

種々の施肥量で育成後、水ストレスを与えたトウモロコシ、  
ダイズ葉の透過率、反射率と生理物理量の関係

Relation between transmittance or reflectance and physiological values of Zea Mays and  
Glycine Max rearing on various fertilizer levels and stressed on water to 6 degrees.

○三輪卓司\*, 于 貴瑞\*\*

(\* : 千葉大学環境リモートセンシング研究センター : 千葉市稲毛区弥生町,

\*\* : 千葉大学園芸学部 : 千葉県松戸市松戸 648)

○ Takuji MIWA \* and Gui-Rui YU \*\*

( \* : Center for Environmental Remote Sensing:1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi,

\*\* : Faculty of Horticulture, Chiba University:648, Mtsudo, Matsudo-shi, Chiba-ken.)

## 1. はじめに

これまでに、トウモロコシ:Zea Mays:ZM, ダイズ:Glycine Max:GM, サンゴジュ:*ViburnumAwabuki*:VA, ユリノキ:*Liriodendron tulipifera*:LTにつき以下の測定を実施した。1) 施肥量3段階, ポットで育成したZM, GM, ポット中で10年程度育成したVA, LTを試料とした。これらの採取葉に強制的に飽和まで吸水させた後、約1時間に1回、含水量と反射スペクトルを測定し、種々な含水量を表す量と種々な波長の反射率と反射率比の相関関係を詳細に解析し、含水量を表す量として単位面積当たりの含水比が最良で、樹種等に依存しない相関関係式を得た<sup>1)</sup>。2) 1)のZM, GM, VA, LTに6段階の水ストレスを与えた試料に対して、着枝状態の葉の反射スペクトル、種々の生理物理量を並行して測定し、反射スペクトルと種々の生理物理量の相関関係を詳細に解析した。また、1)で得た相関関係式を2)のデータに適用し良好な結果を得た<sup>1)</sup>。今回は、着枝状態の葉の拡散透過スペクトルを測定するユニットを試作し、試作ユニットの試験、透過・反射スペクトルと生理物理量の相関関係、透過スペクトルの特徴の検討に着手した結果を報告する。今年度の中間結果は日本リモートセンシング学会第27回学術講演会で発表した<sup>2)</sup>。今回の発表の大部分は、この発表の内容と重複し、装置、実験等について詳細に説明し、結果については概説的な説明に止める。現在、詳細な解析中であり、これらについては来年度に紹介する予定です。

## 2. 実験

### 2-1 : 装置 :

分光放射計 : Field Spec FR : FSFR (Analytical Spectral Devices, Inc.製) (測定波長域 : 350 - 2500nm) を使用した着枝 (茎) 状態の葉の反射は以前に作製し、これまでに種々のデータを取得して来た装置を整備した。拡散透過スペクトル測定用ユニットは、反射ユニットを主体としたもので、容易に透過ユニットに変換可能なユニットを目標として作製した。何れのユニットでも、スペクトル測定には、分光放射計 : FSFR を使用した。

Fig. 1-1 に着枝 (茎) 葉反射測定ユニットの概念図を、Fig. 1-2 に着枝葉拡散透過ユニット概念図を示す。

反射ユニット : Fig. 1-1 では、光源は規格 12V, 50W のタングステンハロゲンランプ 2 灯を、直流安定化電源を使用して、被測定葉を測定時の熱損傷から守る為に 7V で点灯した。その結果短波長ではセンサ : InGaAs の低感度に加えて低光放射の為に、450nm より短波長では N/S が悪く、実質上 450nm でのみ使用可能である。

透過ユニット : Fig.1-2 では、光源には規格 12V, 50W タングステンハロゲンランプ 1 灯を定電圧電源で 11V で点灯した。受光部は、リモートコサインリセプタ : RCR 内にセンシングプローブをセットした。試料 (葉等) は、ホルダに挟んで、RCR の受光面の直前 (0.5mm 程度) に配置した。RCR は、Field Spec FR 用に A.S.D.社の純正品であるが、使用可

能域が、400-2200nm に制限されており、この全域でかなり良好なデータが取得される。

検証データを得るために、分光光度計：Lambda 19: Perkin Elmer 社製に積分球：Labsphere 社製を付けて、反射、透過スペクトル等を測定した。

