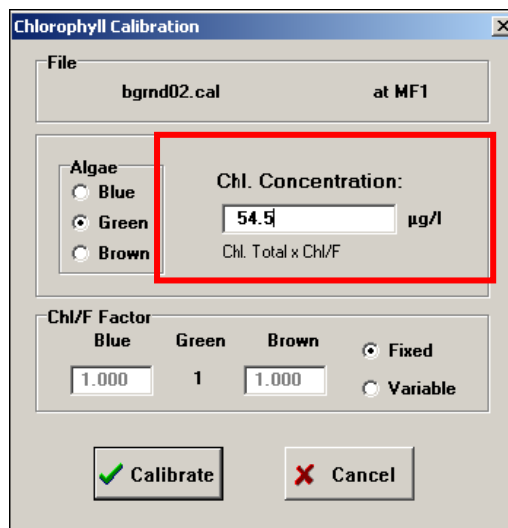
- ◆ 点击 Gain，调节最适信号强度
- ◆ 在 Settings 窗中设置 Meas. Freq.为 1 或 2，点击 SAT-Pulse，测量 Fv/Fm（此时的 Y 为 Fv/Fm）
- ◆ 在 Settings 窗中设置 Meas. Freq.为 32，点击 Chl[MF32]，测量叶绿素 a 浓度
- ◆ 切换到 Light Curve 窗，（Edit 菜单编辑好后）点击 Start 测量光响应曲线
- ◆ 换样品继续测量
- ◆ 测量完成后，切换到 Report 窗，点击 File/Save Report，存储数据

2.4 叶绿素浓度测量的校准

用叶绿素荧光法测量叶绿素 a 浓度，需要与另一种方法进行比对，然后用软件进行校准。PHYTO-PAM 直接测量出来的未校准的数据，与第三方方法（如丙酮法）的数据相比，绝对值不同，但有非常好的线性关系。我们所说的校准实际上就是得到两者之间的系数。

我们的软件 PhytoWin 提供一种简单实用的校准方法：

- ◆ 首先按照 2.3.1 节内容，测量叶绿素 a 浓度
- ◆ 然后点击 Options / Chlorophyll Calibration，弹出如下窗口



- ◆ 在 Chl. Concentration 处（红框区）显示的是当前的叶绿素 a 浓度，将用第三方方法（如丙酮法）测量的数据替换掉现有数据，然后点击 Calibrate 就可产生一个新的校准文件，存盘
- ◆ 此后 PHYTO-PAM 得出的叶绿素 a 浓度数据基本与第三方方法（如丙酮法）得出的数据一致，误差会很小。



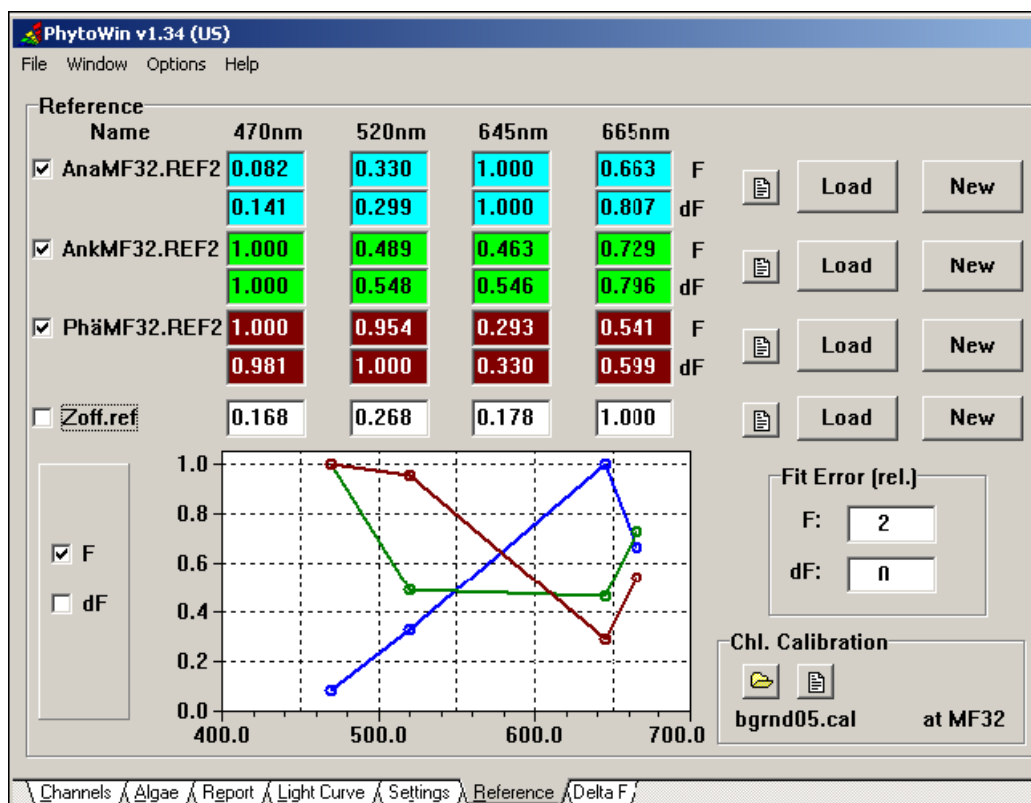
2.5 参考光谱的制作

PHYTO-PAM 对水样中藻类的分类结果, 直接取决于所用的参考光谱 (Reference Spectrum) 是否合适。

我们强烈推荐所有用户利用纯培养的微藻制作自己的参考光谱, 最好选用本地代表性优势种, 这样获得的分类结果误差最小。

参考光谱的测量非常简单:

- ◆ 取 2 ml 生理状态良好的纯藻, 加入样品杯中, 放入样品室并盖好盖子。
- ◆ 按绿色按钮打开检测器, 点击 Gain 调节信号强度
- ◆ 在 Reference 窗口, 点击 New, 并在弹出窗口中命名
- ◆ 保存, 参考光谱制作成功



如果需要导入参考光谱, 在 Reference 窗口点击 Load, 导入需要的参考光谱即可。注意您电脑里的参考光谱可能有.ref 和.ref2 两种格式, 都可以使用。

如果您是用纯藻进行测量, 只保留一个参考光谱即可。



2.6 数据导出与后期校准

测量完成后，点击 File / Save Report 即可存储原始的 4 通道数据（未分类）。

切换到 View Mode（离线模式）下，（打开存储的 Report 文件）点击 File / Export Report 即可将原始 4 通道数据和分类后的数据一起导出为.CSV 文件，与 EXCEL 兼容。

PHYTO-PAM 的一个很大优点就是可以根据每个采样站位优势种的不同，测量完后用该优势种的参考光谱对分类结果进行重新校准，这样可以进一步降低分类误差。

在 View Mode 下，先在 Reference 窗口 Load 新的参考光谱进来，然后在 Report 窗口打开数据文件，所有数据会自动根据新的参考光谱进行校准。

需要指出的是，不管分类误差有多大，PHYTO-PAM 测量的总叶绿素 a 浓度总是准确的（前提是叶绿素 a 浓度的测量经过了比对）。

3 如何准备野外样品

由于 PHYTO-PAM 是采用活体叶绿素荧光法快速测量水样中藻类的叶绿素 a 含量，因此必须保证藻细胞是活的。也就是说，为 PHYTO-PAM 准备的样品，一定不能加甲醛或鲁哥氏液等固定剂。其实 PHYTO-PAM 对样品的要求很简单，如果只测量叶绿素 a 浓度，只需要采集 20 ml（甚至更少，因为我们的测量只需要 2 ml 样品）的自然水样即可，不需要加入任何化学药品。如果样品是带回实验室测量的话，对于绝大多数生态水样而言，采样密封 1-2 天后再测量叶绿素 a 浓度是可以接受的。此时水样中叶绿素 a 的降解并不多，对结果影响不大。

如果考虑到还要测量光合作用的话，还是建议现场测量。

PHYTO-PAM 所需水样的准备是所有野外采样工作中最简单的一项！



4 PHYTO-PAM 的应用

PHYTO-PAM 是一台操作简单、功能强大的仪器，无论是在科研领域还是在监测领域都得到了非常成功的应用。

如果只测量叶绿素 a 浓度，PHYTO-PAM 的优点在于：

- ◆ 简单、快速，测量一个样品只需 20 秒所有即可
- ◆ 可以现场测量，及时拿到数据，没有延迟性
- ◆ 除了拿到总叶绿素 a 数据外，还有蓝藻、绿藻、硅/甲藻的叶绿素 a 数据。对淡水环境监测而言，我们更加关注蓝藻水华。在冬春或春夏之交，水中浮游植物优势种从蓝藻不占优势到占优势的演替过程，利用 PHYTO-PAM 可以快速测量出来，用于对蓝藻未来的生长趋势进行预测。
- ◆ 由于测量快速，可以大大增加采样站位数和水体的分层数。相对于传统方法（只能测量较少的站位数和分层数）来说，站位数和分层数的增加，可以大大提高数据对水体的代表性。

如果结合光合作用活性的测量，就具备如下优点：

- ◆ 暗适应后测量的 F_v/F_m 很好的反映了藻细胞的“生长潜能”，是反映藻细胞生理的最核心指标！就藻细胞的生长而言，在细胞数暴增之前， F_v/F_m 肯定要先升高。
- ◆ 蓝藻水华的爆发是在特定的环境条件下（富营养、高光、高温）由藻类短期快速暴增造成的，这期间藻类必须具备极强的光合作用才能快速生长。监测叶绿素 a 含量可以了解目前水体中的藻类生物量，这代表历史（如果营养盐很低，即使当前藻类生物量高，也不具备发生水华的可能）；而监测藻类的光合作用活性可以了解藻类的“生长潜能”，结合其它环境条件可以预测未来（富营养条件且高光高温下，即使当前藻类生物量不高，但只要光合作用活性强，就具有极大的发生水华的可能）。
- ◆ 由于 PHYTO-PAM 可以测量自然水样中蓝藻、绿藻和硅/甲藻各自的光合作用，就可以对水华发生时不同藻类类群进行分析，如中科院地湖所孔繁翔研究组发现太湖水华时微囊藻比其它藻类具有高的多的光保护能力（Zhang et al, 2008），这可以解释为什么微囊藻耐受强光而绿藻和硅藻等不行。利用 PHYTO-PAM 测量不同藻类叶绿素 a 含量和光合作用活性的功能，可以长期监测自然水体中浮游植物种群生物量的动力学变化和不同类群光合作用潜力的变化趋势，这对于水华的预警预测具有很大的参考价值。



PHYTO-PAM软件

PhytoWin操作指南

泽泉生态开放实验室
Zealquest Laboratory for Ecological Research
泽泉科技有限公司
Zealquest Scientific Technology Co., Ltd.

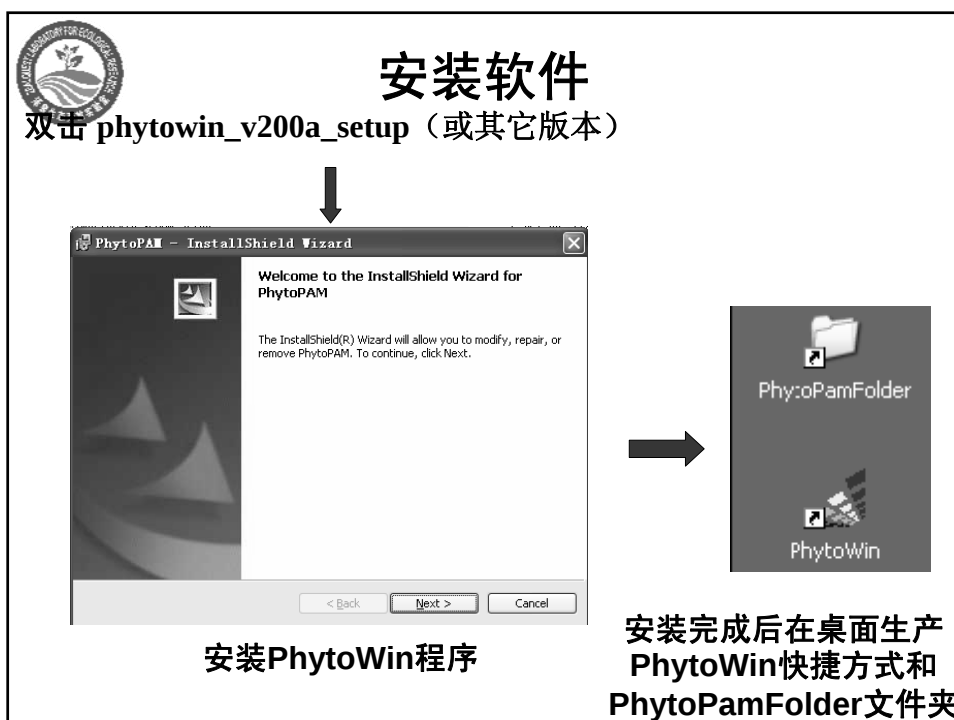
我们从上海 北京 成都 乌鲁木齐为您提供产品与系统解决方案的全方面服务

www.zealquest.com



热烈祝贺Schreiber教授荣获首届
国际光合作用协会（ISPR）创新奖







安装软件

PhytoPAM

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 收藏(A) 工具(T) 帮助(H)

