

作物の群落構造と物質生産-受光および CO2 拡散 (1)

誌名	九州大学農学部学藝雑誌 = Science bulletin of the Faculty of Agriculture, Kyushu University
ISSN	03686264
著者	広田, 修 武田, 友四郎
巻/号	41巻3/4号
掲載ページ	p. 111-121
発行年月	1987年3月

作物の群落構造と物質生産—受光およびCO₂拡散—

I. 水稲・大豆個体群における葉の表・裏面受光

広田 修・武田 友四郎

九州大学農学部栽培学教室
(1986年7月31日 受理)

Relationship between Canopy Architecture and Crop Production with Reference to Light and CO₂ Environments

I. Light Intensity on Both Upper and Lower Surfaces of Leaves in Rice and Soybean Canopies.

OSAMU HIROTA and TOMOSHIRO TAKEDA

Laboratory of Crop Husbandry, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-01, Fukuoka 812

緒 言

作物の生育にとつて光環境は最も重要な環境要因であり、このことはこれまでに多くの研究者によつて指摘された。すなわち、1953年に Monsi und Saeki (1953) が個葉の光合成から群落光合成を推定するモデルを発表して以来、群落内の光環境あるいは光要因と群落光合成(物質生産)について理論的(Anderson, 1970; Duncan *et al.*, 1967; Goudriaan, 1978; Isobe, 1962; 黒岩, 1968; Kuroiwa, 1970; Oikawa, 1977; de Wit, 1965)にも実験的(Kokubun and Watanabe, 1981; 玖村, 1968; 武田・玖村, 1957; 田中ら, 1970; Williams *et al.*, 1968; Winter and Ohlrogge, 1973)にも多くの研究が積み重ねられている。著者らも水稲と大豆群落について群落構造と太陽エネルギー利用の関係を明らかにしようとしてこの問題を取り上げてきた(広田ら, 1978; 広田・武田, 1978; 広田・武田, 1982)。これらの研究を通じて、水稲個体群は、大豆個体群と比較して太陽エネルギーが植被の全層でより均一に吸収されるような態勢をとつていることが明らかになった。このことは、光合成有効放射に関して特に顕著に現われることが指摘された。

植被の各層で太陽光がより均一に吸収されるということは、群落を構成する個々の葉の表・裏面の受光量はより平均化されていることを意味する。一方、個葉の光合成速度は葉の片面のみの照射よりも、等量の光

を葉の両面に分けて照射したほうが高くなることが知られている(Moss, 1964; 田中・松島, 1970; 立道・正田, 1977)。

これらのことを総合して考えるならば、群落内での個々の葉の表・裏面の受光量は群落光合成および太陽エネルギー利用効率に大きな影響を及ぼしているものと考えられる。

本研究はこのような観点のもとに、水稲と大豆個体群で葉の表・裏面の受光量を測定し、一方で葉の片面照射と表・裏面照射条件下で個葉光合成速度を測定し、この両者から個葉の受光と群落光合成の関係を明らかにする。

材料および方法

1. 葉配置および表・裏面受光量

1977年に水稲品種レイホウ、大豆品種アカザヤの個体群を育成した。水稲は6月25日に移植し、25×20 cm²に1株3本植とした。大豆は6月21日に播種し、40×20 cm²に3粒播きとし、のち2本立ちとした。植付け面積は、水稲は3×4.5 m²の粹水田を3区画、大豆は10×20 m²の畑地を1区画用いた。畝は両者ともに南北方向に作った。施肥量は、水稲は基肥として窒素・リン酸・カリを各々6, 4, 4 kg/10 aを施し、追肥として穂ばらみ期と出穂明に基肥と同じ量を施した。大豆は窒素・リン酸・カリを基肥として各々3 kg/10 aを施した。

2. 葉面積の垂直分布および方位角・傾斜角の分布
 葉面積の高さ別、方位別および傾斜角別の分布を、水稲は9月7日に、大豆は7月25日、8月30日および10月3日に測定した。Fig. 1(A) の大豆の例で示すように、畝に直角(東西)に、高さ方向に各々10 cm 間隔で針金を組み、東西方向と高さで平面区画を作った。測定対象とする個体の全ての葉に番号を記し、各々の葉が属する区画を記録した。つぎに、測定対象とする個体を中心とする半径5 m の円周上に、北から45度間隔で8本の柱を立て、方位を8グループに分けた。葉身の傾斜角の測定には Fig. 1(B) に掲げたクリノメータを用いた。大豆の場合葉の主脈の走る方位は葉面に立つ法線の方位とは多くの場合、無関係なので、まず目測で葉の法線の方位を決定し、その方位にそつてクリノメータをあて、葉身の傾斜角を測定した。水稲の場合は、主脈にそつてクリノメータをあて葉の法線の方位角、葉身の傾斜角を測定した。これらの測定後、葉を切り取り葉面積を測定した。なお、一枚の葉身(大豆の場合は小葉)が異なつた区画に入る場合は、次のようにした。水稲は同一の葉身であつても高さによつて傾斜角が大きく変わるので、一枚の葉身でも区画毎に方位角、傾斜角および葉面積を測定した。大豆の場合は葉身を一枚の平面と見なすことができたので、方位角と傾斜角は同じとし、葉面積のみを区画毎に振り分けた。