## 2-2: 試料

装置の検証用の試料として、日本色彩研究所製の赤、緑、青の色紙を用いた。

トウモロコシ:Zea Mays:ZM, ダイズ:Glycine Max:GM の2種を対象植物とした。1/5000 アールポットで5段階の施肥量（日本エフシー KK 8:8:8 化成肥料, 1:0, 2:3, 3:6, 4:9, 5:12g/pot）で育成後、測定の前10日前から灌水量を調整して、6段階の水ストレスを与えた試料を調製した。水ストレスは、1, 2, 3, 4, 5, 6の順に強く掛けた試料を表す。ポット試料は、施肥量5種で育成したが、多くの場合に目視観察で4段と5段は差が認められなかったため、5段目試料の測定を省略し、4種（段階）測定を実施した。

## 2-3: 測定

測定は、FSFR のWRモードで実施した。つまり、標準白板：Spectralon 50x50mm：Labsphere 社製（校正表付）を使用して最適化、標準状態：100%ライン設定を実施後、標準白板に対する試料の反射率スペクトルを測定した。測定域全域で標準白板の反射率はほぼなので、測定値に対する校正表による補正は行わず、測定値を直接使用した。何れの場合にも、着枝葉の測定は、予め標準白板で最適化、標準状態の設定実施後、あまり無理の掛からない状態に測定葉をホルダに固定し、その状態でカーテンを下ろして外光が無視できる状態に設定後、反射スペクトルを測定した。

並行して測定した生理物理量は11種で、流量、気温、葉温、相対湿度、光量子密度、気孔コンダクタンス、蒸散速度はボロメータで、光合成量（SPND値）は専用メータで測定した。水ポテンシャルはスペクトル測定終了後葉を採取し圧力チャンバー法で、葉と土壌の水含量は、スペクトル測定終了後、葉と土壌を採取して、乾燥法（採取直後の重量と80°Cのオーブン中で3日以上乾燥後の重量の差を水含量とする）で求めた。測定は、先ず拡散透過スペクトルと採取しなくても測定可能な生理物理量を並行して実施した。その後、可能な限り短時間内に、反射スペクトルと全項目の生理物理量測定を実施した。

## 3. 結果

### 3-1. 検証結果

検証は、積分球を付けた分光光度計の反射、拡散透過データと試作ユニットを用いた分光放射のデータを詳細に比較検討する事によって行った。先ず、検証用の色紙3種のデータについて詳細に比較検討して試作ユニットで正常なデータが取得される事を確認した。その後、試験的に採取した葉について正常なデータが得られる事を確認した。これによって試作ユニットで正常なデータが取得されると判断し、試料の着枝葉に対して測定を実施した。

### 3-2. 試料葉結果

この要旨では、トウモロコシのデータを例示する。Fig. 2にはトウモロコシの反射スペクトルを示す。左列の4つの図は、施肥量4段の試料に、何れにも水ストレスを6段掛けた場合のスペクトルを示し、上段から下段方向に、施肥量1, 2, 3, 4場合を示す。右列の4図は特定の水ストレス状態の施肥量によるスペクトル変動を示す。上段から下段方向に水ストレス1, 3, 5, 6段の場合を示す。Fig. 3にはトウモロコシの透過スペクトルを示す。左列の4つの図は、施肥量4段の試料に、何れにも水ストレスを6段掛けた場合のスペクトルを示し、上段から下段方向に、施肥量1, 2, 3, 4場合を示す。右列の4図は特定の水ストレス状態の施肥量によるスペクトル変動を示す。上段から下段方向に水ストレス1, 3, 5, 6段の場合を示す。以上2図には、各施肥量、各水ストレスポット試料に付いて2枚の葉に付いて測定したしたので、左列図には12本、右列図には8本のデータが表示されている。これらのトウモロコシデータの概要をFig. 4に示す。上段は透過スペクトル、下段は反射スペクトルを示す。左列は施肥量3段目試料に水ストレスを6段階掛けた場合のスペクトル変動を、右列は施肥量4段階で育成した試料に6段目の水ストレスを掛けた場合の変動を示す。