后退 前进 上一步 下一步 搜索 文件夹

地址(D) D:\PhytoPAM

名称	大小	类型	修改日期
Data_ED		文件夹	2007-11-13 14:00
Data_EDF		文件夹	2007-11-13 14:00
Data_US		文件夹	2007-11-8 16:40
Phyto	1 KB	Microsoft Office...	2007-11-8 16:38
Phyto	1,458 KB	应用程序	2006-4-28 8:25

PhytoPamFolder文件夹下有三个子文件夹Data_US、Data_ED和Data_EDF，分别存放由Phyto-US（实验室版）、Phyto-ED（野外版）和Phyto-EDF（光纤版）测量的数据



安装软件

Data_ED

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 收藏(A) 工具(T) 帮助(H)

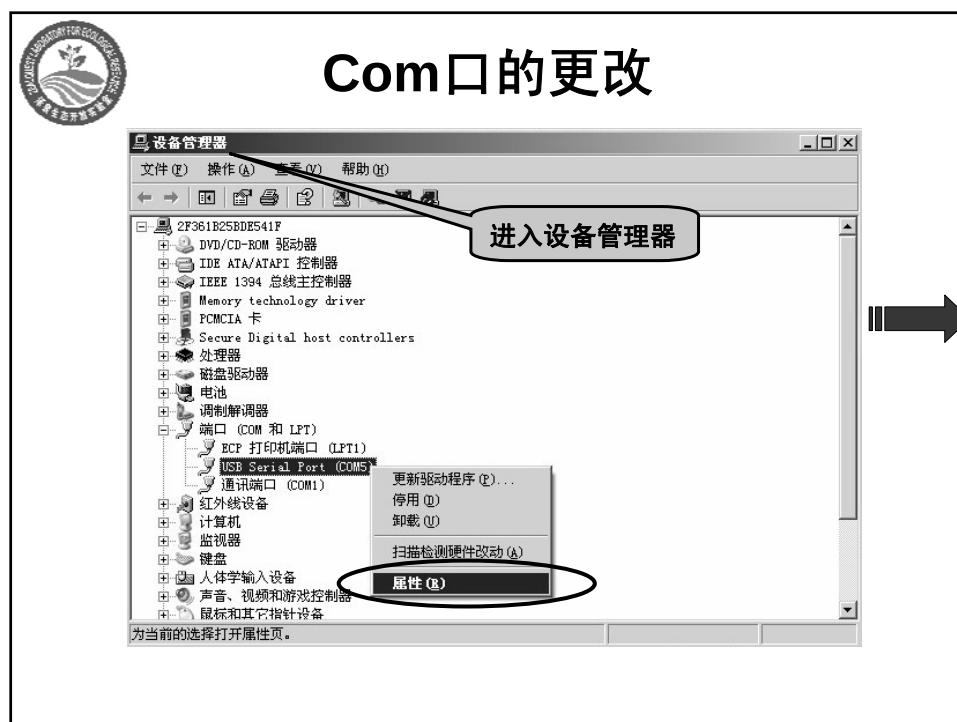
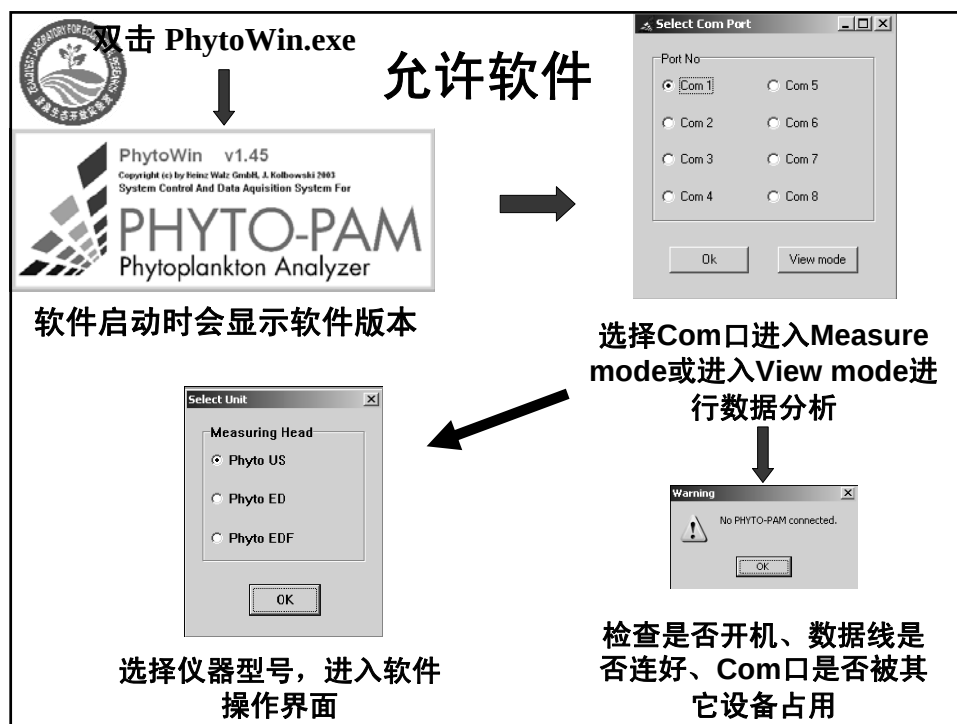
后退 前进 上一步 下一步 搜索 文件夹

地址(D) D:\PhytoPAM\Data_ED

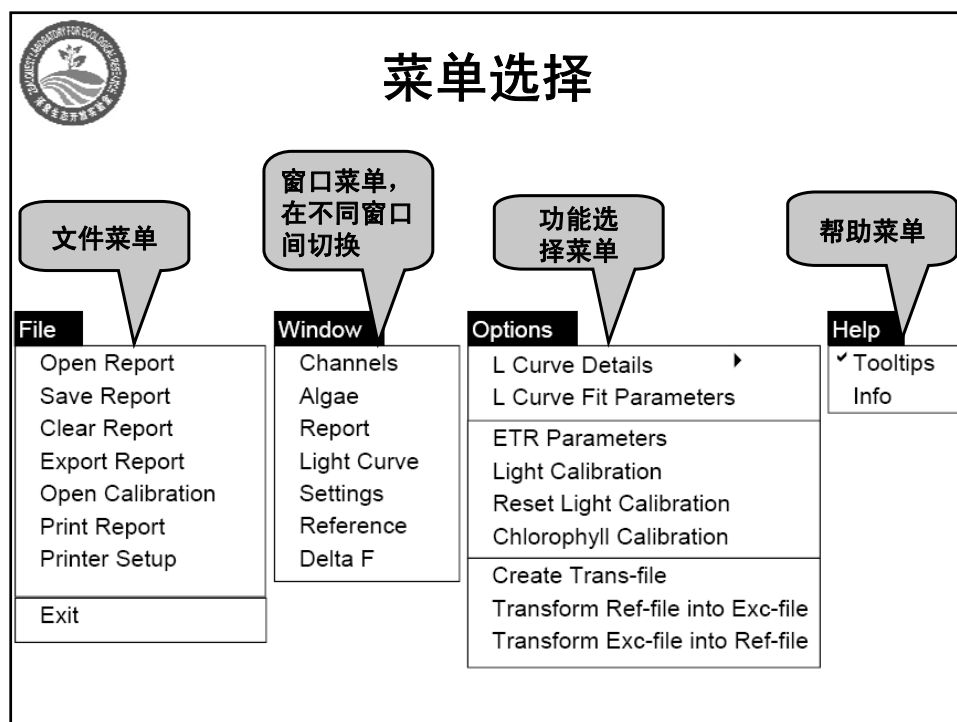
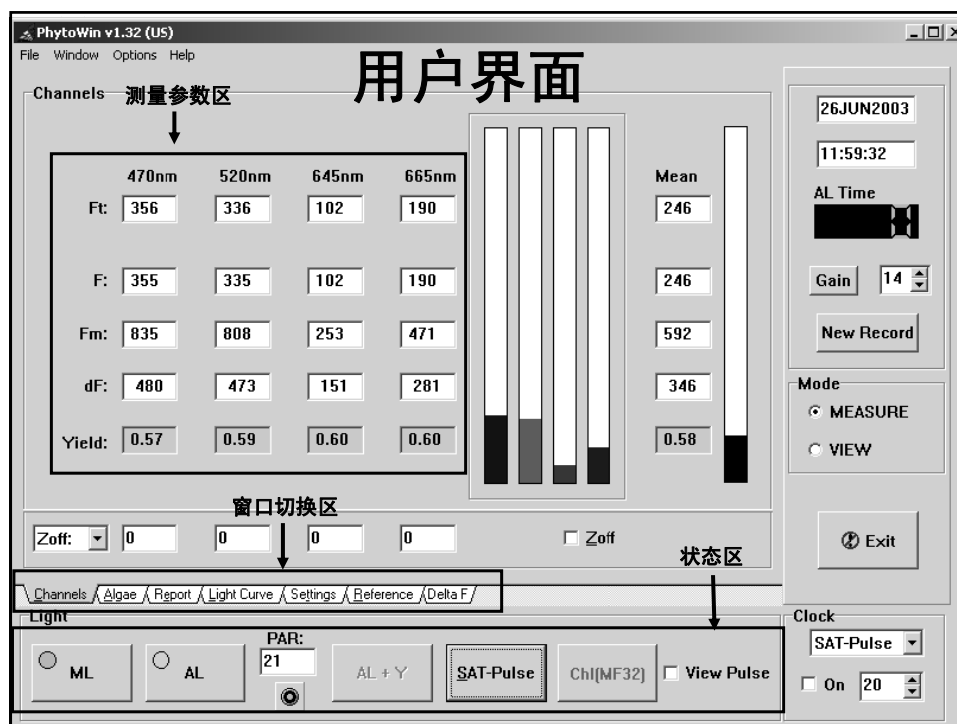
名称	大小	类型	修改日期
Blue.ref	1 KB	REF 文件	2007-10-18 19:43
Brown.ref	1 KB	REF 文件	2007-10-18 19:43
CHANNEL	1 KB	DAT 文件	2007-10-18 19:43
config	1 KB	文本文档	2007-10-18 19:43
default.cal	1 KB	CAL 文件	2007-11-8 16:38
Green.ref	1 KB	REF 文件	2007-10-18 19:43
Phyto	2 KB	配置设置	2007-11-8 16:38
Phyto	1 KB	性能监视器文件	2007-10-18 19:43
Phyto.pmd	1 KB	PMD 文件	2007-10-18 19:43
read me	1 KB	文本文档	2007-10-18 19:43