3. 葉の表・裏面受光量

植被内の葉の表・裏面受光量の測定には、光電素子(シャープ, SBC-102)と赤外線吸収ガラス(小原光学, HG)を組み合わせて作成した測器を用いた。なお、OP アンプ(Fairchild, μ A725)で出力を10 mV/ly (400~700 nm)/min に調節した。測器の構造および回路図を Figs. 2, 3 に示す。植被内の20 cm の高さ毎に、任意に20枚の葉を選び表・裏面の受光量を以下のようにして測定した。2個の測器で測定対象葉をはさみ、表と裏の受光量を切替器を使つてほぼ同時に記録した。さらに他の2台の測器を用い、1台は光合成有効放射の水平強度を測定し、他の1台で散光(円盤で直達光を遮断)を測定した。

4. 表・裏面光照射下における個葉の光合成速度

水稲品種レイホウおよび統一、大豆品種玉綿およびYL1を用いた。測定は慣行栽培している群落から測定日の3日前に掘り上げた個体を用いた。水稲は止葉の、大豆は主稈葉数第12葉の光合成速度を測定した。Fig. 4 に示したように、同化箱の上面および下面ともに透明アクリル板を用い、葉の表・裏面の光照射ができる

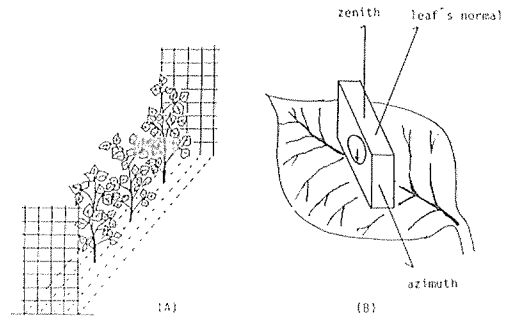


Fig. 1. Schematic illustration of the measurements for canopy structure (A) and angles of leaf inclination and azimuth (B).

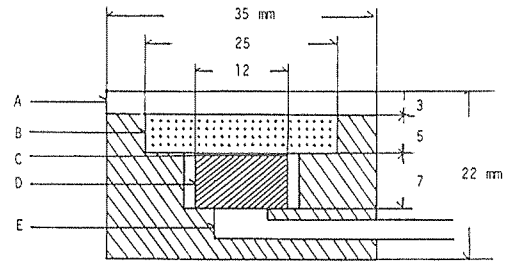


Fig. 2. Structure of photosynthetically active solarimeter device to measure flux of solar energy on a leaf surface. A, milky-white acrylic plate; B, heat absorbing glass; C, brass net sprayed with black enamel; D, photodiode (SBC-102); E, output line.

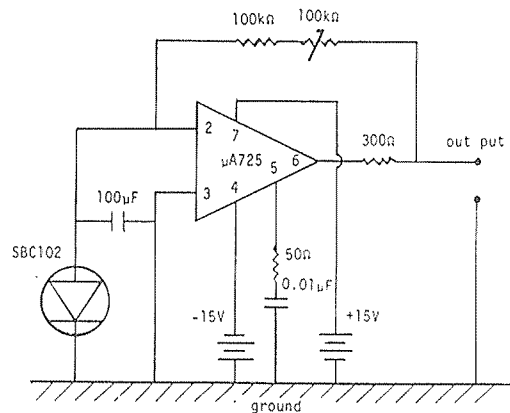


Fig. 3. Operational amplifier circuit for short-circuit operation of a photodiode cell.

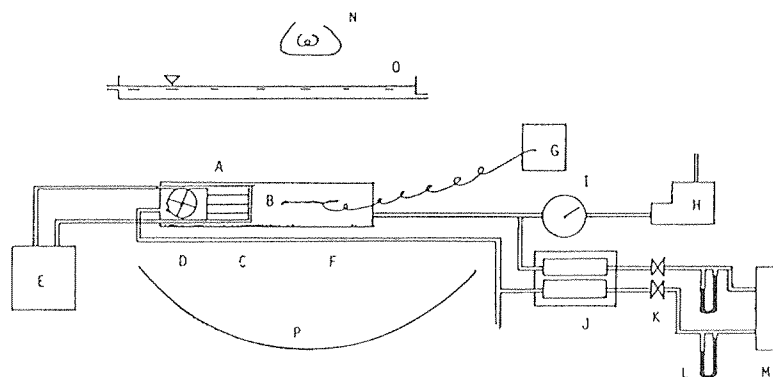


Fig. 4. Schematic illustration of the measurement for leaf photosynthesis with both sides of a leaf illuminated.

Notes: A, leafchamber; B, attached leaf; C, radiator; D, fan; E, water cooler; F, thermocouple for measuring leaf temperature; G, electric recorder; H, blower; I, flowmeter; J, refrigerator for dehydration; K, needle valve; L, capillary type flowmeter; M, infrared CO₂ analyser; O, water filter; P, stainless steel plate for reflecting light beam.

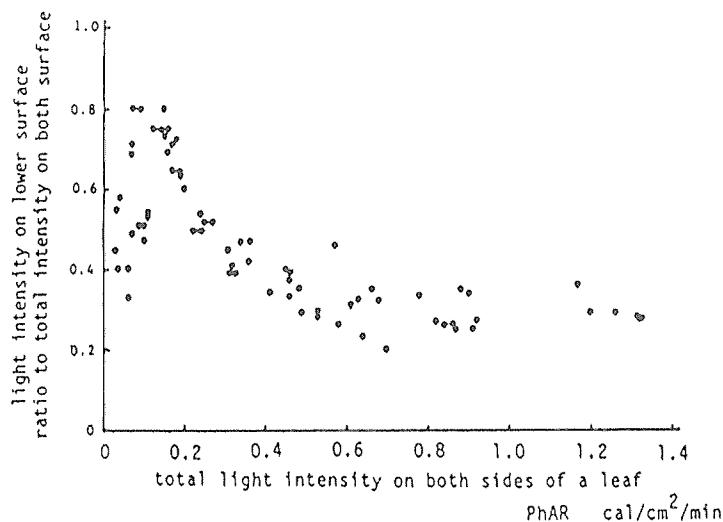


Fig. 5. Light intensity on lower surface of a leaf, using the system shown in Fig. 2.