#### 4. まとめ と 結論

今回は、実験について詳細に説明し、結果は概要のみを説明します。「1. はじめ」で述べた様に、これまでに3段階の施肥量で育成後、水ストレスを6段階かけたトウモロコシ、ダイズのポット試料と10年程度ポット中で育成したユリノキ、サンゴジュに6段階の水ストレスを与えた試料について、反射スペクトル測定と並行して種々の生理物理量を測定し、反射と生理物理量の相関関係を詳細に調べ、成分分析結果との相関関係検討を除きほぼまとまったデータが得られました。これまでに、分光光度計に積分球を付けて、樹木の採取葉に対して反射、透過スペクトルのみでなく、種々なスペクトルの検討を行って来ました。それによると、反射スペクトルと透過スペクトルでは、第0次的概要では、類似の変動を示しますが、第1次的にはかなり異なる挙動が確認されました。これまで、野外等の現場で分光放射計による拡散透過スペクトル測定を全く行いませんでしたが、私のみで無く現場での透過スペクトルに関する研究報告は非常に少ないと思われます。分光光度計による結果では、反射スペクトルとはかなり異なる変動を示すだけでなく、透過スペクトルの方が反射スペクトルより特徴をより良く表している事が確認されて来ました。従いまして、施肥量を変えて育成後水ストレスを与えた試料の場合でも、並行して測定した種々生理物理量との相関関係として、透過スペクトルでは反射より良好な関係が得られと推察されました。測定結果は、樹木の採取葉と同様に、反射と透過では、第0次的には類似な変動を示しますが、第1次的にはかなり挙動を示す事が確認されましたが、更に詳細な検討が必要と判断されました、従いまして、詳細な検討結果の報告は次年度の報告とする予定です。

#### 参考文献

- 1) 三輪外：日本リモートセンシング学会第24回学術講演会論文集 p41-p42, p243-p244 (199.5), 25回 p45-p46, p47-p48 (1999.11), 26回 p599-p600, p661-p662 (1999.5)
- 2) 三輪外：日本リモートセンシング学会第27回学術講演会論文集 p55-p56 (1999.11)

Fig. 1 Block diagrams of the measuring units for reflection spectra (left:1-1) and transmission spectra (right:1-2) of a leaf on a twig.

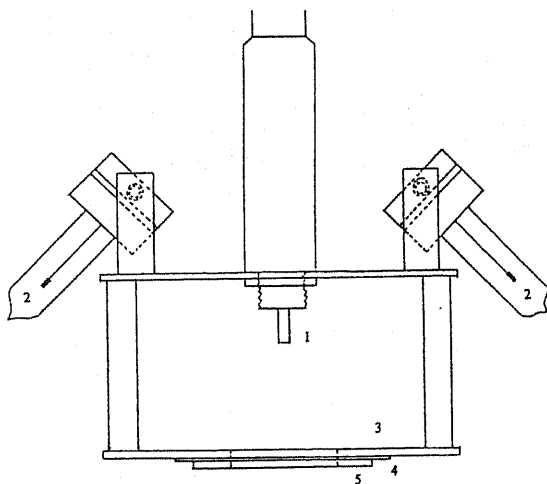


Fig. 1-1 Schematic diagram of trail unit for diffuse reflection spectra by spectroradiometer:Field Spec FR (FSFR)  
1:optical fiber tip of FSFR, 2:tungsten-halogen lamps, 3:sample holder, 4:sample: leaf, etc., 5:metal fittings for holding sample (leaf, etc.)

Fig. 1-2 Schematic diagram of trail unit for diffuse transmission spectra by spectroradiometer:Field Spec FR (FSFR) with remote cosine receptor.

