

連続励起クロロフィル蛍光測定器 Handy PEA+



■ Handy PEA+の特長

- 筐体がコンパクト (170×85×40mm) 且つ軽量 (565g)
- USB2.0 通信
- 測定 1000 回分のフルデータをデバイスに保存でき、大規模スクリーニングに最適
- 高速クロロフィル蛍光における高時間分解能
- OJIP 測定 (Strasser et al 2000)
- Fm を正確に測定するための高輝度 LED アレイ
- ユーザー定義プロトコルをアップロード可能
- センサーユニットケーブルは 10m までの長さに対応可能
- 専用ソフトウェア付属

■ システム概要

小型且つ軽量のコントロールユニットにより高速クロロフィル蛍光誘導測定に欠かせない高い時間分解能を実現しています。基本的な測定は、Handy PEA+コントロールユニットから直接設定することができ、操作も容易です。また、プロトコル機能を使えば、より複雑な実験計画を立てることができます。プロトコル機能では、ユーザー定義のプロトコルを最大 5 つメモリに保存することができ、さまざまなフィールドアプリケーションに対応できます。プロトコル作成には、Windows® のカスタムソフトウェアパッケージ「PEA+」を使用します。また、液晶ディスプレイには、メニューオプションやデータが表示されます。センサーユニットは、3 個の超高輝度赤色 LED アレイで構成されており、この LED はピーク波長 650nm (クロロフィルに吸収されやすい波長) となるよう光学的フィルタリングがされており、サンプル表面で最大 $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の光強度を示します。

LEDはレンズを介して葉の表面に集光され、リーフクリップ（直径4mm）から露出した葉の領域を均一に照射します。光フィードバック回路は、LEDの内部発熱による出力強度の変化をモニターして補正します。また、周囲の温度変化による光強度変化も補正します。センサーユニットには、高性能PINフォトダイオードを採用しています。光学設計とフィルタリングにより、長波長の蛍光信号に最大限に反応し、短波長LED光の反射を遮断します。可変レート解析により、誘導の様々な段階において、異なる取得レートで蛍光信号をサンプリングすることができます。最初の300 μ 秒は10 μ 秒間隔でデータをサンプリングし、その後の誘導段階では、運動速度の低下に応じて低いサンプリングレートで分析します。0.1~300秒の測定を1000回までHandy PEA+の内蔵メモリに保存できます。計算されたパラメータは画面上に表示されますが、保存されたデータをUSB経由でPCに転送し、付属のPEA+ソフトウェアを使用することで、より包括的なデータ表示が可能になります。

■ リーフクリップと暗順応

連続励起蛍光システムではリーフクリップを使用します。まず、リーフクリップは、周囲光から蛍光検出器を保護します。周囲光は、蛍光と同じ波長帯の比較的高いレベルの赤色/赤外光であるため、センサーに影響を与えてしまいます。そして、リーフクリップは測定前にサンプルの一部を事前に暗順応させます。光化学系IIのFv/Fmを測定するには、測定前にサンプルを完全に暗順応させる必要があります。暗順応中、サンプル内のすべての反応中心は完全に酸化され、光化学に利用できるようになり、潜在的なクロロフィル蛍光収量はなくなります。このプロセスにかかる時間は、植物の種類、暗順応前の光、植物ストレスによって異なります。一般的には、暗順応を効果的に行うためには15~20分程度がかかります。PEA+リーフクリップは、白色のプラスチック製で、小型且つ軽量です。位置決めリングがあり、中央にはシャッタープレートで覆われた直径4mmの穴があります。測定時には、このシャッターをスライドさせ、サンプルにLEDを照射します。裏面は銀色になっており、入射光を反射することで、サンプルの熱の蓄積を最小限に抑え、周囲光が強い状況でも測定に影響を与えません。

■ 測定可能パラメータ

・ Fo

PSIIのアンテナにおける励起クロロフィルa分子による発光を表します。

真のFoレベルは、Qaと呼ばれるPSIIの最初の安定した電子受容体が完全に酸化された場合にのみ観察されます。そのためには暗順応が必要です。

・ Fm

連続光により得られた最大蛍光値。

このパラメータは、光強度が完全に飽和していて電子受容体Qaが減少している場合にのみ、最大と呼ばれることがあります。

・ Fv

値の可変部分を示し、光化学的消光の最大容量と関連します。

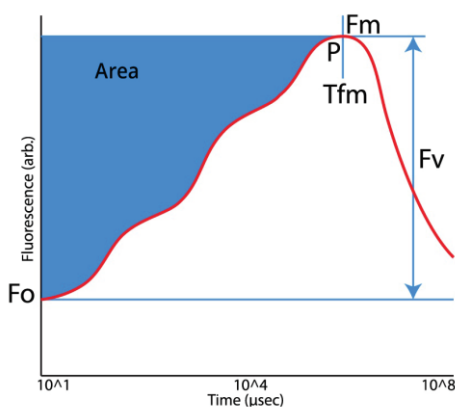
Fm値からFo値をマイナスしたものです。

・ F_v/F_m

PSII の最大量子効率の指標であり、植物の光合成性能の指標であると広く考えられています。

0~1 の間の比率として表され、健康なサンプルは通常約 0.85 の F_v/F_m 値となります。

これよりも低い値は、PSII 内の光化学的消光能力を低下させるようなストレス要因にサンプルがさらされたことを意味します。 F_v/F_m は、最大蛍光値 (F_m) に対する可変蛍光 (F_v) の比率として表されます。



