農業気象 (*J. Agric. Meteorol.*) 53 (2): 111–118, 1997

沿岸傾斜地ミカン果樹園における散乱日射の 波長特性に及ぼす海面からの反射日射の影響

脇山 恭行・大場 和彦

(九州農業試験場)

Effect of Radiation Reflected from the Sea on the Spectrum of Diffuse
Radiation at the Canopy of Orchard on the Slope facing to the Sea

Yasuyuki WAKIYAMA and Kazuhiko OHBA

(Kyushu National Agricultural Experiment Station,)
(2421, Suya, Nishigoushi, Kumamoto, 861-11 Japan)

Abstract

In order to investigation the effect of radiation reflected from the sea on the spectrum of diffuse radiation at the canopy of orchard, spectral radiance of the sea, sky and canopies of orange orchard were measured with a spectrophotometer on the slope facing to the sea. Diffuse spectral irradiance on the sea side of the canopy was also measured.

The spectral pattern of the radiance of the sea was similar to that of the sky; photosynthetically active radiation (PAR, 400–700 nm) dominated to near infrared radiation (NIR, 700–1100 nm). In the radiance of the canopy, however, NIR dominated. PAR in diffuse radiation reaching the canopy was enriched more by the reflected radiation of the sea than by that of the canopy. The radiance of the sea reached its maximum near sunset when the reflection became specular. PAR in diffuse radiation at the canopy was greater by 8.7% at the high elevation (240 m above sea level) than at the low elevation (110 m). The corresponding shape factors of the sea for the high and low elevations which were calculated based on photographs were 0.072 and 0.048 respectively, suggesting that PAR in diffuse radiation on slope could be reflected as a function of a shape factor of the sea.

The enrichment of PAR in diffuse radiation by the reflected radiation of the sea may suggest the light condition of the orchard on the slope facing to the sea would become favorable for photosynthesis.

Key words: Photosynthetically active radiation, Radiation reflected from the sea, Shape factor, Slope facing to the sea.

キーワード: 沿岸傾斜地, 海面反射日射, 形態係数, 光合成有効放射

1. はじめに

わが国の柑橘類の産地では、海に面した傾斜地に樹園地が形成されている場合が少なくない。このような沿岸傾斜地での栽培の利点の一つとして、日射の有効利用があげられている。すなわち、平坦な地表面に入射する全

天日射は、直達日射と天空からの散乱日射から成っているが、海に面した傾斜地では、これらの日射成分に加え、海面に反射した日射が入射するとされている。これが、柑橘類の食味などの品質の向上をもたらしていると指摘されてきた。

松本ら(1973)は、食味に大きな影響を及ぼすウンシユウミカンの遊離酸含量について、海岸からの距離が小さい樹園地のミカンは遊離酸含量が少なく、食味が良い

1996年9月9日 受付, 1997年2月14日 受理
1992年7月4日, 1994年6月8日 全国大会にて発表

と報告している。一方、津野(1990)は簡単な測定にもとづいて、ミカン樹の光合成速度を算出し、海面反射日射の影響を受けない内陸部のミカン樹に比べて、沿岸傾斜地では日射環境が有利であると述べている。

しかし、沿岸傾斜地に入射する海面からの反射日射の特性について、実測にもとづいて研究した例はみあたらない。これは、斜面に入射する散乱日射を天空からの散乱日射、海面からの反射日射及び前方に広がる樹冠からの反射日射に分離して測定することが困難であったことによる。最近、対象物の放射輝度を容易に測定できる装置が入手できるようになった。そこで本研究では、この装置を活用し、沿岸傾斜地ミカン果樹園において、天空、海面及び前方に広がるミカン樹の樹冠の波長別放射輝度並びに海に向けた樹冠面に入射する散乱日射の波長分布を測定することによって、海に面した樹冠に入射する散乱日射の波長特性に及ぼす海面からの反射日射の影響を評価しようとした。

2. 方 法

2.1 測定場所

測定は熊本市河内町(北緯 $32^{\circ}50'$ 、東経 $130^{\circ}36'$)の有明海に面した傾斜地果樹園で実施した。Fig.1に示すように、この傾斜地は南西方向が海に面し、平均斜度は約 20° 、斜面の頂部の標高は350mである。標高50m以下の高台は一部宅地に利用されているが、傾斜地の大部分は樹高1.5~2.5mのウンシュウミカンが栽培されていた。地点Mから35mmレンズで撮影した海面の状態をFig.3-Aに示した。