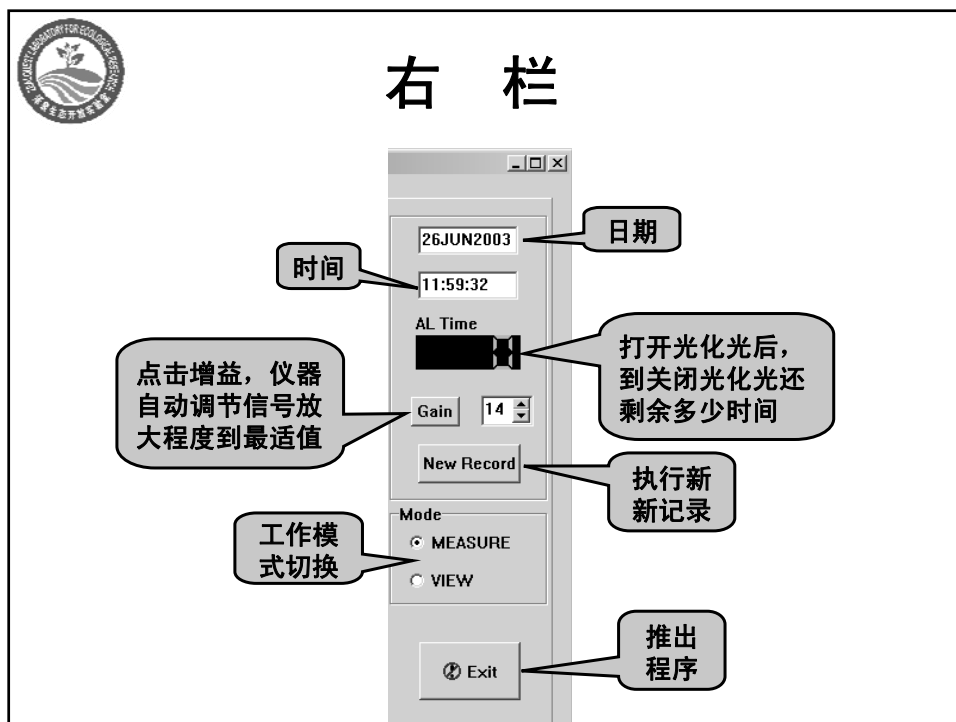
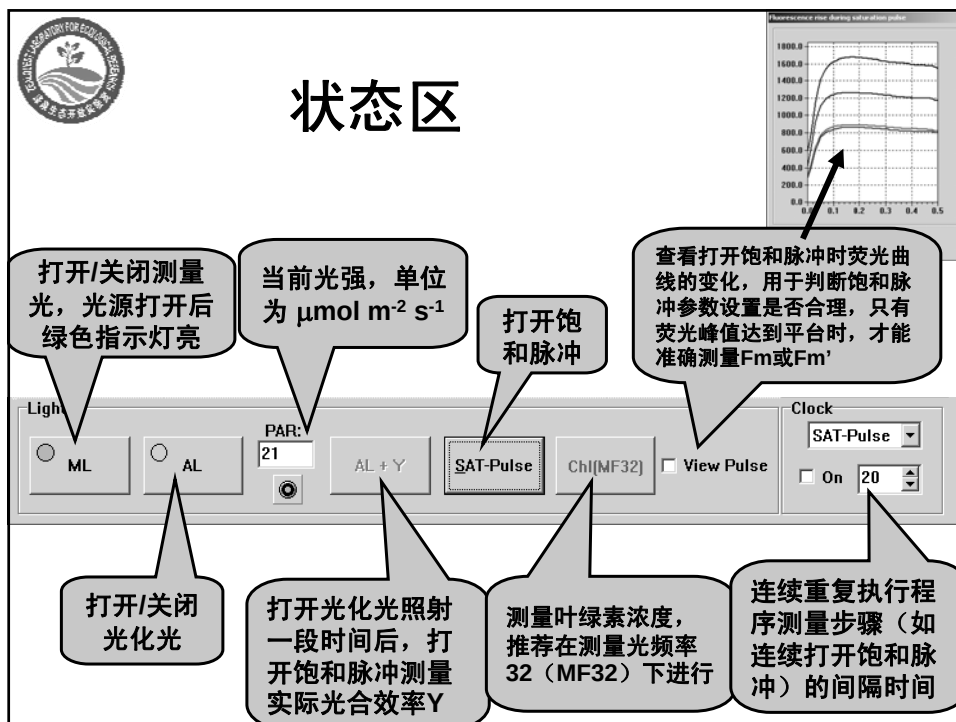
一定记得把每台激发-检测单元的Config文件（包括参考光谱）从随机附送的Config光盘中拷贝到相应的文件夹下。

上图中所有文件均来自Phyto-ED的Config光盘，其中Blue.ref、Brown.ref和Green.ref是参考光谱文件。







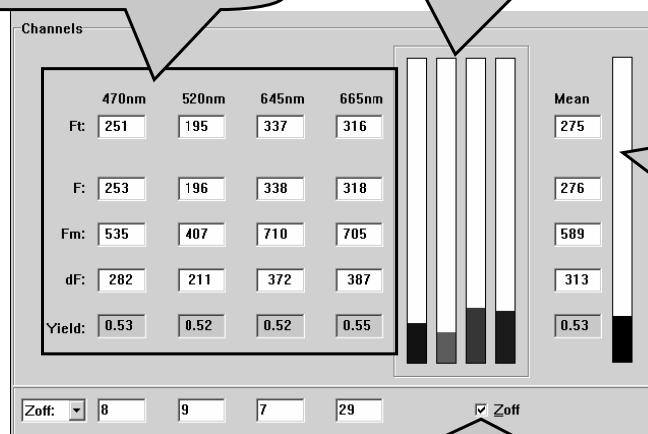




Channels窗

利用四种不同波长的激发光测量得出的各自的调制荧光参数

以柱状图更直观的示出荧光强度的差别，颜色与波长对应



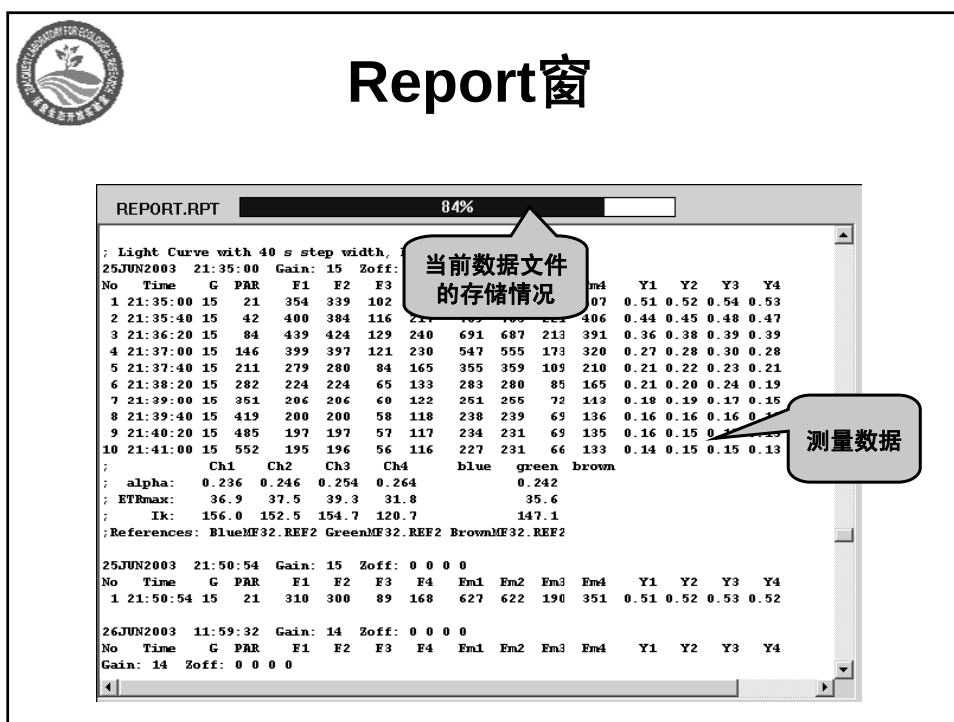
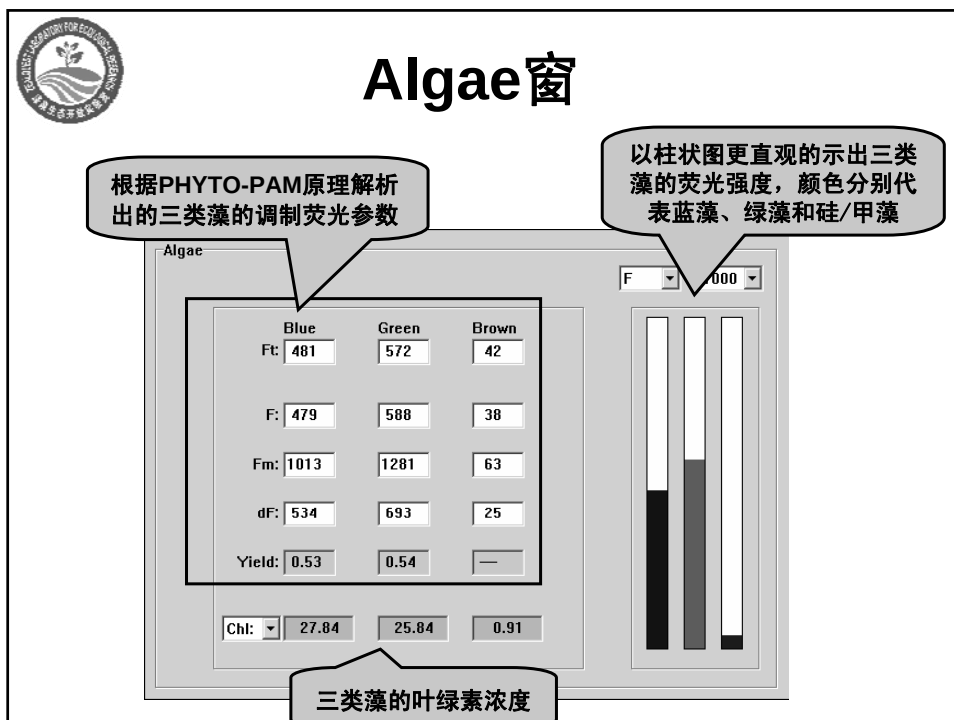
四种颜色的光激发得出的荧光强度的平均值

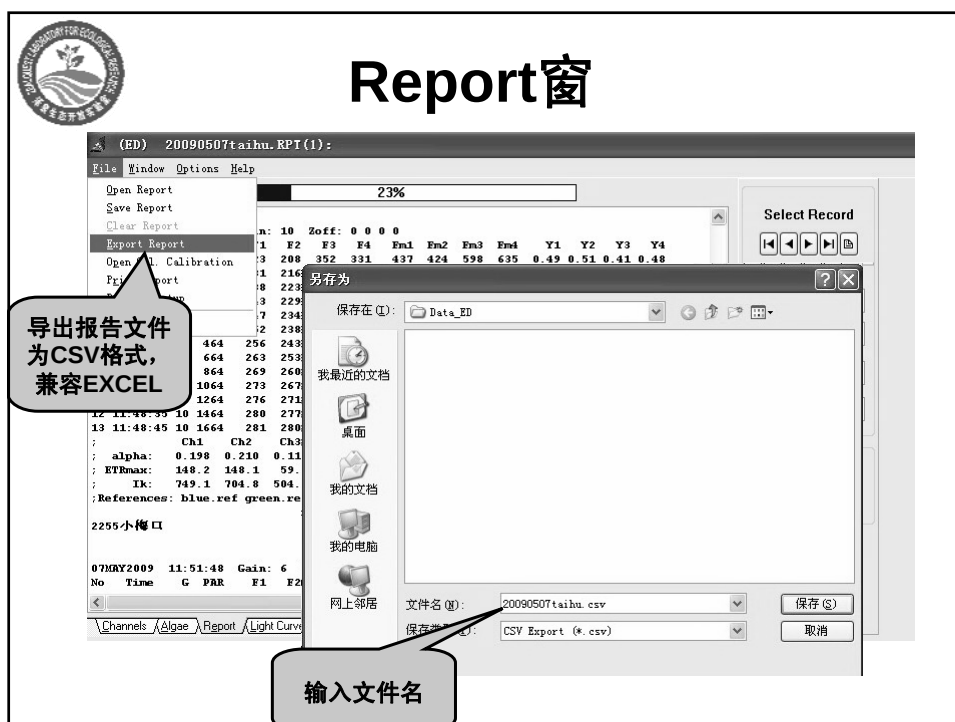
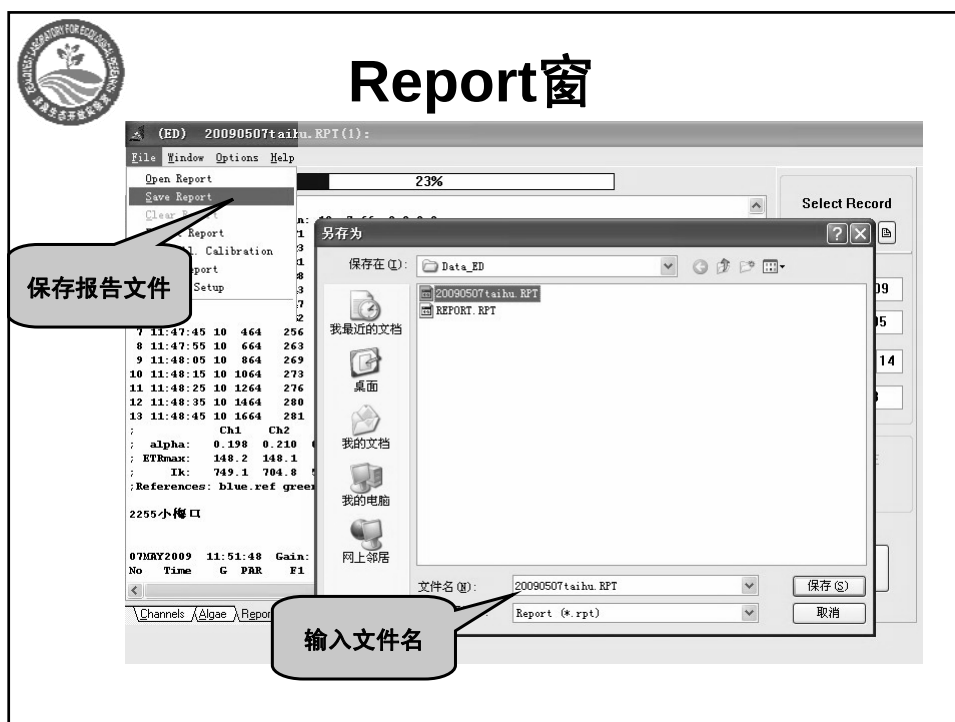
以样品滤液做空白进行调零，左边为调零值