ようにした。しかしながら本研究では特に同化箱の片面に光源を置かず、Fig. 4 に示すように上面からの透過光をステンレス板上で上方へ反射させて葉の裏面を照射した。このような光照射をした場合、葉の裏面光強度は光源の強さ、同化箱内の葉の質および量によって変わることが予想される。Fig. 5 で水稲および大豆を込みにして、表・裏面合計受光量に対する裏面受光量の割合をみると、表・裏面合計受光量が少ないほど裏面受光量割合が大きくなった。これは、弱光下では室内の自然光が影響したものと考えられる。同化箱内の

温度制御は Fig. 4 に示すように、ラジエーター内に温度制御した水を流し、ファンで空気を攪拌し 28±1°C に保った。

結果および考察

垂直方向への葉面積の分布は Monsi and Saeki (1953) の層別刈取りの提唱以来、多くの作物についてなされた。本研究においても、水稲と大豆で従来いわれているように、イネ科と広葉型作物の典型的な2つのタイプの特徴を示している (Fig. 6, Fig. 7)。

水平方向への葉面積の分布は、水稻個体群は畝幅が狭く生育が進んだ段階では葉面積の水平方向への変化がほとんど見られなかつたので、畝幅を大きくとつた大豆個体群について調査した。Fig. 8 に示すように大豆個体群の場合、生育の前半で LA1 が小さいときは畝の中央部に葉が集中しているが、生育が進み LA1 が大きくなると畝方向とは無関係に水平方向に均一に分布した。この傾向は生育の後半になつて LA1 が低下しても続いた。葉面積の方位別分布を Fig. 9 と Fig. 10 でそれぞれ水稻と大豆で調べる。これらはいずれも全葉層についてまとめたものである。大豆個体群の場合は生育初期（7月25日）では、明らかに南を向いた葉が多く分布していた。川島（1969）は孤立個体の大豆を用いて葉面法線の変化を調査し、正午には明らかに南向の葉が多いことを報告している。これは本研究で、LA1 が比較的少ない条件での、ほぼ正午近くの測定

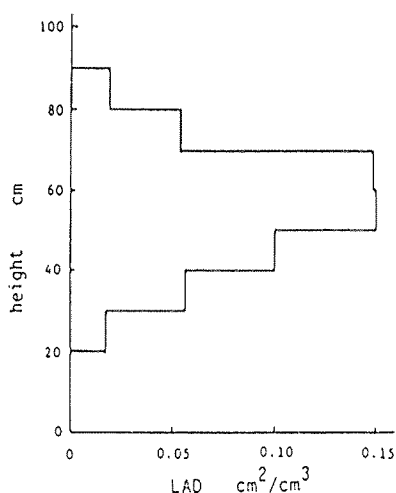


Fig. 6. Vertical profile of leaf area density within rice canopy.

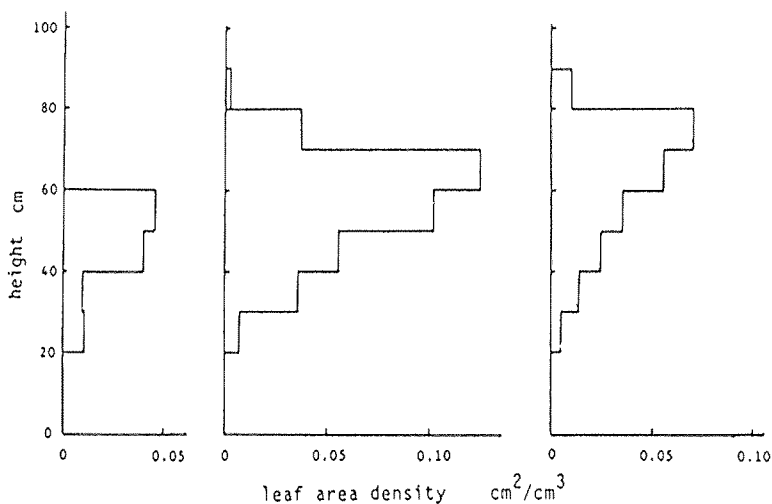


Fig. 7. Vertical profiles of leaf area density within soybean canopies.

例と一致する。生育が進み LA1 が増すと、西向の葉面法線をもつた葉が増加した。これは、葉数が増えたことにより調査時刻が正午以降までずれこんだことによると考えられる。このことは、川島（1969）の調査によると午後には西向の葉面法線をもつた葉が増えていることから明らかである。水稻個体群の場合は測定例が少くないが、葉面の方位角にはほとんど偏がないといえる。これは伊藤ら（1973）の報告と一致する。

葉身の傾斜角度の分布は水稻個体群では植被の上層ほど直立に近い葉が多い傾向がある（出穂期、Fig.

