

第 2 章

ダイズ中・下位葉における光合成速度の品種間差異と子実収量

前章ではダイズ中・下位葉の光合成特性並びに乾物生産および子実収量に対する中・下位葉の役割について検討し、中・下位葉の光合成は個体群の乾物生産および子実生産に対して少なからぬ役割を担っていることを明らかにした。また、子実生産に大きく影響する開花期から子実肥大期の光合成速度は強光下では7 L以上の上位葉が5 L以下の下位葉より明らかに大きかったが、弱光条件では葉位間および生育時期で差がなくなり、光合成速度は光強度によって大きく規制されることが認められた。

本章ではダイズ中・下位葉の光合成速度と子実収量の品種間差異について検討した。ダイズの光合成能力の品種間差異については多くの報告がある（小島・川嶋 1968, Dornhoff and Shibles 1970, Buttery and Buzzell 1977, Kaplan and Koller 1977, Butteryら 1981, Fordら 1983, Kokubunら 1988, Maら 1995）。しかし、それらはいずれも光合成活動の旺盛な時期の個葉を取り扱っており、完全展開後、ageが進んだ個葉を扱ったものはみあたらない。

そこで、完全展開後ageが進み、個体群の中・下位に位置する同一葉位の葉について、開花期以降の光合成速度を測定し、その品種間差異を明らかにするとともに、子実収量との関係について検討した。

1 材料と方法

1) 供試品種および耕種方法

実験は1996年に岩手大学農学部附属農場で行った。供試した品種は、早生品種群として、ムツメジロ、キタムスメ、トヨスズ、ワセスズナリ、十勝長葉、ユウツルの6品種、中生品種群として、フクナガハ、白目長葉、ライデン、タンレイ、ナンプシロメ、ハロソイの6品種、晩生品種群はスズユタカ、農林2号、エンレイ、スズカリの4品種で合計16品種であった。

5月24日に各品種とも栽植密度 m^2 当たり20.5本（畦間65cm，株間15cm 2本立て）で播種した。施肥は m^2 当たりN；3g， P_2O_5 ；18g， K_2O ；12gの割合で全量基肥として施用した。各品種の供試面積は16.3 m^2 （5畦，長さ5m）で2反復とした。子実収量は各品種とも成熟期に20株を刈取り，風乾後，収量および収量関連形質について調査した。

2) 光合成速度および関連形質の測定

中・下位葉の光合成速度は携帯式光合成蒸散測定装置（ADC社製，SPB-H3）を用いて，開花期（Fehrら 1971，の表示によるR1~2），着莢期（R3~4）および子実肥大期（R5~6）に測定した。すなわち，各品種3~5個体の5Lと6Lの各項小葉について，晴天日の10時~14時に圃場において，直射光の照射条件下で測定した。なお，各品種群の光合成速度の測定は，開花期では早生品種群が7月26日および29日，中生品種群が7月29日および8月2日，晩生品種群が8月2日，着莢期では早生品種群が8月5日，中生品種群が8月7日および9日，晩生品種群が8月12日，子実肥大期では早生品種群が8月18日，中生品種群が8月21

日、晩生品種群が8月25日に行った。

開花期、着莢期および子実肥大期の展開葉数はそれぞれ9～10葉、10～12葉、12～14葉であり、5 Lおよび6 Lは開花期および着莢期では個体群の中層、子実肥大期では中層から下層に位置していた。測定時の光合成有効放射強度は全測定日を通じて $1724 \sim 2174 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。また、測定時の導入空気量は 300 mL min^{-1} に設定し、 CO_2 濃度は全測定日を通じて $330 \sim 365 \text{ ppm}$ であった。光合成速度の測定と同時に葉色を葉緑素計（ミノルタ社製、SPAD-502）で測定し、その後各測定葉の葉面積およびを測定して比葉重を算出した。

2 結 果

1) 中・下位葉の光合成速度の品種間差異

5 L展開期の平均日は早生品種群では7月6日、中生品種群では7月7日および晩生品種群では7月9日であり、早生品種群と晩生品種群では3日の違いがあった。開花期、着莢期および子実肥大期の光合成測定日の違いは早生品種群と晩生品種群では7日であり、5 Lの展開後の日数は平均4日の差があった。