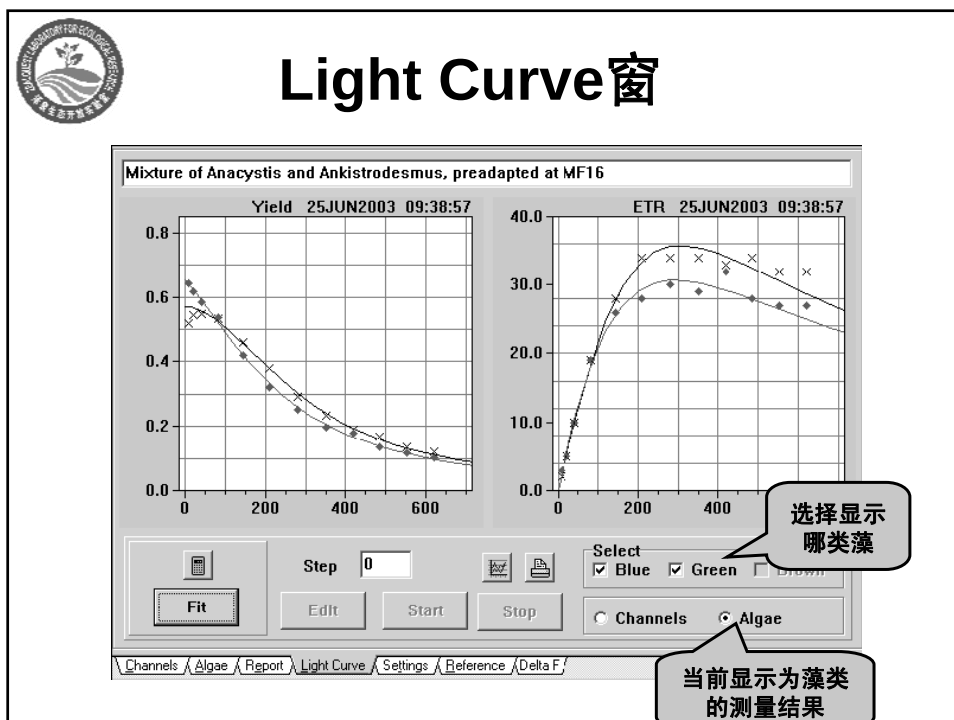
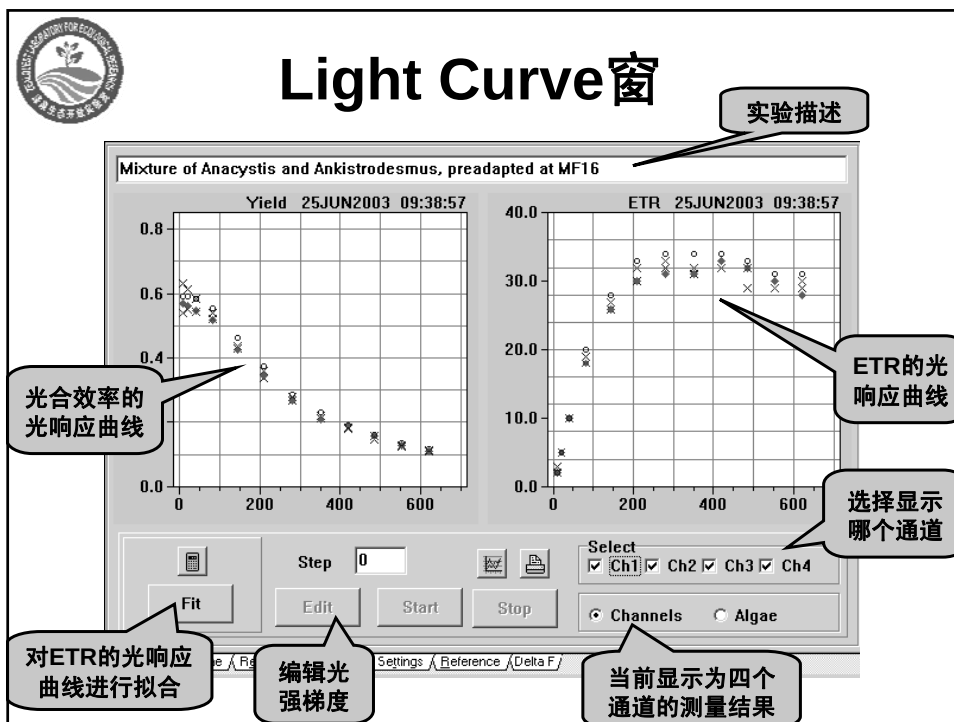


叶绿素荧光参数

- Ft: 实时荧光，当测量光频率为32 Hz时，Ft与叶绿素浓度有很好的线性关系
- F: 打开饱和脉冲前的荧光，当处于暗适应状态下时即为Fo
- Fm: 打开饱和脉冲时的最大荧光，暗适应状态下为Fm，光适应状态下为Fm'
- $dF = F_m - F$
- $Yield = dF/F_m$: 实际光合效率（量子产量）。当处于暗适应状态时， $Yield = F_v/F_m$ （最大光合效率）
- $ETR = Yield \times PAR \times 0.84 \times 0.5$: 电子传递速率，这是利用调制叶绿素荧光技术测量出的光合速率







Light Curve窗

测量光响应曲线的步骤数

光强设置的档数，每档对应一个PAR值

每个光强梯度的光照时间，设为0则表示停止光照

实际PAR强度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Step	PAR	Int'ns	Time/10s
1	42	MF64	2
2	84	0	2
3	146	1	2
4	211	2	2
5	282	3	2
6	351	4	2
7	419	5	2
8	485	6	2
9	552	7	2
10	552	7	0

Light Curve窗

采用的拟合方程

$$ETR = \frac{PAR}{a * PAR^2 + b * PAR + c}$$

- $ETR_{\max}$: 最大光合速率，即最大相对电子传递速率
- α : 初始斜率，反映了光能的利用效率
- $I_k = ETR_{\max} / \alpha$: 半饱和光强，反映了样品对强光的耐受能力

四个通道的拟合结果

三类藻的拟合结果

	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Blue	Green	Brown
alpha	0.270	0.243	0.236	0.255	0.240	0.275	
ETRmax	32.2	32.9	33.7	35.2	35.8	30.7	
I _k	119.4	135.4	142.6	137.9	149.5	111.5	

显示拟合参数

对ETR的光响应曲线进行拟合

Settings窗

测量光频率设置。设为1时代表13Hz，设为2时，测量光强度为 $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，当打开光化光或饱和脉冲时，频率自动设为128。测量叶绿素浓度时推荐设置为32。

阻尼，标准设置为3，增加阻尼可以使Ft的波动性降低

选择计算Chl浓度的模式。选中Total时，Chl浓度直接根据总的荧光强度计算；选中Fit时，会分别得出三类藻的Chl浓度，这三类藻Chl浓度的总和（Sum）与叶绿素“Total”浓度是非常接近的。

剩余电量，当电压低于11V时会报警，提示充电。一块空电池充满电约需12 h。实验室内使用时可以一直连着交流电源。

设置光化光的强度和持续时间，当Width设为0时，表明手工开/闭光化光

设置饱和脉冲的强度和持续时间

Reference窗

导入新的参考光谱。野外现场测量的数据，如果优势种不同，可在View Mode下导入优势种的参考光谱，数据自动校正。

参考光谱文件名

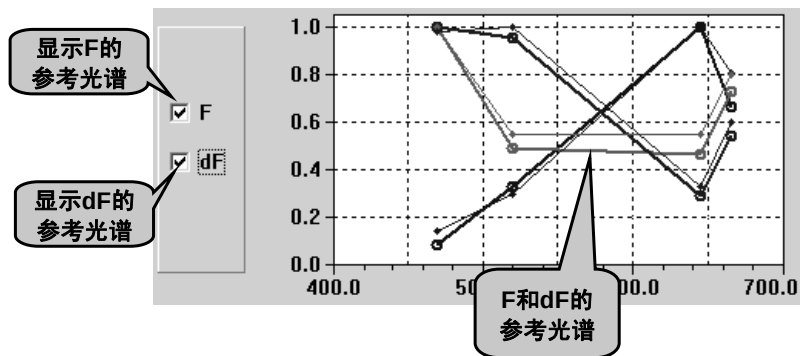
利用纯培养的微藻，测量新的参考光谱

三类藻的参考光谱

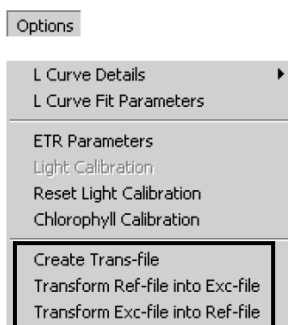
Reference Name	470nm	520nm	645nm	665nm
✓ AnaMF32.REF2	0.082	0.330	1.000	0.663
	0.141	0.299	1.000	0.807
✓ AnkMF32.REF2	1.000	0.489	0.463	0.729
	1.000	0.548	0.546	0.796
✓ PhäMF32.REF2	1.000	0.954	0.293	0.541
	0.981	1.000	0.330	0.539
☐ Zoff.ref	0.168	0.268	0.178	1.000



Reference窗



Reference Spectra和Excitation Spectra间的转换



- ◆ Reference Spectra (RS)：考虑了每台PHYTO-PAM的激发-检测单元（PHYTO-US、PHYTO-ED或PHYTO-EDF）的仪器误差，只适合于一台仪器
- ◆ Excitation Spectra (ES)：将每台仪器自身的误差消掉后（从Reference Spectra）得出的通用型Spectra，可在世界范围内共享
- ◆ RS→ES：将从每台PHYTO-PAM得来的RS转换成可以共享的ES
- ◆ ES→RS：从他处获得的ES转换成适合自己的PHYTO-PAM的RS



Delta F窗

Delta F

Ch1Ch2Ch3Ch4

dF:

BlueGreenBrown

dF/F:

dF:

Act. Chl.:

☒ Start/Stop

Start/Stop of repetitive saturation pulses with determination of active

Delta F

Ch1Ch2Ch3Ch4

dF:

BlueGreenBrown

dF/F:

dF:

Act. Chl.:

☐ Start/Stop

Channels / Delta F / Report / Light Curve / Settings / Reference / Delta F

- ◆ 用于测量与光合作用活性有关的Active Chl
- ◆ Active Chl不仅与叶绿素的绝对浓度有关，还与样品的光合作用活性有关

 **泽泉科技**
Zealquest Scientific

首页新闻中心文献中心产品中心Waltzchina资料下载技术论坛网络资源专家名录联系我们

今天是：2006年8月29日 星期二 您现在位于：首页 -> 技术论坛 -> 光合与叶绿素荧光应用交流.. 中国生:

● 技术论坛 -> 光合与叶绿素荧光专题 -> 光合与叶绿素荧光应用交流 -> 主题列表

图

总固项及本版固项的主题

发布时间及发布人

技术咨询与问题解答指南

06-04 22:08 Derek

利用IMAGING-PAM发表的部分文献（不断更新）

06-05 15:13 huilaih

分物种分领域研究荧光文献集开张啦

06-22 10:26 huilaih

调制叶绿素荧光的基本原理介绍

06-20 14:19 huilaih

发新帖 新投票 光合与叶绿素荧光应用交流 主题列表

huilaih XML [精华] [事件] [管理]

主题（展开帖子列表可点击）

发布人

回复

浏览

最后回复信息

利用叶绿素荧光遗传育种、筛选突变株

huilaih

8

237

08-29 19:18 huilaih

利用叶绿素荧光计算初级生产力

huilaih

3

23

08-27 13:07 huilaih

利用PAM在线监测光生物反应器

huilaih

3

31

08-24 21:33 huilaih

利用叶绿素荧光技术筛选抗大气污染树种

huilaih

3

27

08-24 20:58 huilaih

[求助]微型单细胞藻类（如珊瑚体内的共生藻）的最大..

flylxb

2

52

08-24 08:50 flylxb

NOAA利用Monitoring-PAM建立珊瑚在..