11）。一方、大豆個体群の場合は生育の初期では水平に近い葉が多い（Fig. 12）。しかしながら、この時期でも植被の最上層では、ある程度の傾きをもつた葉が存在することは注目される。生育が進むと全体に葉身の傾きは大きくなつたが、最上層には立ち型の葉が多いといった傾向は続いている（8月30日）。生育の後期（10月5日）では葉身の傾斜角はさらに大きくなつたが、この段階では上記の傾向は見られない。

LA1 の増加にともなつて、葉身の傾斜角が大きくなるという現象は、群落内の光の消散係数の研究を通じ

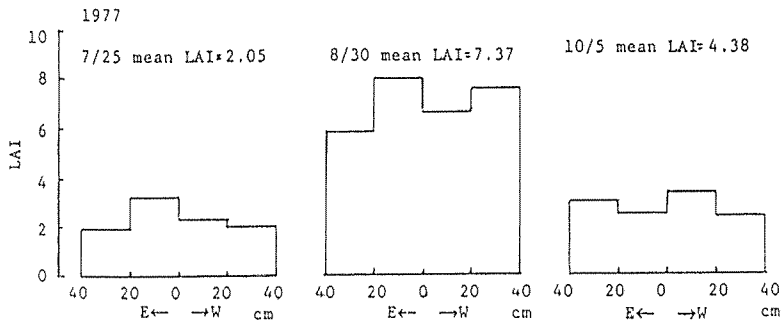


Fig. 8. Leaf area distribution with respect to horizontal within soybean canopies. Rows were constructed south to north. E, east; W, west. Variety, Akazaya.

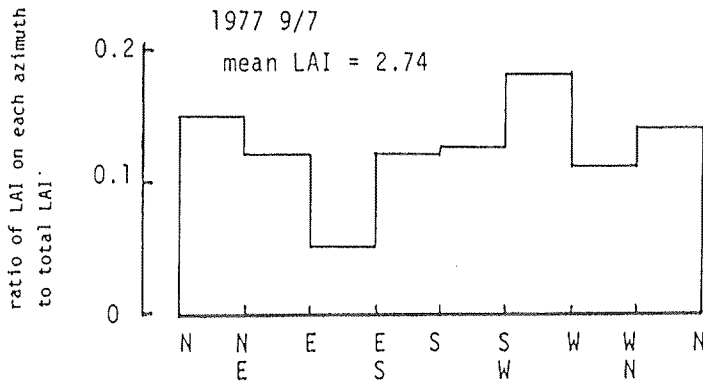


Fig. 9. Leaf area distribution with respect to azimuth angle within rice canopy. N, north; E, east; S, south; W, west. Variety, Reiho.

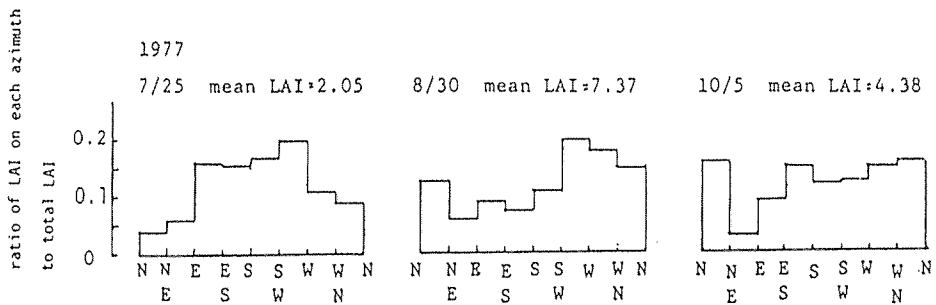


Fig. 10. Leaf area distribution with respect to azimuth angle within soybean canopies. N, E, S, and W are same as in Fig. 9. Variety, Akazaya.

て報告されている。Kuroiwa (1970) は植被の上層部ほど立ち型の葉をもつた個体群が物質生産上有利であることを指摘したが、本研究に見られるように、水稲のみならず大豆個体群においてもその傾向はあつた。ただ、大豆個体群の場合は最上層の葉が他と比べて傾

斜角が大きく、水稲個体群のように、下層から上層に向かつてしだいに葉身傾斜角が増すといった組織的なものではない。つぎに、植被内で個々の葉が実際に受けている光合成有効放射 (PhAR) の強さを葉の表と裏について実測した例を Fig. 13 と Fig. 14 で検討する。

図には光の強さの幅を任意にクラス分けして、各クラスに入る葉面積を LAI として表示した。Fig. 13(A), (B) は水稻の例であり、それぞれ穂ばらみ期と出穂期に太陽高度が低い例と高い例を掲げた。太陽高度が低いときは両図とも散光割合が 50~60% でほぼ同じであつたが、太陽高度が高いときは 8 月 12 日では 70~90%，9 月 6 日は約 18% であつた。両図で共通していることは、太陽高度が低い場合はほとんどの葉の表面受光量は水平面光強度の 20~30% であつたが、わずかの葉であるがかなり強い光を受けており、水平面光強度の 150~200% に達した。これは宇田川ら (1974) の水稻個体群において、太陽高度が低いときに強い光を受ける葉が多いという報告と一致する。葉の裏面の受光量に関する葉面積の分布パターンは表面受光量の場合と同じであるが、大多数の葉は水平面光強度の 3~5% の強さの光を受けている。太陽高度が高い場合は、明らかに水平面光強度は強いが散光割合が大きいと水平面光強度は低下している。葉面光強度に対する葉面積の分布パターンは散光が多い 8 月 12 日の例では正規分布に似た形をしており、多くの葉がより平均

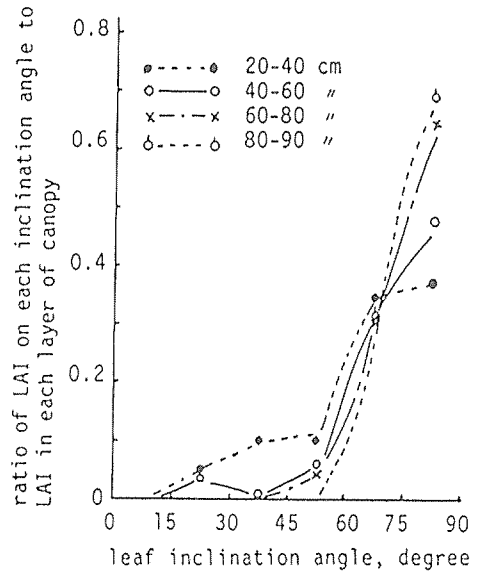


Fig. 11. Leaf area distribution with respect to inclination angle in each layer within rice canopy. Variety, Reiho.