2.2 測定装置

測定装置として波長別光エネルギー分析装置(ライカー社, LI-1800)を用いた。この装置の受光部に望遠鏡あるいはリモートコサインレセプターを取り付けることによって、400nmから1100nmの波長域の輝度、

及び水平面に入射する半球面からの日射エネルギーを測定することができる。天空、海面及び前方に広がるミカン樹の樹冠(以下、前方樹冠)の波長別放射輝度の測定には望遠鏡を用い、樹冠部に入射する散乱日射の測定にはリモートコサインレセプターを用い測定した。なお、研究実施期間中2回の校正を行った。

2.3 散乱日射の波長別日射エネルギーの測定

Fig.1に示すJ地点(標高110m)、O地点(170m)及びQ地点(240m)の海に面した標高の異なる3地点において、海に面した樹冠から水平に南西(海上)方向をみた場合の、半球面から入射する散乱日射の波長別エネルギーを移動観測により測定した。いずれの測定地点も果樹園農道上の視界の良い場所であった。測定は、リモートコサインレセプターを用いて、直達日射を遮蔽板で遮り受光部の面を南西に向けて行った(Fig.2-A)。移動観測は標高110m地点から始め、170m、240m地点へと標高の低い地点から高い地点へ、逆に240m地点から110m地点へと標高の高い地点から低い地点へと進めた。往路、復路のそれぞれの測定が終わるまで約15分かった。また、Fig.1に示したC、D、H、K、N、Pの各地点においても、同様に移動観測を実施した。この測定中、日射量に変化し、測定点間のデータの定量的な比較が困難となる場合が想定された。そこで、水平面に入射する全天日射、直達日射及び散乱日射を15分毎に計算し、全天日射変化の移動観測測定値への影響の有無を判定した。なお、直達日射はブーゲの式を、散乱日射はベルラーゲの理論式を用いて計算し、全天日射はこれらの合計値から求めた(蔵田ら, 1984)。さらに、移動観測と平行し、全天日射計で日射量の瞬間値を記録した。この日射データは、移動観測データを解析するにあたって、日射量が安定している時間帯の判定に使用した。測定は、4~5月及び10~11月の快晴日の午後に行った。

2.4 天空、海面及び前方樹冠の波長別放射輝度の測定

標高約50mの農道(Fig.1, R地点)において、天空、海面及び前方樹冠の波長別放射輝度とそれの太陽高度に伴う日変化を測定した。Fig.2-Bに示すように、この地点からは、斜面下方に広がる果樹園と海面を広く視野に入れることができた。波長別放射輝度の測定にあたっては、望遠鏡の視野角を 4° とし、それぞれの対象が視野角内全体に入るように調節した。天空の放射輝度は、方位を太陽の方位角より 60° または 30° 南に、仰角を太陽高度と同じ天空に向け測定した。海面の放射輝度は、望遠鏡の伏角を 2.5° 、方位は太陽と同じ方向または常に南西の海上に向けて測定した。前方樹冠は、伏角を 2° 、方位を常に南の斜面に向け測定した。斜面前

Fig. 1. Location of observation.

Fig. 2. Means of the measurement.

A: Measurement of the irradiance with the remote cosine receptor.

B: Measurement of the radiance with the telescope.

方樹冠の測定の場合、樹冠に加え下草や裸地も視野に入る場合があった。しかし、その占める割合は小さかったので、測定値に及ぼす影響は無視するものとした。測定は5月の快晴日の午後に実施した。

2.5 海面、斜面及び天空の形態係数の算出

Fig.1 に示したAからQ地点の各測定地点からみた海面の形態係数、斜面の形態係数及び天空の形態係数を求めるために、魚眼レンズ(Nikkor, 8 mm, $f/2.8$)を用い、各測定地点で、受光部(リモートコサインレセプター)と同じように、南西の海上方向に向け写真撮影した。魚眼レンズの撮影形式は、等距離射影、画角は 180° である。撮影した画面に、等距離射影撮影画面用の天空率算定図(日本建築学会, 1982; 日本建築学会編, 1982)を重ね合わせ、海面の形態係数、斜面の形態係数及び天空の形態係数を求めた。地点Mから魚眼レンズを用いて撮影した海面の状態を Fig.3-B に示す。

3. 結果及び考察

3.1 異なる標高における散乱日射の波長別日射エネルギー

1990年11月12日の午後14時14分から14時33分に、異なる標高で測定した散乱日射の波長別エネルギーを Fig.4 に示した。光合成有効放射(以下、PAR)の波長範囲($400\sim700\text{nm}$)では、標高の高い地点ほど日射エネルギーは大きい値を示した。この波長帯のエネルギー値は、J地点(標高110m)では 105.6Wm^{-2} 、O地点(170m) 110.1Wm^{-2} 、Q地点(240m) 114.8Wm^{-2} とJ

Fig. 3. Photographs of the sea surface.