huilaih

3

77

08-18 00:01 Derek

红外分析器的测量精度的影响因素

keithlee

2

47

08-17 23:57 Derek

荧光技术将来会逐渐取代气体交换技术

anhui_yzc

4

61

08-17 23:55 Derek

PAM实验方法汇总—生态学版

huilaih

6

78

08-15 11:31 huilaih

水下研究荧光成像

huilaih

3

84

08-15 11:31 huilaih



谢谢！

上海：021-51556112/3/4/5/6/7/8

北京：010-88824075/76/77, 62304952

成都：028-86722096, 86719836

销售：sales@zealquest.com

技术：service@zealquest.com

网址：http://www.zealquest.com

快速光曲线的拟合方法

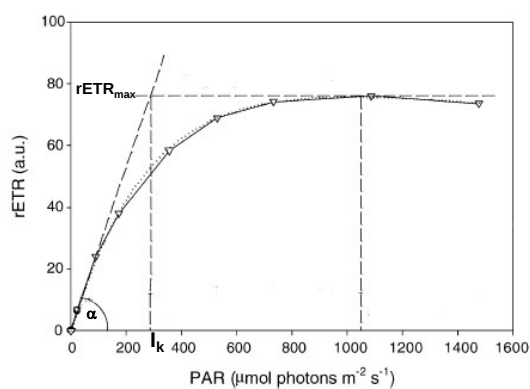
韩志国 顾群

泽泉科技有限公司生态仪器部

德国WALZ公司中国技术服务中心

地址：上海市中江路879号天地软件园28栋402—403座（200333）
电话：021-51556114/15/16/17/18 网 址：www.zealquest.com
传真：021-51556111 Email: walz@zealquest.com

rETR随PAR的变化图即为光响应曲线，即使光化光的持续时间短至10 s，也可得出典型的光响应曲线，这被称为快速光曲线（Rapid Light Curves）



常用拟合方程

◆ $P = P_m \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot PAR/P_m}) \cdot e^{-\beta \cdot PAR/P_m}$

Platt et al, J. Mar. Res., 1980, 38: 687-701

◆ $P = P_m \cdot \tanh(\alpha \cdot PAR/P_m)$

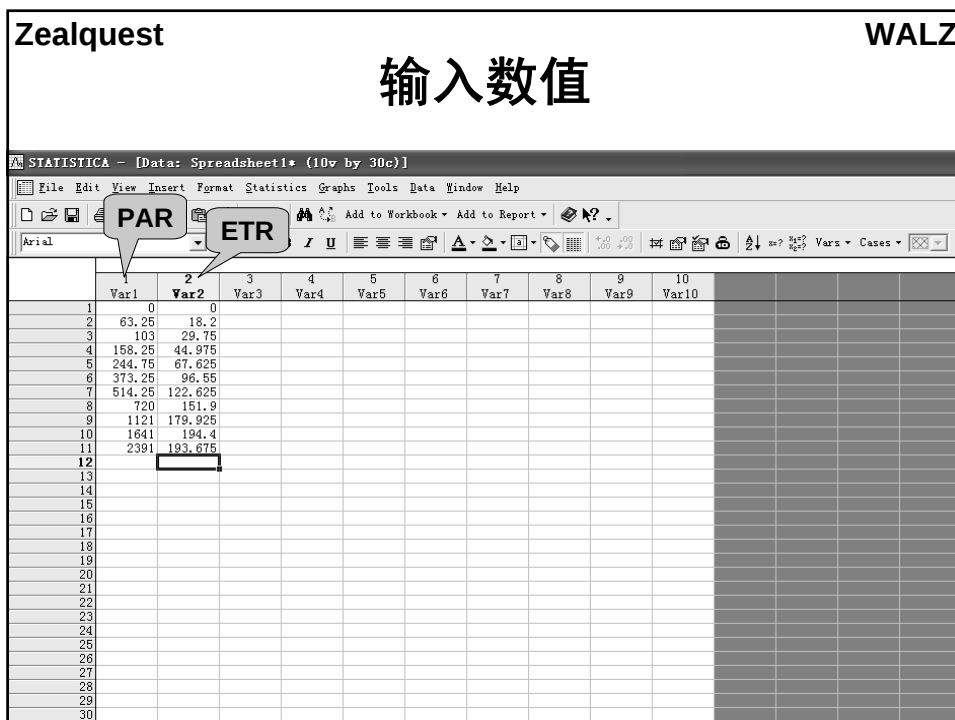
Jassby & Platt, Limnol. Oceanogr., 1976, 21: 540-547

◆ $P = P_m \cdot \alpha \cdot PAR / \sqrt{P_m^2 + (\alpha \cdot PAR)^2}$

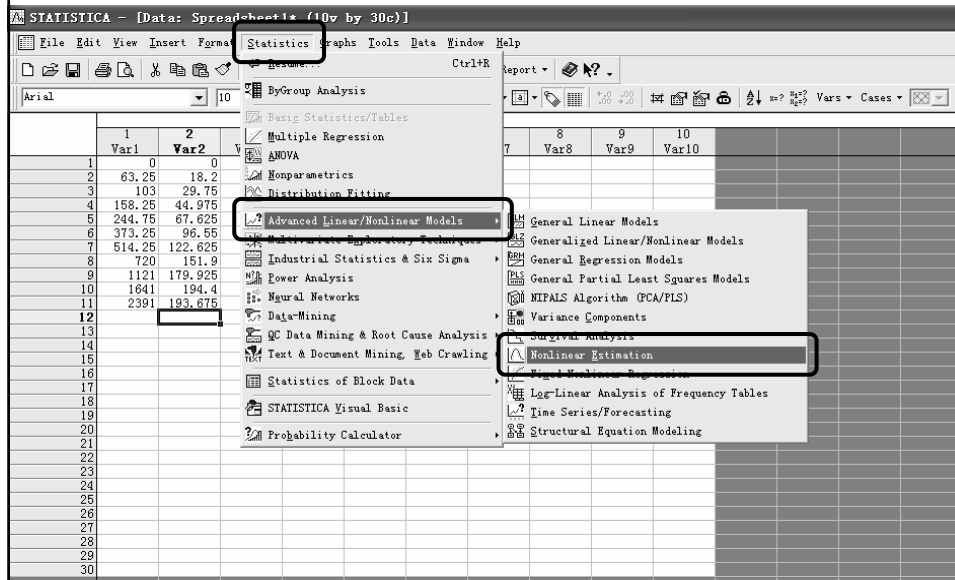
Smith, PNAS, 1936, 22: 504-511

拟合参数的意义

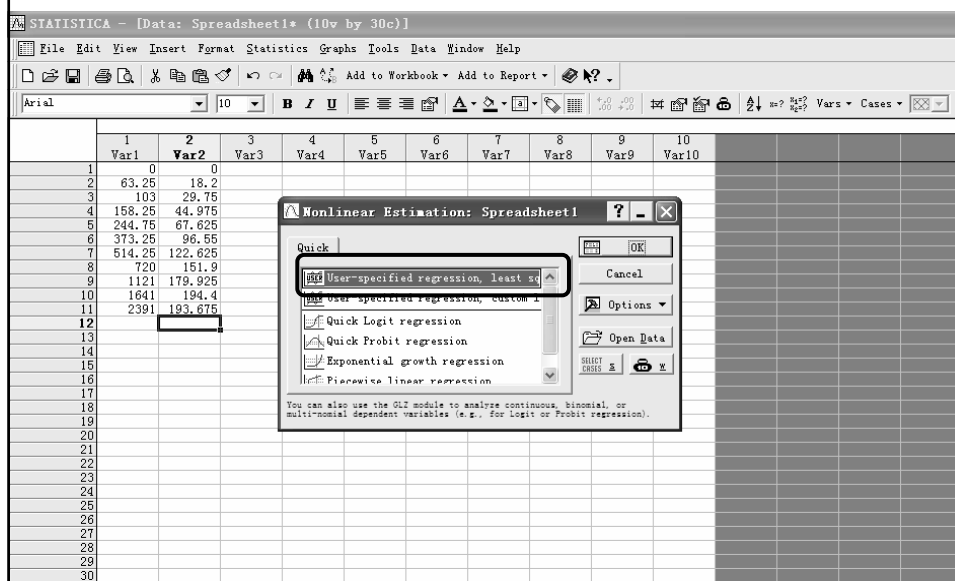
- P : 光合速率，即相对电子传递速率rETR
- P_m : 最大光合速率，即最大相对电子传递速率rETR_{max}
- α : 初始斜率，反映了光能的利用效率
- β : 光抑制参数
- $I_k = P_m / \alpha$: 半饱和光强，反映了样品对强光的耐受能力



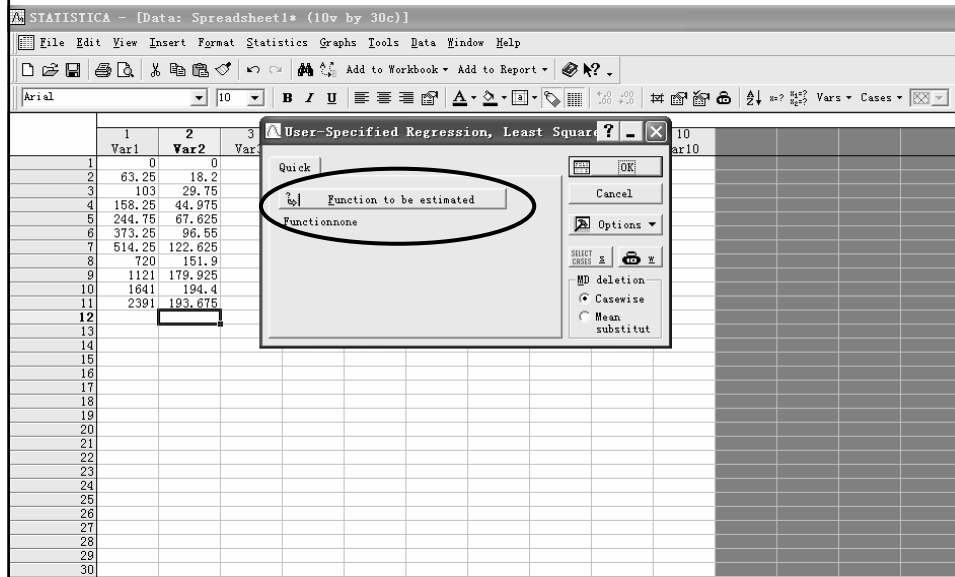
运行非线性拟合



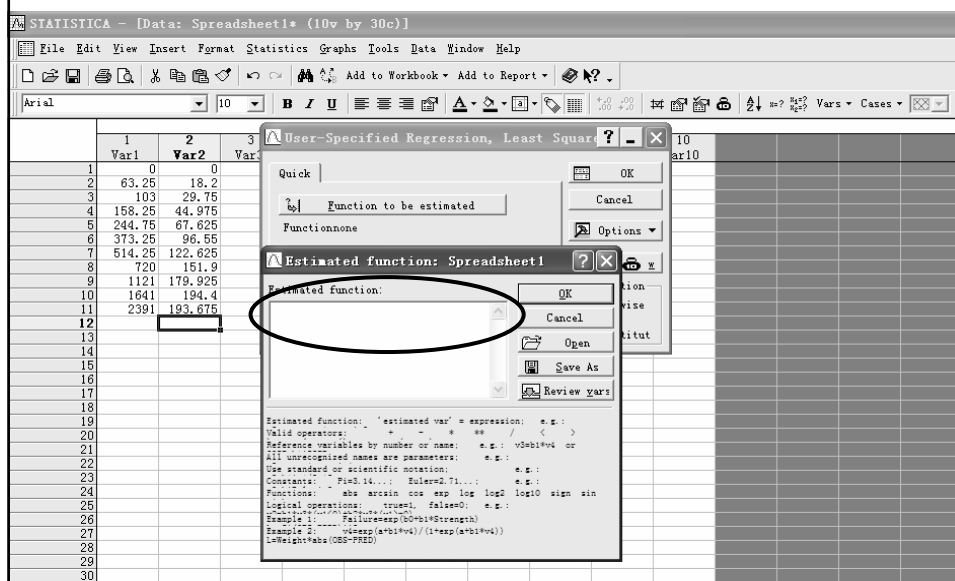
利用最小二乘法拟合



输入拟合方程



输入拟合方程



输入拟合方程

STATISTICA - [Data: Spreadsheet1* (10v by 30c)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Window Help

Quick | Function to be estimated | OK | Cancel | Options

Functionnone

Estimated function: Spreadsheet1

Estimated function: Var2=Ps*(1-exp(-a*var1/Ps))*exp(-b*var1/Ps)

Estimated function: 'estimated var' = expression: e.g.:
Valid operators: + - * ** / < >
Reference variables by number or name: e.g.: v1ob1*v4 or
All unrecognized names are parameters: e.g.:
Use standard or scientific notation: e.g.:
Constants: Pi=3.14... Euler=2.71... e.g.:
Functions: abs arcsin cos exp log log2 log10 sign sin
Logical operations: true=1, false=0: e.g.:
Example 1: failure=exp(30+10*strength)
Example 2: v1=exp(a*b1*v4)/(1+exp(a*b1*v4))
Example 3: weight=fabs(OBS-PRED)

	1 Var1	2 Var2	3 Var3
1	0	0	
2	63.25	18.2	
3	103	29.75	
4	158.25	44.975	
5	244.75	67.625	
6	373.25	96.55	
7	514.25	122.625	
8	720	151.9	
9	1121	179.925	
10	1641	194.4	
11	2391	193.675	
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

输入拟合方程

STATISTICA - [Data: Spreadsheet1* (10v by 30c)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Window Help