1:optical fiber tip of FSFR, 2:remote cosine receptor for FSFR, 3:sample holder, 4:sample, 5:tungsten halogen lamp

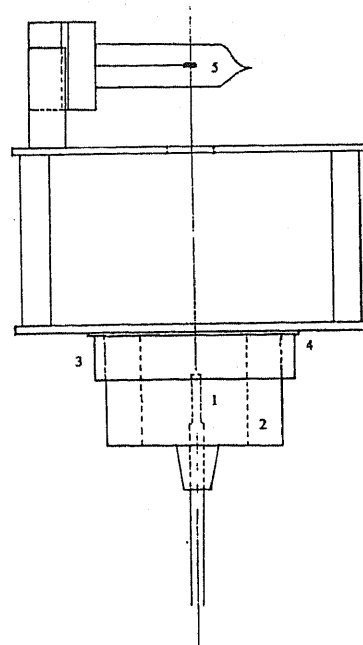
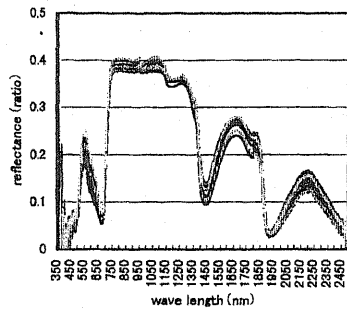


Fig. 2 Reflection spectra of Zea Mays levels reared at 4 fertilizer levels and of 6 degree water stresses.

Left column: reared at the 0th, 1st, 2nd, 3rd fertilizer levels and stressed in water to 6 kind degrees.

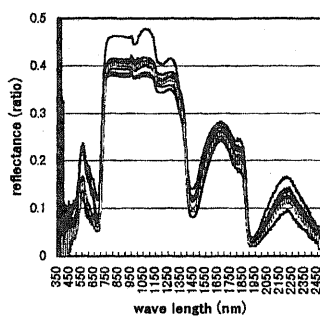
Right column: reared at the 5 or 4 kind fertilizer levels and stressed in water to the 1st, 3rd, 5th, 6th degrees.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 0 and stressed to 6 levels on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



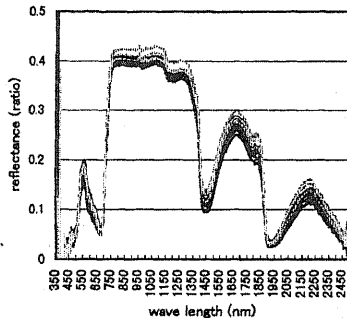
ZTW1F01A.001 ZM R.S. F0 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F02A.001 ZM R.S. F0 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW2F01A.001 ZM R.S. F0 W2 L1 1999.07.20.  
 ZTW2F02A.001 ZM R.S. F0 W2 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F01A.001 ZM R.S. F0 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F02A.001 ZM R.S. F0 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW4F01A.001 ZM R.S. F0 W4 L1 1999.07.20.  
 ZTW4F02A.001 ZM R.S. F0 W4 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F01A.001 ZM R.S. F0 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F02A.001 ZM R.S. F0 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F01A.001 ZM R.S. F0 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F02A.001 ZM R.S. F0 W6 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 5 fertilizer levels and stressed to level 1 on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



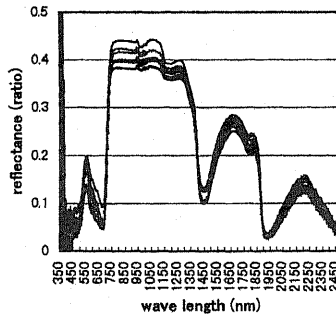
ZTW1F01A.001 ZM R.S. F0 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F02A.001 ZM R.S. F0 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW1F11A.001 ZM R.S. F1 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F12A.001 ZM R.S. F1 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW1F21A.001 ZM R.S. F2 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F22A.001 ZM R.S. F2 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW1F31A.001 ZM R.S. F3 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F32A.001 ZM R.S. F3 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW1F41A.001 ZM R.S. F4 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F42A.001 ZM R.S. F4 W1 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 1 and stressed to 6 levels on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



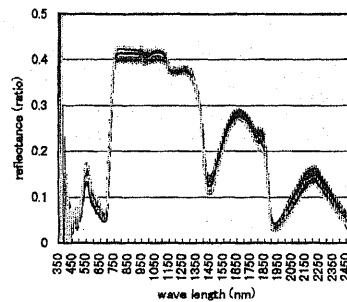
ZTW1F11A.001 ZM R.S. F1 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F12A.001 ZM R.S. F1 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW2F11A.001 ZM R.S. F1 W2 L1 1999.07.20.  
 ZTW2F12A.001 ZM R.S. F1 W2 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F11A.001 ZM R.S. F1 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F12A.001 ZM R.S. F1 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW4F11A.004 ZM R.S. F1 W4 L1 1999.07.20.  
 ZTW4F12A.004 ZM R.S. F1 W4 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F11A.004 ZM R.S. F1 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F12A.004 ZM R.S. F1 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F11A.004 ZM R.S. F1 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F12A.004 ZM R.S. F1 W6 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 4 fertilizer levels and stressed to level 3 on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