A: With the 35mm lens.

B: With the fisheye lens.

Fig. 4. Diffuse spectral irradiance on the canopy of orange orchard for different elevations on Nov. 14, 1990.

— : Elevation is 240m (Q location of observation).
 --- : Elevation is 170m (O).
 - · - : Elevation is 110m (J).

地点に対して、O地点は4.2%、Q地点は8.7%日射エネルギーが大きかった。なお、図には示されていないが、太陽高度の高い南中時には、3地点間の日射エネルギーに大きな差はみられなかった。

3.2 天空、海面及び前方樹冠の波長別放射輝度

次に、Fig. 1の地点Rにおいて測定した天空、海面及び前方樹冠の波長別放射輝度をFig. 5に示した。天空の放射輝度(Fig. 5-A)の測定は、望遠鏡を太陽の方位角より30°及び60°南に向けて行ったが、図のように、太陽に近い前者による測定値は後者より約2倍の値を示した。いずれの場合も、青色に対応する460 nm付近にピークを持つスペクトル分布を示した。海面の波長別放射輝度(Fig. 5-B)をみると、太陽の方位角と同じ方位の海面に望遠鏡を向けて測定した場合、放射輝度は400~1100 nmの測定波長域で、南西に向けた場合の4倍と大きかった。これは鏡面反射によるものである。波長別エネルギー分布は、天空の場合と似た分布パターンを示した。波長の増加に伴う輝度の減少は、天空の場合の方がやや急激なのに対し、海面の場合は緩やかに低下した。

前方樹冠の波長別放射輝度(Fig. 5-C)は、上の2成分とは全く異なる分布を示し、700 nmを境にそれより小さいPAR域の輝度が小さく、700~1100 nmの近赤外放射域(以下、NIR)の輝度が大きかった。これは、従来から知られている植物葉からの反射日射の波長分布とほぼ一致する。

Fig. 5. Spectral radiance of the sky, sea surface and canopies of orange orchard on May 18, 1995.

A: Sky

— Direction is 30° to the south of the solar azimuth, altitude is the same with the solar altitude.
 --- Direction is 60° to the south of the solar azimuth, altitude is the same with the solar altitude.

B: Sea surface

— Direction is the same with the solar azimuth, inclination is 2.5°.
 --- Direction is the southwest, inclination is 2.5°.

C: Canopies of orange orchard, direction is the south, inclination is 2.0°.

Fig. 6. Radiance of the sky, sea surface and canopies of orange orchard for different solar altitudes on May 18, 1995.

PAR: Photosynthetically active radiation (wavelength is $400\sim 700\text{nm}$).

NIR: Near infrared radiation (wavelength is $700\sim 1100\text{nm}$).

A: Sky, direction is 60° to the south of the solar azimuth, altitude is the same with solar altitude.

B: Sky, direction is 30° to the south of the solar azimuth, altitude is the same with solar altitude.

C: Sea surface, direction is the southwest, inclination is 2.5° .

D: Sea surface, direction is the same with solar azimuth, inclination is 2.5° .

E: Canopies of orange orchard, direction is the south, inclination is 2° .

3.3 天空、海面及び前方樹冠の波長別放射輝度の太陽高度に伴う変化

続いて、天空、海面及び前方樹冠の放射輝度について、PAR、NIRおよび(PAR + NIR)の太陽高度に伴う日変化を調べた。Fig. 6-A及びBは、天空について太陽高度と同じ高度で、それぞれ太陽の方位角より 60°及び 30°南の天空に向けて測定した場合の、PARとNIRの太陽高度に伴う変化を示したものである。いずれも太陽高度が高いほど全波長にわたって放射輝度が大きく、太陽高度の低下とともに減少した。同じ太陽高度であっても、より太陽に近い方位 30°の天空のほうが方位 60°の天空よりも放射輝度は大きかった。PARの(PAR+NIR)に占める割合は、太陽高度の低下と共に減少した。太陽高度が 12.1°以下になると、天空の放射輝度の各成分は減少し、PARの減少の割合はNIRに比べて大きかった。これは、夕焼けの原因から明らかなように、太陽高度の低下にともない、太陽光の通過する大気層が厚くなり、青色成分が赤色成分よりも散乱され、それが天空の放射輝度の赤色化に反映したためである。