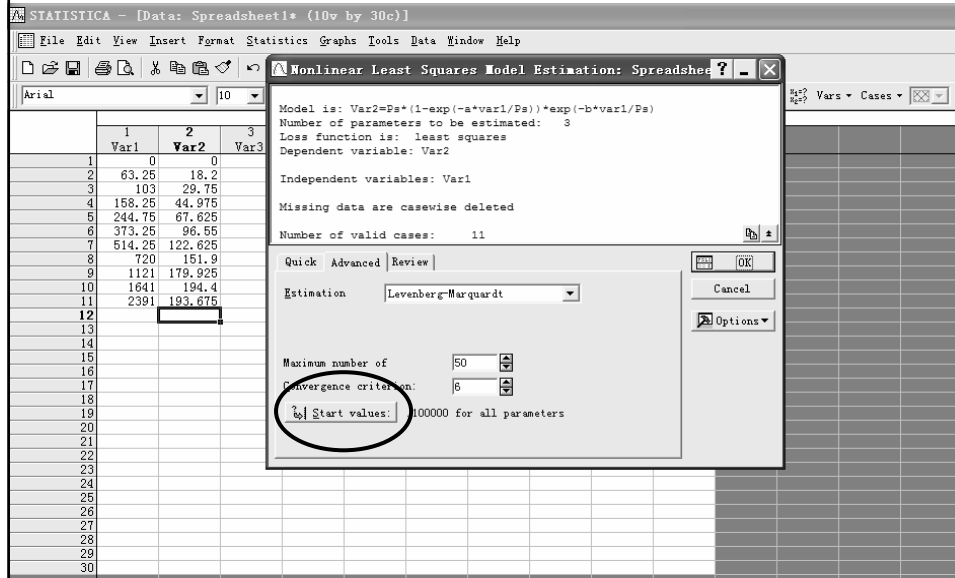
Quick | Function to be estimated | OK | Cancel | Options

FunctionVar2=Ps*(1-exp(-a*var1/Ps))*exp(-b*var1/Ps)

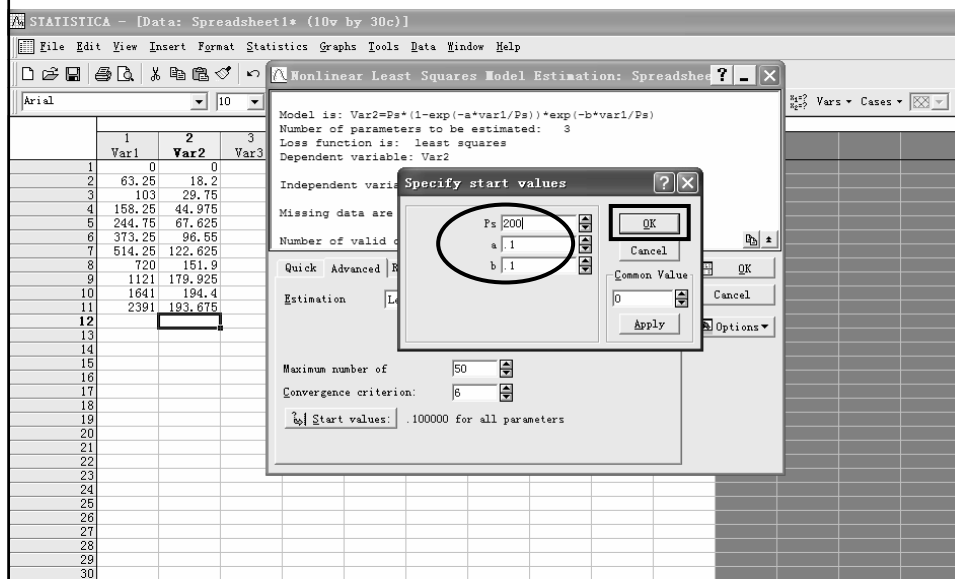
SELECT CASES | deletion | Casewise | Mean substitut

	1 Var1	2 Var2	3 Var3
1	0	0	
2	63.25	18.2	
3	103	29.75	
4	158.25	44.975	
5	244.75	67.625	
6	373.25	96.55	
7	514.25	122.625	
8	720	151.9	
9	1121	179.925	
10	1641	194.4	
11	2391	193.675	
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

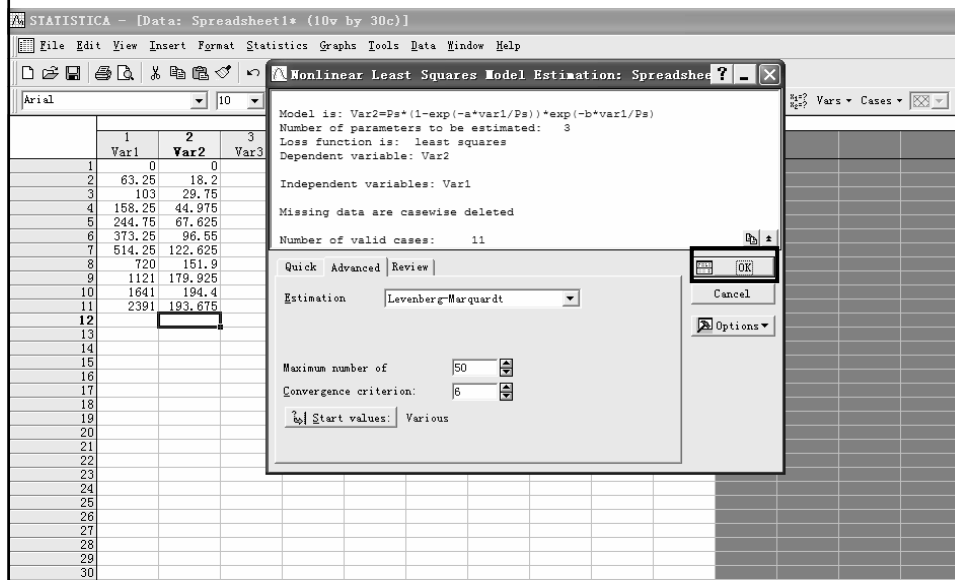
输入初始值



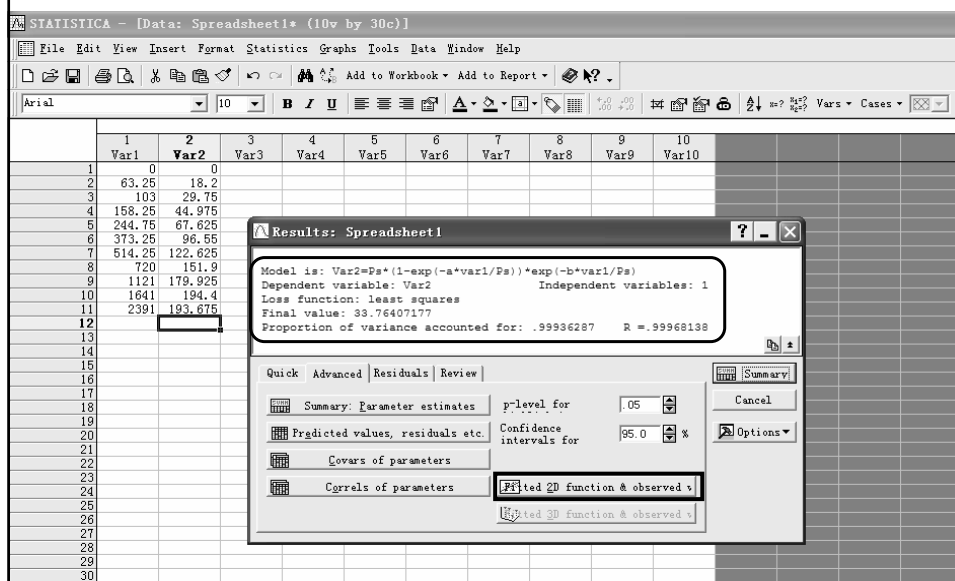
输入初始值



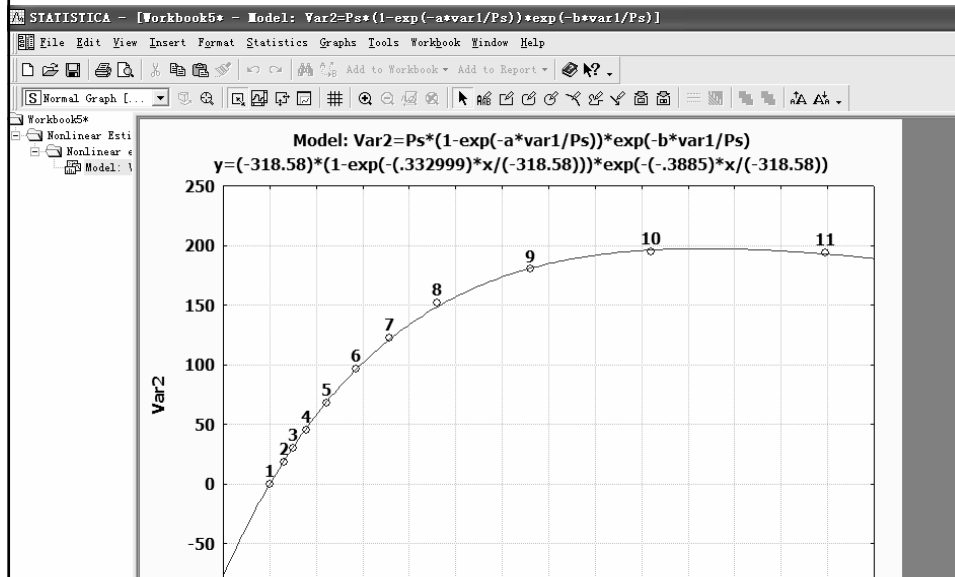
输入初始值



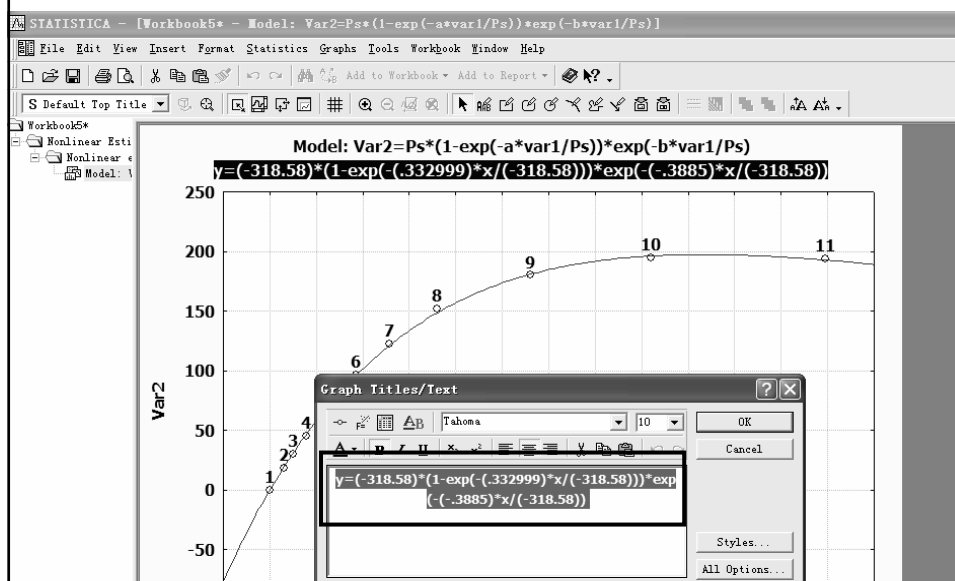
得出拟合结果



得出拟合曲线



提出方程



中国生态仪器网

——生态仪器技术与交流中心

- 产品展示
- 应用文献——荧光文献中心
- 荧光文献目录 (New!)
- 技术论坛——荧光论坛
- 新闻中心
- 网络资源
- 专家名录

www.zealquest.com



泽泉科技
 Zealquest Scientific

建设最好的荧光论坛

[首页](#)
[新闻中心](#)
[文献中心](#)
[产品中心](#)
[Walzchina](#)
[资料下载](#)
[技术论坛](#)
[网络资源](#)
[专家名录](#)
[联系我们](#)

今天是：2006年8月29日 星期二 您现在位于： [首页](#) -> [技术论坛](#) -> [光合与叶绿素荧光应用交流](#)
中国生

[技术论坛](#) -> [光合与叶绿素荧光专题](#) -> [光合与叶绿素荧光应用交流](#) -> [主题列表](#)

图	总固项及本版固项的主题	发布时间及发布人
	技术咨询与问题解答指南	06-04 22:08 Derek
	利用IMAGING-PAM发表的部分文献（不断更新）	06-05 15:13 huilaih
	物种分领域研究荧光文献集开张啦	06-22 10:26 huilaih
	调制叶绿素荧光的基本原理介绍	06-20 14:19 huilaih

[发新帖](#)
[新投票](#)
[光合与叶绿素荧光应用交流](#)
[主题列表](#)

huilaih
 [XML](#)
[\[精华\]](#)
[\[事件\]](#)
[\[管理\]](#)