・ T_{fm}

最大蛍光値 (F_m) に達した時間を示します。

このパラメータはサンプルストレスを示すために使用できます。

・ Area

F_0 と F_m 間の蛍光曲線の上のエリアは、光化学系 II 還元側の電子受容体 Q_a のプールサイズに比例します。

反応中心からキノプールへの電子移動がブロックされると (DCMU の作用等)、面積は劇的に減少します。

●OJIP 解析

ソフトウェアは、プリセットされた 5 種類のタイムマークでクロロフィル蛍光値を抽出します。

それぞれの時間は次の通り。

$T_1 = 50$ microseconds

$T_2 = 100$ microseconds

$T_3 =$ (K step) 300 microseconds

$T_4 =$ (J step) 2 milliseconds

$T_5 =$ (I step) 3 milliseconds

これらのタイムマークにおけるクロロフィル蛍光値は、他の測定値や計算値と合わせて、タイムベース 0 (蛍光誘発開始) を基準とした一連の生物物理学的パラメータを導き出すために使用されます。これらのパラメータは、一次光化学の最大収率、捕捉された励起子が電子輸送鎖の中で電子を Q_A -よりも先に移動させる効率、電子輸送の量子収率に加えて、吸収、捕捉、散逸、電子輸送のための特定のエネルギーフラックス (反応中心あたり) に対する光化学系 II の挙動を定量化します。





■ PEA+ソフトウェア

PEA+は、Handy PEA+に付属する多機能な Windows®プログラムで、システム設定、データ取得、測定後の分析を行うことができます。植物の光合成効率に影響を与えるストレス要因を示唆するサンプルの蛍光シグネチャーの微妙な違いを効果的に示すために、いくつかの異なるデータ表示技術が組み合わされています。データはグラフ、表、放射状プロットで表示することができ、Handy PEA+で測定された 58 のパラメータを表示することができます。転送されたデータは CSV 形式でエクスポートされ、外部ソフトウェア (Excel 等) でさらに統計的な分析を行うことができます。PEA+ではプロトコルエディタ機能により、Handy PEA の詳細設定が可能です。プロトコルは、単一または複数測定と事前照射時間を含むように定義され、USB 通信を介して Handy PEA+のメモリにアップロードできます。プロトコルを使用することで、実験室以外の場所で大規模スクリーニングを行うようなフィールドアプリケーションにおいて、結果の再現性を最大限に高めることができます。PEA+は、サポートされているすべてのマイクロソフト社製 OS で動作します。

●システム構成

- ・ Handy PEA+コントロールユニット
- ・ リーフクリップ 20 個
- ・ バッテリーチャージャー
- ・ キャリーバッグ
- ・ USB ケーブル
- ・ ソフトウェア、マニュアル



●関連システム

Pocket PEA は、シングルフラッシュ測定が可能な効果的なスクリーニングツールとして設計されています。設定可能な項目は、測定時間 (1 秒、3 秒、10 秒) と光強度 (最大 $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) のみで、Handy PEA+と比較して制限があります。M-PEA は、P700+吸光度と遅延蛍光の機能を追加した、より高度な蛍光システムです。



仕様

Pocket PEA

サイズ、重量	170×85×40mm、565g
通信	USB2.0
温度条件	0-40°C 非結露
バッテリー	ニッケル水素電池
充電器	8-13.5V入力 (公称12V入力)
ディスプレイ	8行×20文字 液晶ディスプレイ
光源	高輝度赤色LED@650nm(NIRショートパスカットオフフィルター装備)
最大光量	3500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
ディテクター	高速応答PINフォトダイオード(RG9ロングパスフィルター装備)
記録時間	0.1~300秒
メモリ容量	512K、1秒測定データを最大1000個保存可能

Parameters measured

OJIP Data:

tFm, Area, Fo, Fm, Fv

Normalised data:

Fo/Fm, Fv/Fm, Fv/fo, Vj = (Fj-Fo)/(Fm-Fo), Vi = (Fi-Fo)/(Fm-Fo)

Specific fluxes:

ABS/RC, Dlo/RC, TRo/RC, ETo/RC, REo/RC

Apparent fluxes per CSO:

ABS/RC, Dlo/RC, TRo/RC, ETo/RC, REo/RC

Partial performances:

$\Gamma(\text{RC})/(1-\Gamma(\text{RC}))$, $\Phi(\text{Po})/(1-\Phi(\text{Po}))$, $\Psi(\text{Eo})/(1-\Psi(\text{Eo}))$, PI(abs),

$\Delta(\text{Ro})/(1-\Delta(\text{Ro}))$

Time marks:

Ft1, Ft2, Ft3, Ft4, Ft5

Partial areas:

Fo to Ft1, Ft1 to Ft3, Ft1 to Ft4, Ft1 to Ft5, Ft3 to Ft4, Ft4 to Ft5, Ft5 to Fm

Slopes & integrals:

dVg/dto, dV/dto, Sm = Area/Fv, N = Sm/Ss, Sm/tFm

Yield = flux ratios:

TRo/ABS = $\Phi(\text{Po})$, ETo/TRo = $\Psi(\text{Eo})$, ETo/ABS = $\Phi(\text{Eo})$,

REo/ETo = $\Delta(\text{Ro})$, REo/ABS = $\Phi(\text{Ro})$

Apparent fluxes per CSm:

(ABS/CSm)~Fm, Dlo/CSm, TRo/CSm, ETo/CSm, REo/CSm

Total performance, driving force & rates:

PI(total), DF(abs), DF(total), kP/ABS * kF, kN/ABS * kF

User parameter:

3 User-entered values



デザイン及び仕様は、予告なしに変更される場合があります。

旭光通商株式会社

〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂 1-21-1 SHIBUYA SOLASTA 3F

TEL:03-6371-6908 FAX :03-6371-6933

<https://www.kyokko.com>