海面についてみると、望遠鏡を伏角 2.5°で、常に南西の海面に向けて測定した場合(Fig. 6-C)、(PAR + NIR)の放射輝度は、12.5~35.0 Wm⁻² sr⁻¹の間で変化した。そのうちPARは、6.6~25.1 Wm⁻² sr⁻¹、NIRは、4.1~9.9 Wm⁻² sr⁻¹であった。PARとNIRの放射輝度は、共に太陽高度 37°をピークとし高度が低くなるにともない減少したが、PARはNIRに比べ減少の割合は大きかった。伏角を 2.5°、太陽の方位角と同じ方位の海面に望遠鏡を向けて測定した場合(Fig. 6-D)、望遠鏡を南西の海面に向けて測った場合に比べてかなり異なる変化を示した。すなわち、太陽高度が 27.3°以下で著しく大きな値を示し、最大値は太陽高度 12.1°で出現した。この時の放射輝度は、(PAR + NIR)で 3300.7 Wm⁻² sr⁻¹、PARで 1155.5 Wm⁻² sr⁻¹であった。太陽高度の低いときのこのピークは、明らかに太陽光の海面での鏡面反射によるものである。

最後に、伏角を 2°、方位を南として、斜面に向けて測定した場合の前方樹冠の成分変化を Fig. 6-Eに示した。上述の天空や海面の場合と異なり、PARはNIRに比べ非常に小さい値を示し、前者は後者の約 1/5 であった。太陽高度が 37.4°までは輝度の変化は小さいが、太陽高度がそれ以下では太陽高度の低下とともに減少した。

3.4 測定地点からみた海面の形態係数

3.1 節で検討した結果、標高の高い地点で PAR が大きかったのは、標高の高い地点では海面がよく見渡せ、さらに 3.2 及び 3.3 節での結果から、海面の放射輝度は、前方樹冠の放射輝度に比べ PAR に富むためと推察され

た。そこで、それぞれの測定地点で、魚眼レンズを用い撮影し、測定地点からみた海面、斜面及び天空の形態係数を求めた。その結果 J、O、Q の各測定地点からみた海面の形態係数は、0.048、0.059、0.072 と標高の高い地点で海面の形態係数は大きかった。

3.5 測定地点からみた海面の形態係数と散乱日射の PAR 成分の関係

以上の実験結果から、測定地点からみた海面の形態係数の大きい地点では、PAR に富む海面反射日射の影響により、ミカン樹冠部に入射する散乱日射エネルギーの PAR 成分が大きいと考えられた。そこで、Fig. 1 の A ~ Q の測定地点からみた海面、斜面及び天空の形態係数を求め(Table 1)、天空の形態係数がほぼ同じで、海面の形態係数が異なる測定地点を選び、散乱日射の波長別エネルギーを測定した。C、K 及び P 地点において、1993 年 11 月 16 日の午後、移動観測した結果を Table 2 に示した。13 時 27 分から 14 時までの測定は、測定地点間の PAR の大きな差はみられなかった。しかし、14 時 2 分以降の測定では、海面の形態係数が大きい地点ほど PAR 値は高い値を示した。海面の形態係数が、0.014 である C 地点の PAR 値に対する、形態係数 0.068 の P 地点の PAR 値の比率は、14 時 37 分から 14 時 54 分の測定では 115.8%、14 時 55 分から 15 時 11 分の測定では 107.5%であった。これらの結果は、Fig. 6-D の太陽高度の低下に伴う海面の放射輝度の増加によるものと考えられた。Table 3 には、作物の初期生育に重要な 5 月の測定結果を示した。同様に、海面の形態係数の大きい地点は、小さい地点に比べて PAR が大きかった。

Table 1 Shape factor of the sea surface, the sky and the slope at each location.