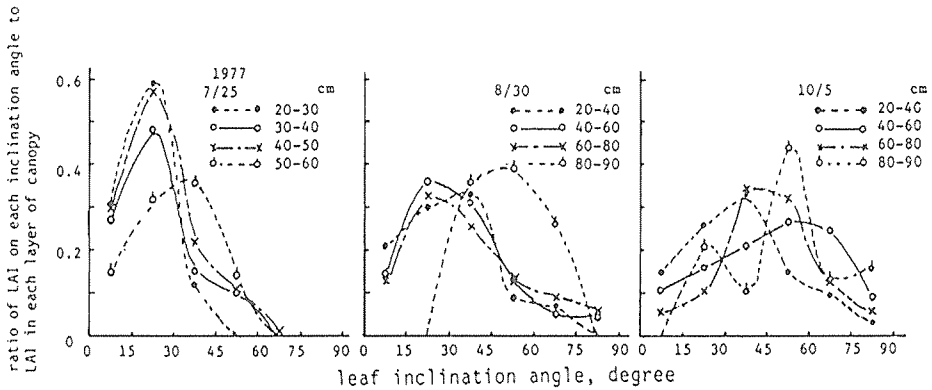


Fig. 12. Leaf area distribution with respect to inclination angle in each layer within soybean canopies.

的な強さの光を受けていることを示している。散光が少ない場合は、弱い光を受ける葉群とかなり強い光を受ける葉群に分れる傾向があつた。裏面受光量は散光割合の多少にかかわらず、もつとも頻度の高い受光量で水平面光強度の約 5% であつた。つぎに、水豆個体群では受光量に対する葉面積の頻度分布は水稻の場合とはかなり異なっている。Fig. 14(B) に、太陽高度がある程度低い場合と高い場合を掲げたが、いずれの場合にも水稻個体群よりも弱い光を受けている葉が多い。また、水平面光強度に対して 100% 近くの光を受ける葉は若干みられたが、水稻の例で、太陽高度が低い場合

のように 200% 近くの光を受ける例はなかつた。このことは川島 (1969) が指摘したように、大豆の葉は葉面法線と太陽高度とのなす角度は 30~60 度に保つように調位運動をしていること、および水稻の葉は直立型であることを考慮するならば当然であろう。また、裏面の受光量も、大豆個体群は水稻個体群に比べて小さく、多くの葉は水平面光強度の 2% 程度の光しか受けていなかった。散光割合の多少と葉面受光量の葉面積頻度分布パターンの関係は、水稻の場合ほど明瞭でないにしても、散光割合が少ない場合には弱い光を受ける葉と強い光を受ける葉に分かれる傾向があつた。同

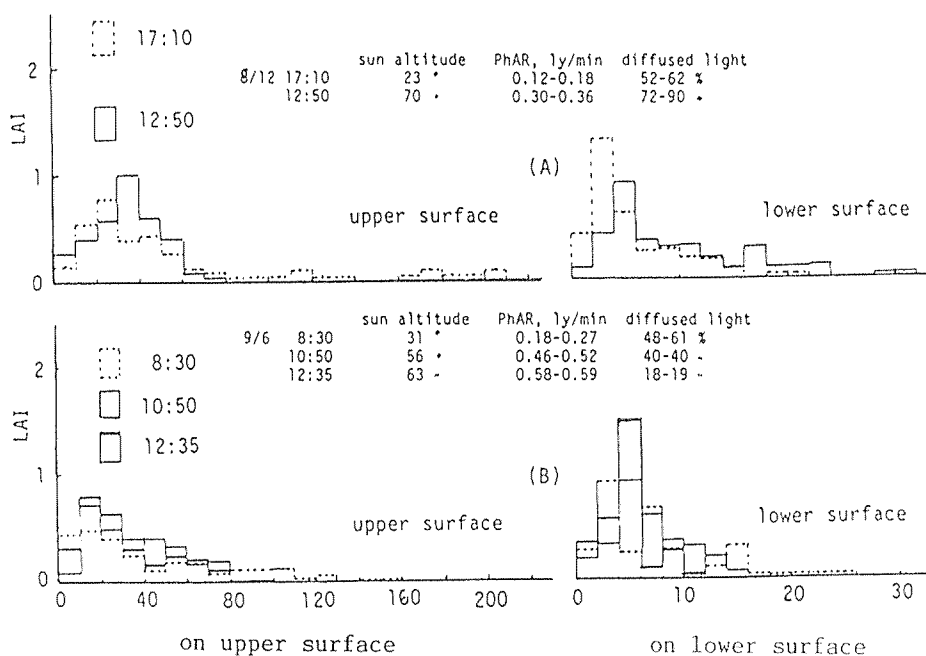


Fig. 13. Distribution of light intensity on upper and lower surfaces of leaves within rice canopy (var., Reiho).