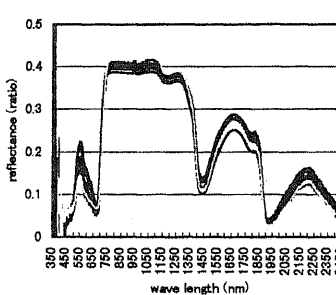
ZTW3F01A.001 ZM R.S. F0 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F02A.001 ZM R.S. F0 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F11A.001 ZM R.S. F1 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F12A.001 ZM R.S. F1 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F21A.001 ZM R.S. F2 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F22A.001 ZM R.S. F2 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F31A.001 ZM R.S. F3 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F32A.001 ZM R.S. F3 W3 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 2 and stressed to 6 levels on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



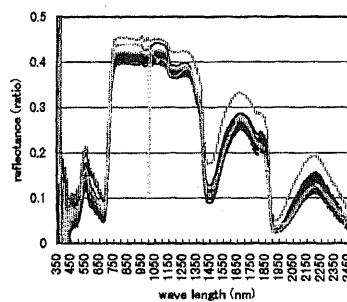
ZTW1F21A.001 ZM R.S. F2 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F22A.001 ZM R.S. F2 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW2F21A.001 ZM R.S. F2 W2 L1 1999.07.20.  
 ZTW2F22A.001 ZM R.S. F2 W2 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F21A.001 ZM R.S. F2 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F22A.001 ZM R.S. F2 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW4F21A.001 ZM R.S. F2 W4 L1 1999.07.20.  
 ZTW4F22A.001 ZM R.S. F2 W4 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F21A.001 ZM R.S. F2 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F22A.001 ZM R.S. F2 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F21A.001 ZM R.S. F2 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F22A.001 ZM R.S. F2 W6 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 4 fertilizer levels and stressed to level 5 on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



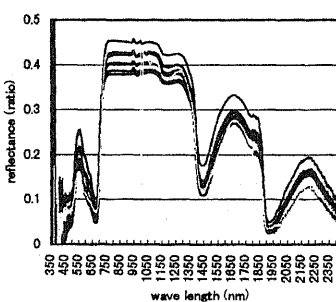
ZTW5F01A.001 ZM R.S. F0 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F02A.001 ZM R.S. F0 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F11A.004 ZM R.S. F1 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F12A.004 ZM R.S. F1 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F21A.001 ZM R.S. F2 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F22A.001 ZM R.S. F2 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F31A.001 ZM R.S. F3 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F32A.001 ZM R.S. F3 W5 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 3 and stressed to 6 levels on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



ZTW1F31A.001 ZM R.S. F3 W1 L1 1999.07.20.  
 ZTW1F32A.001 ZM R.S. F3 W1 L2 1999.07.20.  
 ZTW2F31A.001 ZM R.S. F3 W2 L1 1999.07.20.  
 ZTW2F32A.001 ZM R.S. F3 W2 L2 1999.07.20.  
 ZTW3F31A.001 ZM R.S. F3 W3 L1 1999.07.20.  
 ZTW3F32A.001 ZM R.S. F3 W3 L2 1999.07.20.  
 ZTW4F31A.001 ZM R.S. F3 W4 L1 1999.07.20.  
 ZTW4F32A.001 ZM R.S. F3 W4 L2 1999.07.20.  
 ZTW5F31A.001 ZM R.S. F3 W5 L1 1999.07.20.  
 ZTW5F32A.001 ZM R.S. F3 W5 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F31A.001 ZM R.S. F3 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F32A.001 ZM R.S. F3 W6 L2 1999.07.20.