第2-1表に品種群別に5 Lと6 Lの光合成速度の平均値を測定時期別に示す。光合成速度は各品種群とも開花期において最も高く、着莢期、子実肥大期と生育が進むにしたがって低下した。品種群間では早生品種群>中生品種群>晩生品種群の順に大きい傾向があった。

光合成速度の品種間差異は早生品種群では着莢期および子実肥大期で有意な品種間差異が認められた。最大を示した品種トヨスズは、最小を

示した品種ムツメジロに対して着莢期では 148%，子実肥大期では 182% の値を示した。中生品種群では着莢期においてのみ有意な品種間差異が認められ、フクナガハが大きく、最小を示した品種ライデンの 143% であった。晩生品種群では、開花期においてのみ有意な品種間差異が認められ、スズユタカが大きく、最小を示した品種農林 2 号の 127% であった。品種群内の光合成速度の品種間差は早生品種群では大きく、晩生品種群では小さかった。

次に、各品種群の光合成速度の順位の変動についてみたのが第 2-2 表である。光合成速度の順位はそれぞれの品種群において、開花期と着莢期および子実肥大期との間に、また、着莢期と子実肥大期との間に有意な順位相関はみられなかった。しかし、全品種をこみにしてみると、着莢期と子実肥大期との間に 1% 水準で有意な順位相関が認められた。

2) 中・下位葉の光合成速度と葉面積、比葉重および葉色との関係

第 2-3 表に各時期の光合成速度と個葉の面積、比葉重および葉色との関係を相関係数で示す。また、第 2-1 図に子実肥大期における光合成速度と個葉の各形質との関係を示す。

光合成速度と各形質との相関関係を測定時期別にみると、開花期においては中生品種群の光合成速度と比葉重との間に有意な正の相関関係が認められたが、他の形質との間には有意な相関関係はみられなかった。着莢期にはいずれの形質との間にも相関関係はみられなかった。子実肥大期に中生品種群で葉面積との間に有意な負の相関関係が、比葉重との間に有意な正の相関関係が認められた。

以上のように、品種群別にみると、光合成速度と個葉の各形質との間

第2-1表 開花期, 着莢期および子実肥大期における光合成速度.

品 種	開花期	着莢期	子実肥大期
$\text{CO}_2 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$			
早生品種群			
ムツメジロ	19.13a	12.33b	9.75d
キタムスメ	19.10a	15.50ab	10.43cd
トヨスズ	18.20a	18.28a	17.75a
ワセスズナリ	17.30a	14.33ab	10.65cd
十勝長葉	20.27a	17.83a	15.63ab
ユウヅル	17.78a	13.13b	13.78bc
平均値	18.63	15.23	13.00
中生品種群			
フクナガハ	17.85a	17.50a	12.75a
白目長葉	19.60a	15.98abc	10.65a
ライデン	15.58a	12.25c	6.55a
タンレイ	16.08a	13.50bc	6.35a
ナンプシロメ	20.80a	12.83bc	10.58a
ハロソイ	17.95a	16.65ab	11.15a
平均値	17.98	14.78	9.67
晩生品種群			
スズユタカ	20.73a	6.28a	8.50a
農林2号	16.38c	10.55a	9.13a
エンレイ	17.15bc	9.40a	7.65a
スズカリ	18.98ab	10.80a	10.60a
平均値	18.31	9.26	8.97

光合成速度は第5葉と第6葉の平均値で示した. 異符号間にはダンカンの多重検定により, 5%水準で有意な差があることを示す.

第2-2表 光合成速度の順位相関係数 (Spearman).