様なことを政村（1968）は大豆個体群について報告している。また、田中ら（1970）は葉に錘をつけて人為的に湾曲させた葉身で構成された水稲個体群の場合、群落光合成速度は散光割合が大きい場合でも増加しなかったことを報告している。本研究でも、大豆個体群においては散光割合が大きくても水稲個体群ほど葉面受光量の均一化が見られなかった。このように葉の傾斜角が小さい作物個体群においては、これまで見てきたとおり、光の消散係数が大きく、たとえ散光成分が多い光条件においても群落上層の葉が多くの光を吸収してしまうものと考えられる。

さらに裏面受光量について考察する、Fig. 12 と Fig. 13 のデータをもとに、葉の表と裏の合計受光量に対する裏面受光量の割合を Fig. 15 に示した。この裏面受光量割合は散光成分が少ない場合 (Fig. 15(A)) も、多い場合 (Fig. 15(B)) も常に水稲個体群の方が大きい。とくに、散光成分が少ない場合に、水稲の裏面受光量割合が大きいことは明らかである。これは、散光成分が多い場合は、水稲のような直立葉タイプの個体群ではより下層まで光が透過したことによると思われる。また、一般的傾向として、表・裏面合計受光量が小さいほど裏面受光量割合が大きくなっている。これは群落の下層に位置する葉が散光化された光を葉の両面に

多く受けていることによるものであろう。

以上のことから、水稲個体群では大豆個体群に比べて多くの葉がより平均化された光を受けていることが明らかになった。また、水稲個体群では大豆個体群よりも裏面受光量が多いことも明らかとなった。それでは、個葉の光合成速度は表面にのみ受光した場合に比べて、裏面にも受光した場合にはどの程度有利であろうか。この点について Fig. 16 で検討する。水稲および大豆ともに、ある程度以上の強い光のもとでは個葉の光合成速度は葉の片面のみを照射するよりも、同一の光量を表と裏にわけて照射したほうが増大している。しかしながら、弱光下では両面照射の効果は全くでない。このことは水稲で田中ら（1970）も指摘している。これは、弱光下では葉の照射側の組織の最上層に含まれるクロロプラストでさえも光飽和していないため、光合成速度は光の照射方向とは無関係で、ただ照射光の合計光量に比例したものと考えられる。ある程度以上の光強度のもとでは、葉の裏面への補助照射によつて光合成速度が増加することは、単子葉植物では水稲（田中・松島, 1970）・トウモロコシ（Moss, 1964）・サトウキビ（Moss, 1964）で、双子葉植物ではヒマワリ（Moss, 1964）とタバコ（立道・正田, 1977）で報告されている。単子葉植物と双子葉植物では葉構

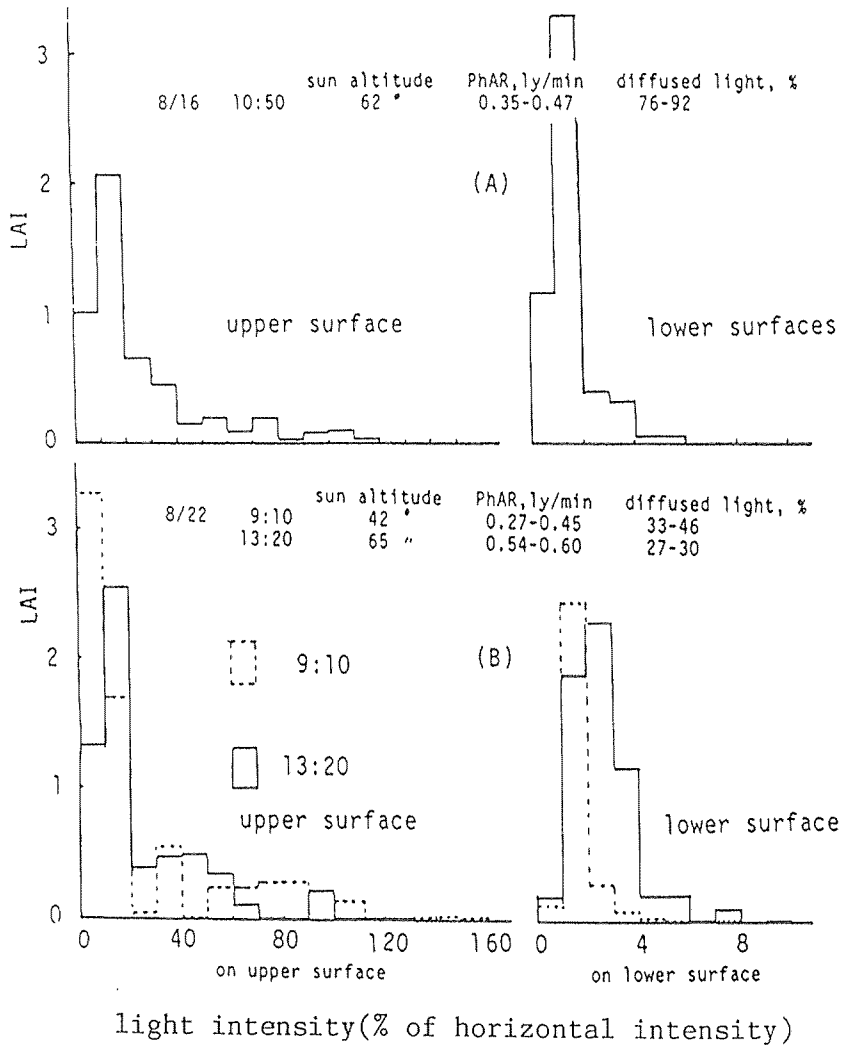


Fig. 14. Distribution of light intensity on upper and lower surface of leaves within soybean canopy (var., Akazaya).