Reflection spectra of Zea Mays 1 and 2 reared on 4 fertilizer levels and stressed to level 6 on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



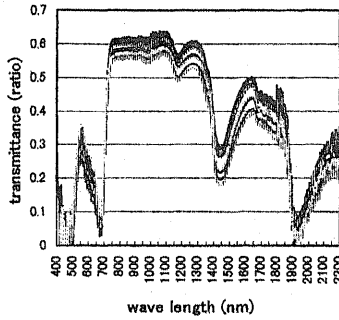
ZTW6F01A.001 ZM R.S. F0 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F02A.001 ZM R.S. F0 W6 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F11A.004 ZM R.S. F1 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F12A.004 ZM R.S. F1 W6 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F21A.001 ZM R.S. F2 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F22A.001 ZM R.S. F2 W6 L2 1999.07.20.  
 ZTW6F31A.001 ZM R.S. F3 W6 L1 1999.07.20.  
 ZTW6F32A.001 ZM R.S. F3 W6 L2 1999.07.20.

Fig. 3 Transmission spectra of Zea Mays reared at 4 fertilizer levels and of 6 degree water stresses.

Left column: reared at the 0th, 1st, 2nd, 3rd fertilizer levels and stressed in water to 6 kind degrees.

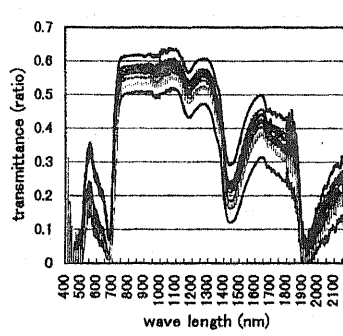
Right column: reared at the 5 or 4 kind fertilizer levels and stressed in water to the 1st, 3rd, 5th, 6th degrees.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 0 and stressed to 6 levels on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



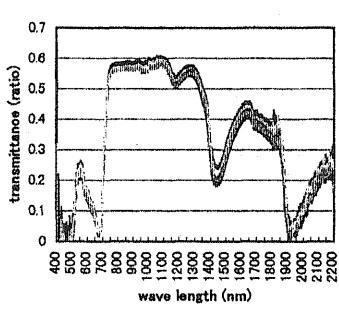
- ZHW1F01A.001 ZM T.S.
- F0 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F02A.001 ZM T.S.
- F0 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW2F01A.001 ZM T.S.
- F0 W2 L1 1999.07.20.
- ZHW2F02A.001 ZM T.S.
- F0 W2 L2 1999.07.20.
- ZHW3F01A.001 ZM T.S.
- F0 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F02A.001 ZM T.S.
- F0 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW4F01A.001 ZM T.S.
- F0 W4 L1 1999.07.20.
- ZHW4F02A.001 ZM T.S.
- F0 W4 L2 1999.07.20.
- ZHW5F01A.001 ZM T.S.
- F0 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F02A.001 ZM T.S.
- F0 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW6F01A.001 ZM T.S.
- F0 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F02A.001 ZM T.S.
- F0 W6 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 5 fertilizer levels and stressed to level 1 on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



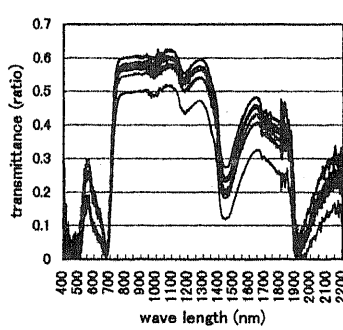
- ZHW1F01A.001 ZM T.S.
- F0 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F02A.001 ZM T.S.
- F0 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW1F1A.001 ZM T.S.
- F1 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F12A.001 ZM T.S.
- F1 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW1F2A.001 ZM T.S.
- F2 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F22A.001 ZM T.S.
- F2 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW1F3A.001 ZM T.S.
- F3 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F32A.001 ZM T.S.
- F3 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW1F4A.001 ZM T.S.
- F4 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F42A.001 ZM T.S.
- F4 W1 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 1 and stressed to 6 levels on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