	主题（展开帖子列表可点击 ）	发布人	回复	浏览	最后回复信息
	田利用叶绿素荧光遗传育种、筛选突变株	huilaih	8	237	08-29 19:18 huilaih
	田利用叶绿素荧光计算初级生产力	huilaih	3	23	08-27 13:07 huilaih
	田利用PAM在线监测光生物反应器	huilaih	3	31	08-24 21:33 huilaih
	田利用叶绿素荧光技术筛选抗大气污染树种	huilaih	3	27	08-24 20:58 huilaih
	田[求助]微型单细胞藻类（如珊瑚体内的共生藻）的最大..	flylxb	2	52	08-24 08:50 flylxb
	田NOAA利用Monitoring-PAM建立珊瑚在..	huilaih	3	77	08-18 00:01 Derek
	田红外分析器的测量精度的影响因素	keithlee	2	47	08-17 23:57 Derek
	田荧光技术将会逐渐取代气体交换技术	anhui_yzc	4	61	08-17 23:55 Derek
	田PAM实验方法汇总—生态学版	huilaih	6	78	08-15 11:31 huilaih

Zealquest

WALZ



walz@zealquest.com

部分PHYTO-PAM文献目录

1. Guasch H, Atli G, Bonet B, Corcoll N, Leira M, Serra A: Discharge and the response of biofilms to metal exposure in Mediterranean rivers. *Hydrobiologia* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
2. Liu Y, Wang W, Zhang M, Xing P, Yang Z: PSII-efficiency, polysaccharide production, and phenotypic plasticity of *Scenedesmus obliquus* in response to changes in metabolic carbon flux *Biochemical Systematics and Ecology* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
3. Pesce S, Margoum C, Montuelle B: In situ relationships between spatio-temporal variations in diuron concentrations and phototrophic biofilm tolerance in a contaminated river. *Water Research* 2010, **44**:1941-1949.[PHYTO-PAM]
4. Schöne K, Jähnichen S, Ihle T, Ludwig F, Benndorf J: Arriving in better shape: Benthic *Microcystis* as inoculum for pelagic growth *Harmful Algae* 2010, **9**(5):494-503.[PHYTO-PAM]
5. Soares MCS, Lüring M, Huszar VLM: Responses of the rotifer *Brachionus calyciflorus* to two tropical toxic cyanobacteria (*Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa*) in pure and mixed diets with green algae. *Journal of Plankton Research* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
6. van Ruth PD, Ganf GG, Ward JM: The influence of mixing on primary productivity: A unique application of classical critical depth theory *Progress In Oceanography* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
7. Wang H, Liu L, Liu ZP, Qin S: Investigations of the characteristics and mode of action of an algalytic bacterium isolated from Tai Lake. *Journal of Applied Phycology* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
8. Wang Z, Li D, Li G, Liu Y: Mechanism of photosynthetic response in *Microcystis aeruginosa* PCC7806 to low inorganic phosphorus. *Harmful Algae* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
9. Zhu J, Liu B, Wang J, Gao Y, Wu Z: Study on the mechanism of allelopathic influence on cyanobacteria and chlorophytes by submerged macrophyte (*Myriophyllum spicatum*) and its secretion *Aquatic Toxicology* 2010:in press.[PHYTO-PAM]
10. 任秋芳, 阿依巧丽, 智 朱, 张义方, 波 曾: 三峡库区季节及养分对铜绿微囊藻生长的影响——模拟乌江回水区水环境的研究. *重庆师范大学学报* 2010, **27**(1):1-4.[PHYTO-PAM]
11. 王伟波, 饶本强, 沈银武, 李敦海, 刘永定: 几种固沙荒漠藻的温度适应性. *水生生物学报* 2010, **34**(3):489-494.[PHYTO-PAM]
12. 徐娟娟, 张德禄, 吴国樵, 王高鸿, 刘永定, 胡春香: 风力胁迫对具鞘微鞘藻结皮光合活性的影响. *水生生物学报* 2010, **34**(3):575-581.[PHYTO-PAM]
13. Aikawa S, Hattori H, Gomi Y, Watanabe K, Kudoh S, Kashino Y, Satoh K: Diel tuning of photosynthetic systems in ice algae at Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan *Polar Science* 2009, **3**(1):57-72.[PHYTO-PAM]
14. Dimier C, Brunet C, Geider R, Raven J: Growth and photoregulation dynamics of the picoeukaryote *Pelagomonas calceolata* in fluctuating light *Limnology and Oceanography* 2009,

59(3):823-836.[PHYTO-PAM]

15. Franklin D, Choi CJ, Hughes C, Malin G, Berges JA: Effect of dead phytoplankton cells on the apparent efficiency of photosystem II. *Marine Ecology Progress Series* 2009, **382**:35-40.[PHYTO-PAM]
16. Hall SR, Becker CR, Simonis JL, Duffy MA, Tessier AJ, Cáceres CE: Friendly competition: evidence for a dilution effect among competitors in a planktonic host–parasite system. *Ecology* 2009, **90**(6):1441-1448.[PHYTO-PAM]
17. Izaguirre O, Serra A, Guasch H, Elosegi A: Effects of sediment deposition on periphytic biomass, photosynthetic activity and algal community structure. *Science of The Total Environment* 2009, **407**(21):5694-5700.[PHYTO-PAM]
18. Lee Y, Kang C, Kwon K, Kim S: Organic and inorganic matter increase related to eutrophication in Gamak Bay, South Korea *Journal of Environmental Biology* 2009, **30**(3):373-380.[PHYTO-PAM]
19. Lee YS, Kim JD, Lim WA, Lee SG: Survival and growth of *Cochlodinium polykrikoides* red tide after addition of yellow loess. *Journal of Environmental Biology* 2009, **30**(6):929-932.[PHYTO-PAM]
20. Marchetti A, Parker MS, Moccia LP, Lin EO, Arrieta AL, Ribalet F, Murphy MEP, Maldonado MT, Armbrust EV: Ferritin is used for iron storage in bloom-forming marine pennate diatoms. *Nature* 2009, **457**:467-470.[PHYTO-PAM]
21. Morin S, Pesce S, Tlili A, Coste M, Montuelle B: Recovery potential of periphytic communities in a river impacted by a vineyard watershed *Ecological Indicators* 2009, **10**(2):419-426.[PHYTO-PAM]
22. Nymark M, Valle KC, Brembu T, Hancke K, Winge P, Andresen K, Johnsen G, Bones AM: An Integrated Analysis of Molecular Acclimation to High Light in the Marine Diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *PLoS ONE* 2009, **4**(11):e7743. doi:7710.1371/journal.pone.0007743.[PHYTO-PAM]
23. Pesce S, Margoum C, Montuelle B: In situ relationships between spatio-temporal variations in diuron concentrations and phototrophic biofilm tolerance in a contaminated river. *Water Research* 2009, **44**(6):1941-1949.[PHYTO-PAM]
24. Serra A, Corcoll N, Guasch H: Copper accumulation and toxicity in fluvial periphyton: The influence of exposure history *Chemosphere* 2009, **74**(5):633-641.[PHYTO-PAM]
25. Serra A, Guasch H: Effects of chronic copper exposure on fluvial systems: Linking structural and physiological changes of fluvial biofilms with the in-stream copper retention. *Science of The Total Environment* 2009, **407**(19):5274-5282.[PHYTO-PAM]
26. Serra A, Guasch H, Martí E, Geiszinger A: Measuring in-stream retention of copper by means of constant-rate additions *Science of The Total Environment* 2009, **407**(12):3847-3854.[PHYTO-PAM]
27. Shi S, Tang D, Liu Y: Effects of an Algicidal Bacterium *Pseudomonas mendocina* on the Growth and Antioxidant System of *Aphanizomenon flos-aquae* *Current Microbiology* 2009, **59**(2):107-112.[PHYTO-PAM]
28. Wu Z, Shi J, Li R: Comparative studies on photosynthesis and phosphate metabolism of *Cylindrospermopsis raciborskii* with *Microcystis aeruginosa* and *Aphanizomenon flos-aquae* *Harmful Algae* 2009, **8**(6):910-915.[PHYTO-PAM]

29. Yang Z, Kong F, Yang Z, Zhang M, Yu Y, Qian S: Benefits and costs of the grazer-induced colony formation in *Microcystis aeruginosa*. *Ann Limnol - Int J Lim* 2009, **45**(3):203-208.[PHYTO-PAM]
30. 陈雷, 郑青松, 刘兆普, 晋利: 不同 Cu^{2+} 浓度处理对斜生栅藻生长及叶绿素荧光特性的影响. *生态环境学报* 2009, **18**(4):1231-1235.[PHYTO-PAM]
31. 陈元, 赵洋甬, 潘双叶, 徐运, 蒋蕾蕾: PHYTO-PAM对浮游植物中叶绿素的分类测定. *现代科学仪器* 2009(4):100-104.[PHYTO-PAM]
32. 田娟, 宋碧玉, 林桑, 余博识, 李仁辉: 两种改性粘土去除群体状铜绿微囊藻的比较. *湖泊科学* 2009, **21**(5):669-674.[PHYTO-PAM]
33. 朱晓敏, 黄清辉, 李建华: 咸水藻水华期溶解有机质光谱特征变化的模拟. *中国环境科学* 2009, **29**(1):68-72.[PHYTO-PAM]
34. Brussaard CPD, Timmermans KR, Uitz J, Veldhuis MJW: Virioplankton dynamics and virally induced phytoplankton lysis versus microzooplankton grazing southeast of the Kerguelen (Southern Ocean) *Deep Sea Research* 2008, **55**(5-7):752-765.[PHYTO-PAM]
35. Howarth JG, Leibold MA: Planktonic dispersal dampens temporal trophic cascades in pond metacommunities. *Ecology Letters* 2008, **11**(3):245-257.[PHYTO-PAM]
36. Ingleton T, Kobayashi T, Sanderson B, Patra R, Macinnis-Ng CMO, Hindmarsh B, Bowling LC: Investigations of the temporal variation of cyanobacterial and other phytoplanktonic cells at the offtake of a large reservoir, and their survival following passage through it. *Hydrobiologia* 2008, **603**(1):221-240.[PHYTO-PAM]
37. Schmitt-Jansen M, Altenburger R: Community-level microalgal toxicity assessment by multiwavelength-excitation PAM fluorometry *Aquatic Toxicology* 2008, **86**(1):49-58.[PHYTO-PAM]
38. Timmermans KR, Veldhuis MJW, Laan P, Brussaard CPD: Probing natural iron fertilization near the Kerguelen (Southern Ocean) using natural phytoplankton assemblages and diatom cultures. *Deep Sea Research* 2008, **55**(5-7):693-705.[PHYTO-PAM]
39. Wang G, Chen K, Chen L, Hu C, Zhang D, Liu Y: The involvement of the antioxidant system in protection of desert cyanobacterium *Nostoc* sp. against UV-B radiation and the effects of exogenous antioxidants *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2008, **69**(1):150-157.[PHYTO-PAM]
40. Wu Z, Song L, Li R: Different tolerances and responses to low temperature and darkness between waterbloom forming cyanobacterium *Microcystis* and a green alga *Scenedesmus* *Hydrobiologia* 2008, **596**(1):47-55.[PHYTO-PAM]
41. Wu Z-X, Song L-R: Physiological comparison between colonial and unicellular forms of *Microcystis aeruginosa* Kutz. (Cyanobacteria). *Phycologia* 2008, **47**(1):98-104.[PHYTO-PAM]
42. Zhang M, Kong FX, Wu X, Xing P: **Different photochemical responses of phytoplankters from the large shallow Taihu Lake of subtropical China in relation to light and mixing.** In: *Hydrobiologia*. vol. 603; 2008: 267-278.
43. 胡智泉, 刘永定, 肖波: 微囊藻毒素对几种淡水微藻的生长和光合活性的影响. *生态环境* 2008, **17**(3):885-890.[PHYTO-PAM]