造が異なっている（後者では柵状組織と海綿状組織に分かれている）にもかかわらず、両者で表・裏面の同時照射が有効であるのは興味あることである。しかしながら、本研究の大豆の例でみたように、双子葉植物は多くの場合、葉の傾斜角度は小さく、したがって裏面の照射量は単子葉植物よりも小さい（Fig. 15）ので、圃場で実際に裏面照射による光合成の増加は小さいと考えられる。このことは従来指摘されてきたような双子葉植物の草型の改良は葉の表面受光量の改良のみならず、裏面受光量の改善を通じて群落光合成の増大を図ることが期待される。Kokubun and Watanabe

（1981）は大豆の葉の傾斜角を人為的に大きくすることにより、乾物生産速度の増加が見られることを報告しているのは、以上の点で興味もたれる。

摘 要

水稲個体群と大豆個体群による物質生産・太陽光利用の違いを本報では個葉の空間配置、圃場条件下での葉の表・裏面の受光量の違いならびに葉の表・裏面を照射した場合の個葉光合成速度の増加等から説明することを試みた。

1) 水稲の葉面の方位角にはほとんど偏りはなかつ

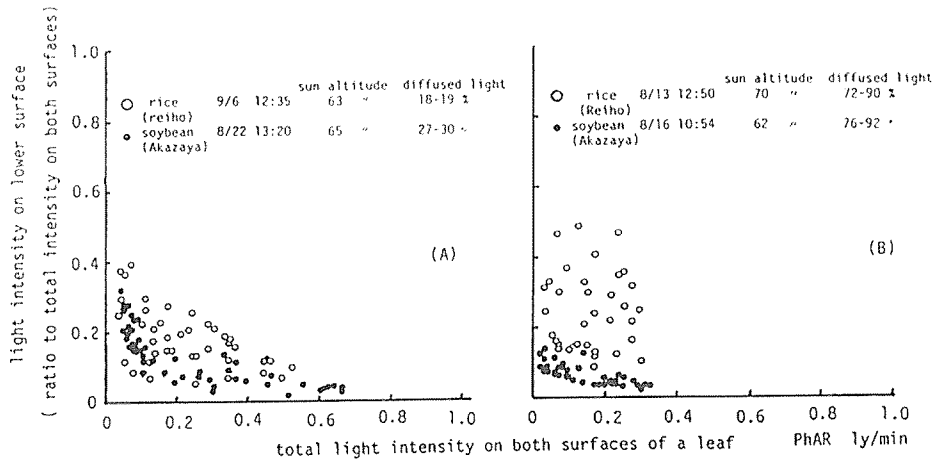


Fig. 15. Ratio of light intensity on lower surface to total light intensity on both surfaces of a leaf within rice and soybean canopy.

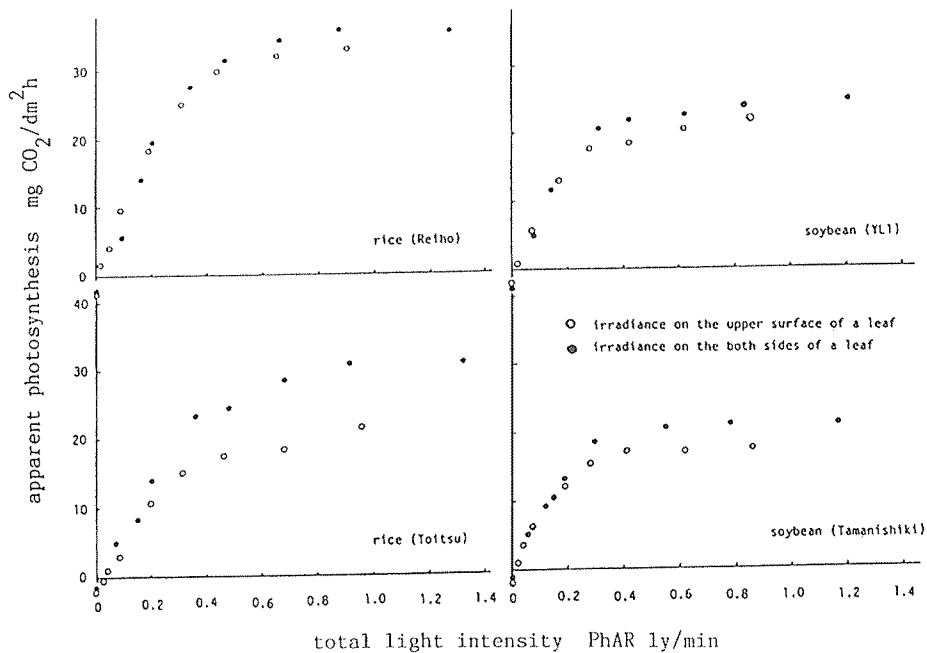


Fig. 16. Apparent leaf photosynthesis with irradiation on one side of a leaf and with irradiation on both sides.