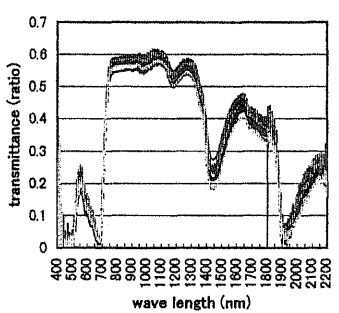
- ZHW1F11A.001 ZM T.S.
- F1 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F12A.001 ZM T.S.
- F1 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW2F11A.001 ZM T.S.
- F1 W2 L1 1999.07.20.
- ZHW2F12A.001 ZM T.S.
- F1 W2 L2 1999.07.20.
- ZHW3F11A.001 ZM T.S.
- F1 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F12A.001 ZM T.S.
- F1 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW4F11A.001 ZM T.S.
- F1 W4 L1 1999.07.20.
- ZHW4F12A.001 ZM T.S.
- F1 W4 L2 1999.07.20.
- ZHW5F11A.001 ZM T.S.
- F1 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F12A.001 ZM T.S.
- F1 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW6F11A.001 ZM T.S.
- F1 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F12A.001 ZM T.S.
- F1 W6 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 4 fertilizer levels and stressed to level 3 on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



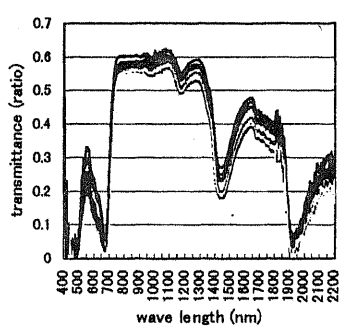
- ZHW3F01A.001 ZM T.S.
- F0 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F02A.001 ZM T.S.
- F0 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW3F1A.001 ZM T.S.
- F1 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F12A.001 ZM T.S.
- F1 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW3F2A.001 ZM T.S.
- F2 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F22A.001 ZM T.S.
- F2 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW3F3A.001 ZM T.S.
- F3 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F32A.001 ZM T.S.
- F3 W3 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 2 and stressed to 6 levels on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



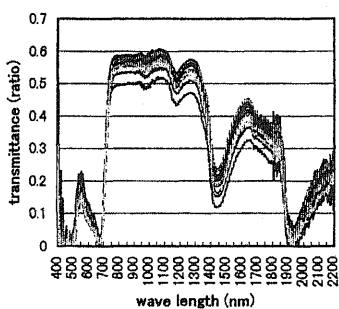
- ZHW1F21A.001 ZM T.S.
- F2 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F22A.001 ZM T.S.
- F2 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW2F21A.001 ZM T.S.
- F2 W2 L1 1999.07.20.
- ZHW2F22A.001 ZM T.S.
- F2 W2 L2 1999.07.20.
- ZHW3F21A.001 ZM T.S.
- F2 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F22A.001 ZM T.S.
- F2 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW4F21A.001 ZM T.S.
- F2 W4 L1 1999.07.20.
- ZHW4F22A.001 ZM T.S.
- F2 W4 L2 1999.07.20.
- ZHW5F21A.001 ZM T.S.
- F2 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F22A.001 ZM T.S.
- F2 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW6F21A.001 ZM T.S.
- F2 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F22A.001 ZM T.S.
- F2 W6 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 4 fertilizer levels and stressed to level 5 on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



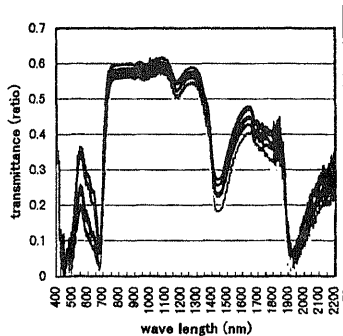
- ZHW5F01A.001 ZM T.S.
- F0 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F02A.001 ZM T.S.
- F0 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW5F1A.001 ZM T.S.
- F1 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F12A.001 ZM T.S.
- F1 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW5F2A.001 ZM T.S.
- F2 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F22A.001 ZM T.S.
- F2 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW5F3A.001 ZM T.S.
- F3 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F32A.001 ZM T.S.
- F3 W5 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on fertilizer level 3 and stressed to 6 levels on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