44. 康丽娟, 潘晓洁, 常锋毅, 李敦, 沈银武, 刘永定: HCO_3^- 碱度增加对铜绿微囊藻光合活性和超微结构的影响. *武汉植物学研究* 2008, **26**(1):70-75.[PHYTO-PAM]
45. 康丽娟, 潘晓洁, 常锋毅, 李敦海, 沈银武, 刘永定: 碱度增加对蛋白核小球藻光合活性与胞外多糖的影响. *湖泊科学* 2008, **20**(2):251-256.[PHYTO-PAM]
46. 林燊, 彭欣, 吴忠兴, 李仁辉: 我国水华蓝藻的新类群——阿氏浮丝藻(*Planktothrix agardhii*)生理特性. *湖泊科学* 2008, **20**(4):437-442.[PHYTO-PAM]
47. 苏彦平, 李敦海, 王坎, 刘永定: 念珠藻葛仙米生理生化特性对不同低温胁迫的响应. *武汉植物学研究* 2008, **26**(3):310-314.[PHYTO-PAM]
48. Alsterberg C, Sundbäck K, Larson F: Direct and indirect effects of an antifouling biocide on benthic microalgae and meiofauna *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 2007, **351**(1-2):56-72.[PHYTO-PAM]
49. Dimier C, Corato F, Saviello G, Brunet C: Photophysiological properties of the marine picoeukaryote *Picochlorum* RCC237 (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology* 2007, **43**(2):275-283.[PHYTO-PAM]
50. Dimier C, Corato F, Tramontano F, Brunet C: Photoprotection and xanthophyll-cycle activity in three marine diatoms. *Journal of Phycology* 2007, **43**(5):937-947.[PHYTO-PAM]
51. Domis LNDS, Mooij WM, Huisman J: Climate-induced shifts in an experimental phytoplankton community: a mechanistic approach. *Hydrobiologia* 2007, **584**:403-413.[PHYTO-PAM]
52. Kim MK, Park JW, Park CS, Kim SJ, Jeune KH, Chang MU, Acreman J: Enhanced production of *Scenedesmus* spp. (green microalgae) using a new medium containing fermented swine wastewater. *Bioresource Technology* 2007, **98**(11):2220-2228.[PHYTO-PAM]
53. Schmitt-Jansen M, Altenburger R: The use of pulse-amplitude modulated (PAM) fluorescence-based methods to evaluate effects of herbicides in microalgal systems of different complexity *Toxicological and Environmental Chemistry* 2007, **89**(4):665-681.[PHYTO-PAM, WATER-PAM, MICROSCOPY-PAM]
54. Shen H, Song L-R: Comparative studies on physiological responses to phosphorus in two phenotypes of bloom-forming *Microcystis*. *Hydrobiologia* 2007, **592**:475-486.[PHYTO-PAM]
55. Tang D, Shi S, Li D, Hu C, Liu Y: Physiological and biochemical responses of *Scytonema javanicum* (cyanobacterium) to salt stress *Journal of Arid Environments* 2007, **71**(3):312-320.[PHYTO-PAM]
56. Wu Z-X, Gan N-Q, Huang Q, Song L-R: Response of *Microcystis* to copper stress - Do phenotypes of *Microcystis* make a difference in stress tolerance? *Environmental Pollution* 2007, **147**:324-330.[PHYTO-PAM]
57. Xing W, Huang W-M, Li D-H, Liu Y-D: Effects of Iron on Growth, Pigment Content, Photosystem II Efficiency, and Siderophores Production of *Microcystis aeruginosa* and *Microcystis wesenbergii* *Current Microbiology* 2007, **55**:94-98.[PHYTO-PAM]
58. Zhang M, Kong F, Xing P, Tan X: Effects of Interspecific Interactions between *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella pyrenoidosa* on Their Growth and Physiology. *International Review of Hydrobiology* 2007,

92(3):281-290.[PHYTO-PAM]

59. 陈丽芬, 郑锋: 叶绿素荧光技术快速测定水体藻类生物量的应用. *城镇供水* 2007(6):51-52.[PHYTO-PAM]
60. 康丽娟, 刘永梅, 李敦海, 刘永定: 不同盐度下水华束丝藻对CO₂浓度倍增的生理响应. *水生生物学报* 2007, 31(5):671-674.[PHYTO-PAM]
61. 刘永梅, 刘永定, 李敦海, 沈银武: 氮磷对水华束丝藻生长及生理特性的影响. *水生生物学报* 2007, 31(6):774-779.[PHYTO-PAM]
62. 吴晓东, 孔繁翔, 曹焕生, 张民, 刘桂民, 赵巧华: 越冬浮游植物光合作用活性的原位研究. *湖泊科学* 2007, 19(2):139-145.[PHYTO-PAM]
63. 张曼, 曾波: PhytoPAM浮游植物分析仪用于微藻光合作用研究中几种参数设定的优化. *植物生理学通讯* 2007, 43(1):148-152.[PHYTO-PAM]
64. 张曼, 曾波, 王明书, 吴国平, 任秋芳: 温度升高对高光强环境下蛋白核小球藻(*Chlorella pyrenoidosa*) 光能利用和生长的阻抑效应. *生态学报* 2007, 27(2):662-667.[PHYTO-PAM]
65. Ban A, Aikawa S, Hattori H, Sasaki H, Sampei M, Kudoh S, Fukuchi M, Satoh K, Kashino Y: Comparative analysis of photosynthetic properties in ice algae and phytoplankton inhabiting Franklin Bay, the Canadian Arctic, with those in mesophilic diatoms during CASES 03-04. *Polar Biosciences* 2006, 19:11-28.[PHYTO-PAM]
66. Bontes BM, Pel R, Ibelings BW, Boschker HTS, Middelburg JJ, Donk EV: The effects of biomanipulation on the biogeochemistry, carbon isotopic composition and pelagic food web relations of a shallow lake. *Biogeosciences* 2006, 3:69-83.[PHYTO-PAM]
67. Hilt S, Ghobrial MGN, Gross EM: In situ allelopathic potential of *Myriophyllum verticillatum* (Haloragaceae) against selected phytoplankton species. *Journal of Phycology* 2006, 42(6):1189-1198.[PHYTO-PAM]
68. Liang Y, Beardall J, Heraud P: Changes in growth, chlorophyll fluorescence and fatty acid composition with culture age in batch cultures of *Phaeodactylum tricornutum* and *Chaetoceros muelleri* (Bacillariophyceae). *Botanica Marina* 2006, 49(2):165-173.[PHYTO-PAM]
69. Lürling M, Geest Gv, Scheffer M: Importance of Nutrient Competition and Allelopathic Effects in Suppression of the Green Alga *Scenedesmus obliquus* by the Macrophytes *Chara*, *Elodea* and *Myriophyllum* *Hydrobiologia* 2006, 556(1):209-220.[PHYTO-PAM]
70. Mulderij G, Smolders AJP, van Donk E: Allelopathic effect of the aquatic macrophyte, *Stratiotes aloides*, on natural phytoplankton. *Freshwater Biology* 2006, 51(3):554-561.[PHYTO-PAM]
71. Quigg A, Kevekordes K, Raven JA, Beardall J: Limitations on microalgal growth at very low photon fluence rates: the role of energy slippage *Photosynthesis Research* 2006, 88(3):299-310.[PAM-2000, PHYTO-PAM]
72. Roessink I, Belgers JDM, Crum SJH, van den Brink PJ, Brock TCM: Impact of triphenyltin acetate in microcosms simulating floodplain lakes. II. Comparison of species sensitivity distributions between laboratory and semi-field. *Ecotoxicology* 2006, 15(5):411-424.[MINI-PAM, PHYTO-PAM]

73. Bontes BM, Pel R, Ibelings BW, Boschker HTS, Middelburg JJ, Donk Ev: The effects of biomanipulation on the biogeochemistry, carbon isotopic composition and pelagic food web relations of a shallow turf lake. *Biogeosciences Discussions* 2005, 2:997-1031.[PHYTO-PAM]
74. Casotti R, Mazza S, Brunet C, Vantrepotte V, Ianora A, Miralto A: Growth inhibition and toxicity of the diatom aldehyde 2-*trans*, 4-*trans*-decadienal on *Thalassiosira weissflogii* (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology* 2005, 41(1):7-20.[PHYTO-PAM]
75. Fietz S, Bleiß W, Hepperle D, Koppitz H, Krienitz L, Nicklisch A: First record of *Nannochloropsis limnetica* (Eustigmatophyceae) in the autotrophic picoplankton from lake Baikal. *Journal of Phycology* 2005, 41(4):780-790.[PHYTO-PAM]
76. Heraud P, Roberts S, Shelly K, Beardall J: Interactions between UV-B exposure and phosphorus nutrition. II. Effects on rates of damage and repair. *Journal of Phycology* 2005, 41(6):1212-1218.[PHYTO-PAM]
77. Jakob T, Schreiber U, Kirchesch V, Langner U, Wilhelm C: Estimation of chlorophyll content and daily primary production of the major algal groups by means of multiwavelength-excitation PAM chlorophyll fluorometry: performance and methodological limits. *Photosynthesis Research* 2005, 83:343-361.[PHYTO-PAM]
78. Shelly K, Roberts S, Heraud P, Beardall J: Interactions between UV-B exposure and phosphorus nutrition. I. Effects on growth, phosphate uptake, and chlorophyll fluorescence. *Journal of Phycology* 2005, 41(6):1204-1211.[PAM-2000, PHYTO-PAM]
79. van der Grinten E, Janssen APM, Mutsers Kd, Barranguet C, Admiraal W: Temperature- and light-dependent performance of the cyanobacterium *Leptolyngbya foveolarum* and the diatom *Nitzschia perminuta* in mixed biofilms. *Hydrobiologia* 2005, 548(1):267-278.[PHYTO-PAM]
80. Wang G, Chen L, Li G, Li D, Hu C, Chen H, Liu Y, Song L: Improving photosynthesis of microalgae by changing the ratio of light-harvesting pigments. *Chinese Science Bulletin* 2005, 50(15):1622-1626.[PHYTO-PAM]
81. Hu Z-Q, Liu Y-D, Li D-H: Physiological and biochemical analyses of microcystin-RR toxicity to the cyanobacterium *Synechococcus elongatus*. *Environmental Toxicology* 2004, 19(6):571-577.[PHYTO-PAM]
82. van der Grinten E, Janssen M, Simis SGH, Barranguet C, Admiraal W: Phosphate regime structures species composition in cultured phototrophic biofilms. *Freshwater Biology* 2004, 49:369-381.[PHYTO-PAM]
83. van der Grinten E, Simis S, Barranguet C, Admiraal W: Dominance of diatoms over cyanobacterial species in nitrogen-limited biofilms *Archiv fuer Hydrobiologie* 2004, 161(1):98-111.[PHYTO-PAM]
84. Verspagen JMH, Snelder EOFM, Visser PM, Huisman J, Mur LR, Ibelings BW: Recruitment of benthic *Microcystis* (Cyanophyceae) to the water column: internal buoyancy changes or resuspension? *Journal of Phycology* 2004, 40(2):260-270.[PHYTO-PAM]
85. 李阔宇, 宋立荣, 万能: 底泥中微囊藻复苏和生长特性的研究. *水生生物学报* 2004, 28(2):113-118.[PHYTO-PAM]
86. Lurling M: *Daphnia* growth on microcystin-producing and microcystin-free *Microcystis aeruginosa* in different mixtures with the green alga *Scenedesmus obliquus*. *Limnology and Oceanography* 2003,

48(6):2214-2220.[PHYTO-PAM]

87. Lüring M, Verschoor AM: Fo-spectra of chlorophyll fluorescence for the determination of zooplankton grazing. *Hydrobiologia* 2003, **491**:145-157.**[PHYTO-PAM]**
88. Mulderij G, Van Donk E, Roelofs GM: Differential sensitivity of green algae to allelopathic substances from *Chara*. *Hydrobiologia* 2003, **491**:261-271.**[PHYTO-PAM]**
89. Verschoor AM, Takken J, Massieux B, Vijverberg J: The Limnotrons: a facility for experimental community and food web research. *Hydrobiologia* 2003, **491**:357-377.**[PHYTO-PAM]**
90. Young EB, Beardall J: Photosynthetic function in *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyta) during a nitrogen starvation and recovery cycle. *Journal of Phycology* 2003, **39**(5):897-905.**[PHYTO-PAM]**
91. Körner S, Nicklisch A: Allelopathic growth inhibition of selected phytoplankton species by submerged macrophytes. *Journal of Phycology* 2002, **38**:862-871.**[PHYTO-PAM]**
92. Schreiber U, Gademann R, Bird P, Ralph PJ, Larkum AWD, Kühl M: Apparent light requirement for activation of photosynthesis upon rehydration of desiccated beachrock microbial mats. *Journal of Phycology* 2002, **38**:125-134.**[PHYTO-PAM]**
93. Nicklisch A, Köhler J: Estimation of primary production with Phyto-PAM-fluorometry. *Ann Report Inst Freshw Ecol Inland Fish Berlin* 2001, **13**:47-60.**[PHYTO-PAM]**
94. Varotto C, Pesaresi P, Maiwald D, Kurth J, Salamini F, Leister D: Identification of Photosynthetic mutants of *Arabidopsis* by automatic screening for altered effective quantum yield of photosystem 2. *Photosynthetica* 2000, **38**(4):497-504.**[PAM-100, PHYTO-PAM]**
95. Schreiber U: Chlorophyll fluorescence: new instruments for special applications. In: *Photosynthesis: Mechanisms and Effects*. Edited by Garab G, vol. V. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1998.
96. Kolbowski J, Schreiber U: Computer-controlled phytoplankton analyzer based on 4-wavelengths PAM chlorophyll fluorometer. In: *Photosynthesis: from light to Biosphere*. Edited by Mathis P, vol. V. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1995: 825-828.