たが、大豆では正午に南向、午後は西向のものが多かった。

2) 葉身の傾斜角は水稲および大豆個体群でともに、上位葉は立ち型の葉が多い傾向があつた、しかしながら、水稲は下層から上層に行くにしたがつて、しだいに傾斜角が大きくなるという整然とした傾向があつたのに対して、大豆では上層葉の傾斜角のみが大きかつ

た。

3) 水稲個体群では大豆個体群に比べて、多くの葉はより平均的な強さの光を受けていた、水稲では大豆よりも裏面受光量が多かつた。

4) 個葉光合成速度は葉の片面のみを照射するよりも、同じ強さの光を葉の向軸側と背軸側に分けて照射した方が、水稲と大豆でともに高かつた。

文 献

- Anderson, M. C. 1970 Radiation climate, crop architecture and photosynthesis. In "Proc. of the IBP/PP technical meeting", Trebon (1969), PUDOC, Wageningen, pp. 71-78
- Duncan, W. G., R. S. Loomis, W. A. Williams and R. Hanau 1967 A model for simulating photosynthesis in plant communities. *Hilgardia*, 38: 181-205
- Goudriaan, J. and H. H. van Laar 1978 Calculation of daily totals of the gross CO₂ assimilation of leaf canopies. *Neth. J. Agric. Sci.*, 26: 373-382
- 広田 修・武田友四郎・斎藤吉満 1975 数種作物の太陽光利用率に関する研究. 第一報 群落内光合成有効放射計の試作. 日作記 44: 357-363
- 広田 修・武田友四郎・村田裕治・木村明倫 1978 数種作物の太陽光利用率に関する研究. 第2報 水稲及び大豆個体群による短波放射及び光合成有効放射の利用効率及び転換効率. 日作記 47: 133-140
- 広田 修・武田友四郎 1982 数種作物の太陽光利用率に関する研究. 第四報 水稲および大豆個体群における葉層別太陽吸収量の推定. 日作記 51: 151-158.
- Isobe, S. 1962 Preliminary studies on physical properties of plant communities. *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Ser. A.*, 9: 29-67
- 伊藤綾子・宇田川武俊・内島善兵衛 1973 作物群落の計量植物学的研究. 第2報 品種・生育段階による水稲の群落構造の変化. 日作紀, 42: 334-342
- 川島良一 1969 大豆の葉の調位運動に関する研究. 第1報 調位運動と葉面受光. 日作紀, 38: 718-729
- Kokubun, M. and K. Watanabe 1981 Analysis of the yield-determining process of field-grown soybeans in relation to canopy structure. II. Effect of plant type alteration on solar radiation interception and yield components. *Japan. Jour. Crop Sci.*, 50: 311-317
- 玖村敦彦 1968 大豆の物質生産に関する研究. 第三報 投射光中散光の占める割合と群落光合成. 日作紀, 37: 570-582
- 黒岩澄雄 1968 植物群落における光要因と光合成の理論的解析 (3) 一散光下光合成と比較しての平行光線下葉群光合成一. 農業気象, 24: 75-90
- Kuroiwa, S. 1970 Total photosynthesis of a foliage in relation to inclination of leaves. In "Proc. of the IBP/PP Technical meeting (1969)", Trebon, Wageningen, pp. 78-79
- Monsi, M. und T. Saeki 1953 Über den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduction. *Jap. J. Bot.*, 15: 22-52
- Moss, D. N. 1964 Optimum lighting leaves. *Crop Sci.*, 4: 131-136
- Oikawa, T. 1977 Light regime in relation to plant population geometry I. Monte carlo simulation of light Microclimates within a random distribution foliage. *Bot. Mag. Tokyo.*, 90: 1-10.
- 武田友四郎・玖村敦彦 1957 水稲における収量成立過程の解析 (I) 窒素条件が葉面積, 同化能率及び呼吸能率に及ぼす影響. (II) 受光態勢並びに物質生産過程に及ぼす窒素条件について. 日作紀, 26: 165-175
- 田中孝幸・松島省三・古城齊一・勝木依正 1970 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第91報 全光中散光成分の占める割合の多少と水稲個体群の光一化曲線との関係. 日作紀, 39: 319-324
- 田中孝幸・松島省三 1970 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第94報 個葉の表面および裏面の光強度と同化量との関係. 日作紀, 39: 325-329
- 立道美郎・正田充慶 1977 タバコ葉の表・裏面光合成. 日作紀, 46 (別1): 91-92
- 宇田川武俊・伊藤綾子・内島善兵衛 1974 作物群落の計量植物学的研究 第3報 水稲群落内での光環境. 日作紀, 43: 180-195
- Williams, W. A., R. S. Loomis, W. G. Duncan, A. Dovrat and F. A. Nunez 1968 Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Sci.*, 8: 303-305
- Wit, C. T. de 1985 Photosynthesis of leaf canopies. *Agr. Res. Report*, PUDOC Wageningen, 663: 1-56
- Winter, S. R., and A. J. Ohlrogge 1973 Leaf angle, leaf area and corn (*Zea mays*) yield. *Agron. Jour.*, 65: 395-397

Summary

In our previous paper it was reported that the rice plant population had higher utilization and conversion efficiencies than the soybean plant population. In this paper, these results are studied from the viewpoint of the differences between rice and soybean stands in inclination angle of a leaf, and light intensity on both surface of a leaf within a canopy.

Azimuth angles of the normal on the upper surface of rice leaves were distributed uniformly in all direction, but those of soybean leaves were mostly oriented to the south at noon and to the west in late afternoon.

The inclination angles of rice leaves to the horizontal were large at upper layers and it decreased gradually to the lower layers within a stand. Though inclination angles of soybean leaves at the top layer were slightly larger, those at other layers were smaller.

The light intensity incident on the upper surface of rice leaves was somewhat equal throughout the canopy but that of soybean leaves was divided into two groups of high and low intensity. Also, the lower surfaces of rice leaves had received more light energy than those of soybean. Since the photosynthetic rates of leaves with radiation on both surfaces were larger than those with radiation on the upper surface only, the photosynthesis of rice leaves favoured.