- ZHW1F31A.001 ZM T.S.
- F3 W1 L1 1999.07.20.
- ZHW1F32A.001 ZM T.S.
- F3 W1 L2 1999.07.20.
- ZHW2F31A.001 ZM T.S.
- F3 W2 L1 1999.07.20.
- ZHW2F32A.001 ZM T.S.
- F3 W2 L2 1999.07.20.
- ZHW3F31A.001 ZM T.S.
- F3 W3 L1 1999.07.20.
- ZHW3F32A.001 ZM T.S.
- F3 W3 L2 1999.07.20.
- ZHW4F31A.001 ZM T.S.
- F3 W4 L1 1999.07.20.
- ZHW4F32A.001 ZM T.S.
- F3 W4 L2 1999.07.20.
- ZHW5F31A.001 ZM T.S.
- F3 W5 L1 1999.07.20.
- ZHW5F32A.001 ZM T.S.
- F3 W5 L2 1999.07.20.
- ZHW6F31A.001 ZM T.S.
- F3 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F32A.001 ZM T.S.
- F3 W6 L2 1999.07.20.

Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 and 2 reared on 4 fertilizer levels and stressed to level 6 on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



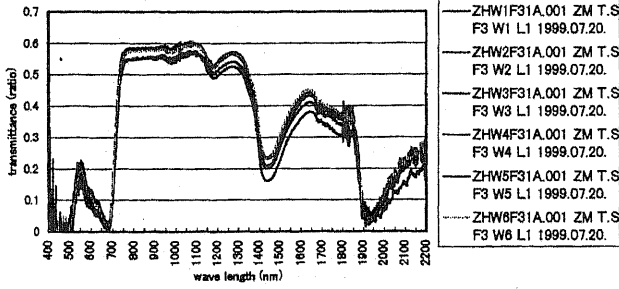
- ZHW6F01A.001 ZM T.S.
- F0 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F02A.001 ZM T.S.
- F0 W6 L2 1999.07.20.
- ZHW6F1A.001 ZM T.S.
- F1 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F12A.001 ZM T.S.
- F1 W6 L2 1999.07.20.
- ZHW6F2A.001 ZM T.S.
- F2 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F22A.001 ZM T.S.
- F2 W6 L2 1999.07.20.
- ZHW6F3A.001 ZM T.S.
- F3 W6 L1 1999.07.20.
- ZHW6F32A.001 ZM T.S.
- F3 W6 L2 1999.07.20.

**Fig. 4 Spectral change of Zea Mays leaves reared at 4 kind fertilizer levels and stressed in water to 6 kind degrees.**

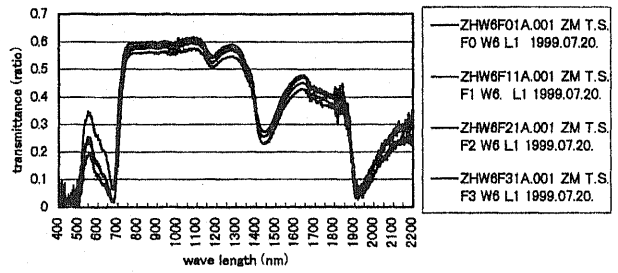
Upper raw: transmission spectra, Under raw: reflection spectra

Left column: reared at the 3rd fertilizer level and stressed in water to 6 degrees. Right column: stressed in water to the 6th degree and reared at 4 kind fertilizer levels.

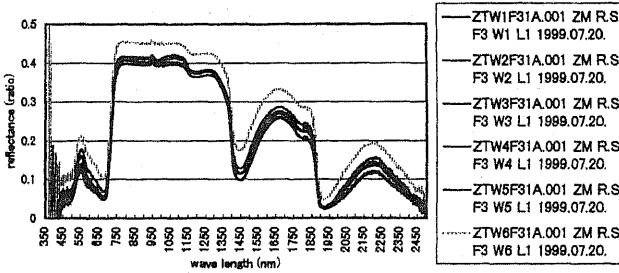
Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 reared on fertilizer level 3rd and stressed to 6 levels on water by FSFR with RCR at 1997.07.20.



Transmission spectra of Zea Mays leaf 1 reared on 4 fertilizer levels and stressed to 6th level on water by FSFR with RCR at 1999.07.20.



Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 reared on fertilizer level 3rd and stressed to 6 levels on water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.



Reflection spectra of Zea Mays leaf 1 reared on 4 fertilizer levels and stressed to 6th level no water by FSFR of FOV 25° at 1999.07.20.