Location*	Shape factor			Altitude m	Distance from the shore m
	Sea surface	Sky	Slope		
A	0.013	0.473	0.514	170	1770
B	0.013	0.476	0.511	170	1550
C	0.014	0.498	0.488	110	950
D	0.015	0.486	0.499	130	1300
E	0.017	0.481	0.502	160	1470
F	0.020	0.488	0.492	150	1450
G	0.030	0.499	0.471	90	670
H	0.039	0.495	0.466	110	710
I	0.043	0.495	0.462	130	800
J	0.048	0.500	0.452	110	780
K	0.050	0.497	0.453	160	850
L	0.051	0.499	0.450	170	970
M	0.052	0.497	0.451	150	840
N	0.052	0.498	0.450	140	810
O	0.059	0.500	0.441	170	910
P	0.068	0.500	0.432	160	970
Q	0.072	0.498	0.430	240	1170

*Letters are the same as the locations in Figure 1.

Table 2 Diffuse irradiance on the canopy of orange orchard at each location on Nov. 16, 1993.

Location*1	Time*2	Diffuse irradiance*3			Solar altitude	Solar azimuth
		PAR	NIR Wm ⁻²	PAR+NIR		
C(0.014)	13:43	126.4(100.0)	74.8(100.0)	201.2(100.0)	32.9	28.6
K(0.050)	13:33	130.2(103.0)	77.0(102.9)	207.2(102.9)	33.8	26.0
P(0.068)	13:27	129.2(102.2)	76.9(102.8)	206.1(102.4)	34.3	24.4
C	13:44	127.5(100.0)	75.5(100.0)	203.0(100.0)	32.8	28.8
K	13:55	131.1(102.8)	79.5(105.2)	207.6(103.7)	31.6	31.5
P	14:00	129.6(101.6)	77.8(103.0)	207.3(102.2)	31.0	32.8
C	14:19	119.4(100.0)	70.4(100.0)	189.8(100.0)	28.8	37.2
K	14:08	130.1(109.0)	78.3(111.3)	208.4(109.8)	30.1	34.7
P	14:02	131.9(110.5)	79.7(113.2)	211.6(111.4)	30.8	33.3
C	14:20	119.6(100.0)	70.6(100.0)	190.2(100.0)	28.6	37.5
K	14:30	126.5(105.8)	77.2(109.4)	203.7(107.2)	27.3	39.7
P	14:36	129.3(108.1)	78.8(111.6)	208.1(109.5)	26.5	41.0
C	14:54	111.5(100.0)	67.5(100.0)	179.0(100.0)	23.9	44.7
K	14:42	126.1(113.1)	77.6(115.0)	203.7(113.9)	25.7	42.3
P	14:37	129.1(115.8)	78.6(117.0)	207.8(116.1)	26.4	41.2
C	14:55	111.3(100.0)	67.5(100.0)	178.8(100.0)	23.8	45.0
K	15:06	117.0(105.1)	76.0(112.6)	193.0(108.0)	22.1	47.1
P	15:11	119.6(107.5)	79.0(116.9)	198.6(111.1)	21.4	48.1

PAR: Photosynthetically active radiation (wavelength is 400~700nm).

NIR: Near infrared radiation (Wavelength is 700~1100nm).

Solar azimuth: South 0°, west positive.

*1 Figures in parentheses are shape factors of the sea surface.

*2 JST.

*3 Figures in parentheses are percentage ratio to the diffuse irradiance at location C.

Table 3 Diffuse irradiance on the canopy of orange orchard at each location on May 20, 1993.

Location*1	Time*2	Diffuse irradiance*3			Solar altitude	Solar azimuth
		PAR	NIR Wm ⁻²	PAR+NIR		
degree						
N(0.052)	13:28	85.7(106.1)	74.5 (99.4)	160.2(102.8)	68.9	56.5
H(0.039)	13:39	81.2(100.5)	72.8 (97.1)	154.0 (98.8)	66.9	60.9
D(0.015)	13:48	80.8(100.0)	75.0(100.0)	155.7(100.0)	65.2	64.1
N	14:21	87.8(110.5)	75.0(103.8)	162.8(107.3)	58.8	73.3
H	14:11	85.6(107.8)	76.1(105.2)	161.5(106.3)	60.6	70.9
D	14:02	79.5(100.0)	72.2(100.0)	151.7(100.0)	62.5	68.4
N	14:55	97.9(111.6)	78.8(105.4)	176.7(108.7)	51.8	80.1
H	15:06	94.6(107.8)	79.7(106.7)	174.3(107.3)	49.6	81.9
D	15:16	87.8(100.0)	74.7(100.0)	162.5(100.0)	47.5	83.7
N	15:36	99.6(108.1)	80.1(105.6)	179.7(107.0)	43.3	86.4
H	15:45	98.9(107.3)	81.5(107.4)	180.4(107.4)	41.5	87.4
D	15:54	92.2(100.0)	75.9(100.0)	168.1(100.0)	39.6	89.2

PAR: Photosynthetically active radiation (wavelength is 400~700nm).

NIR: Near infrared radiation (wavelength is 700~1100nm).

Solar azimuth: South 0°, west positive.

*1 Figures in parentheses are shape factors of the sea surface.

*2 JST.

*3 Figures in parentheses are percentage ratio to the diffuse irradiance at location D.

このように海面の形態係数が異なる測定地点を選び、何
 度も測定を実施し、海面の形態係数の大きい地点で PAR
 の大きいことが認められた。Table 2 の結果のように、
 ミカン樹の樹冠に入射する海面反射日射の影響は、太陽
 高度の高い時刻では、その影響がみられず、太陽高度が
 低くなるにともないその影響が現れた。今回測定を行っ

た斜面は南西方向が海に面しており、太陽高度の低い午
 後、海面反射日射が入射すると考えられた。

ところで、この移動観測では、観測中の日射の変化が
 測定値に影響を及ぼすと考えられたので、この点につい
 て考察する。一回の移動観測に要した時間は、おおよそ
 15 分なので、水平面に入射する全天日射、直達日射及

び散乱日射について、測定開始時と約15分後の終了時の値の比を調べた。その結果、直達日射は、測定時刻が太陽高度の高い時間帯では変化は少ないが、日の入りに近い時刻ほど15分間での直達日射の変化は大きく、たとえば5月1日の16時から16時15分の間には12%減少した。一方、散乱日射は、全天日射、直達日射に比べて15分間の日射の変化が少なく、上の時間帯では2.3%の減少であった。このことから、測定時刻を選び、直達日射を除いて測定すれば、測定にかかる時間での日射の減衰の影響を小さくし、海面反射日射の影響を評価することができるといえる。

以上のことから、移動観測によって海に面した樹冠に入射する海面反射日射の影響を評価できること、その影響の程度を、測定地点からみた海面の形態係数で表されることが明らかになった。

4. ま と め

沿岸傾斜地ミカン果樹園において、海に面した樹冠に入射する散乱日射の波長特性に及ぼす海面からの反射日射の影響を調べるために、斜面数地点において、海に向いた樹冠面に入射する散乱日射の波長別エネルギー並びに天空、海面及び前方樹冠の波長別放射輝度を測定した。

(1) 異なる標高で、散乱日射の波長別日射エネルギーを測定したところ、標高の高い地点ほどPAR成分のエネルギーが大きく、標高の低い地点に比べて高い地点ではおよそ9%大きかった。

(2) 海面の放射輝度の波長別エネルギー分布は、PAR成分に富み、天空のそれに類似した。前方樹冠の波長別放射輝度は、PAR成分が小さく、NIR成分が大きかった。このことから、海面の反射日射は、前方樹冠の反射日射よりもPARに富むことが認められた。

(3) 天空及び前方樹冠の放射輝度は、太陽高度の低下にともない減少した。海面の放射輝度のPAR成分は、太陽高度30°以下で、鏡面反射により著しく増加した。

(4) 標高の高い地点で散乱日射エネルギーのPAR成分が大きかったのは、標高の高い地点では、海面がよく見渡せ、前方樹冠に比べてPAR成分に富む海面反射日射が入射するためと考えられた。そこで、測定地点からみた海面の形態係数を求めたところ、標高の高い地点で海面の形態係数は大きかった。以上のことから、斜面からみた海面の形態係数を用いることによって、沿岸傾斜地のミカン樹の樹冠に入射する散乱日射の波長特性を評価できることが明らかになった。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、元九州農業試験場資源評価研究室長桜谷哲夫氏(現京都大学)には懇切なご助言、ご指摘をいただきました。現場での観測では当場業務科佐藤停氏よりご協力を得ました。各氏に、厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 蔵田憲次・岡田益己, 1984: 環境工学入門. サイエンスハウス, 東京, pp.156.
松本和夫, 1973: 柑橘園芸新書. 養賢堂, 東京, pp.358.
日本建築学会, 1982: 建築環境工学実験用教材 I 環境測定演習編. 日本建築学会, 東京, pp.149.
日本建築学会編, 1977: 日照の測定と検討. 日本建築学会設計計画パンフレット, 彰国社, 東京, pp.87.
津野幸人, 1990: 果実の品質等と耕地の光環境. 日本農業気象学会耕地気象改善研究部会第2回研究会講演要旨, pp.35.