時 期	早生品種群		中生品種群		晩生品種群		全品種	
	着莢期	子実肥大期	着莢期	子実肥大期	着莢期	子実肥大期	着莢期	子実肥大期
開花期	-0.14	0.09	0.31	0.37	-0.20	0.00	-0.21	0.32
着莢期	—	0.77	—	0.83	—	-0.40	—	0.61**

** ; 1 % 水準で有意であることを示す.

第2-3表 開花期，着莢期および子実肥大期における光合成速度と個葉の葉面積，
比葉重および葉色との相関係数。

時 期	開 花 期			着 莢 期			子実肥大期		
	葉面積	比葉重	葉色	葉面積	比葉重	葉色	葉面積	比葉重	葉色
早生品種群	-0.72	-0.02	-0.78	-0.53	0.28	-0.47	-0.49	0.75	-0.13
中生品種群	-0.36	0.87*	0.49	-0.27	0.46	0.66	-0.94**	0.94**	0.67
晩生品種群	-0.50	0.74	0.90	0.17	0.86	-0.32	-0.26	0.82	0.58
全 品 種	-0.29	0.36	0.19	-0.29	0.38	0.46	-0.57*	0.85**	0.52*

** , * ; 1%および5%水準で有意であることを示す。

には、必ずしも共通した対応関係は認められなかったが、第2-1図に示すように子実肥大期では全品種をこみにすると、葉面積との間には負の、比葉重および葉色との間に正の有意な相関関係が認められた。

3) 中・下位葉の光合成速度と子実収量との関係

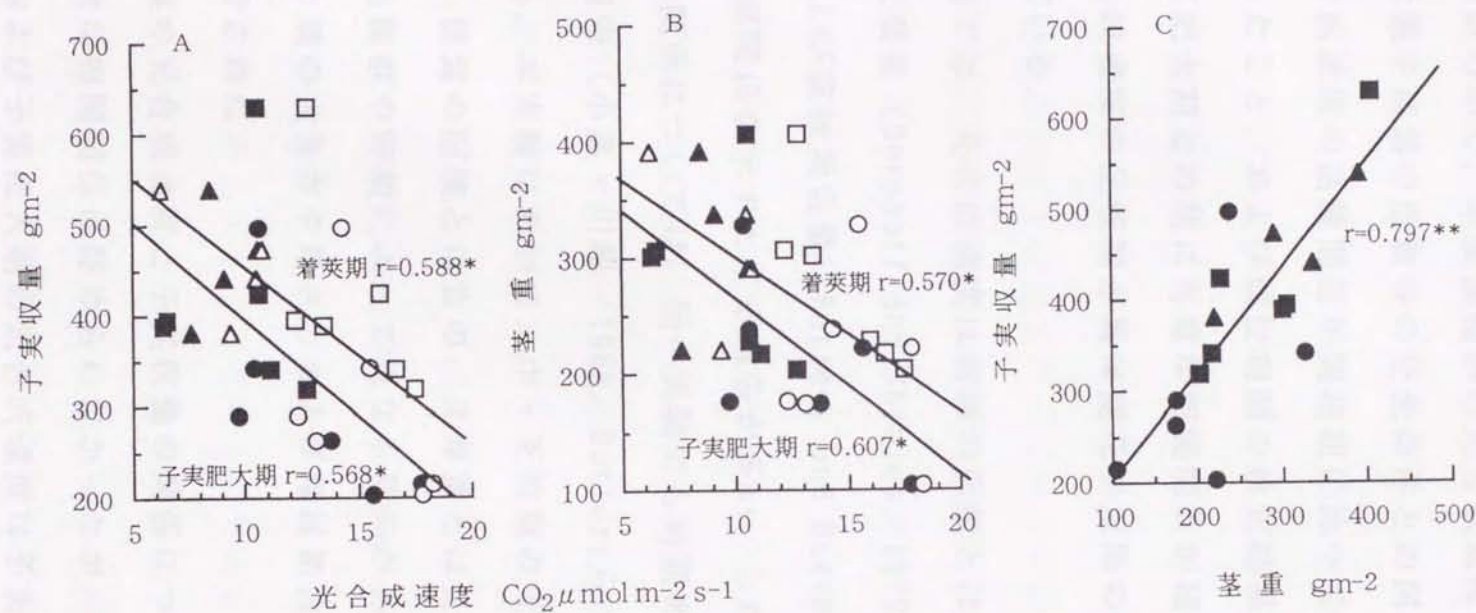
各品種群の平均子実収量は、早生品種群、中生品種群および晩生品種群で、それぞれ、 m^2 当たり310g, 416g, 458gで一般に晩生品種群ほど高かった。光合成速度と子実収量との関係について検討してみると、品種群別ではいずれの生育時期においても有意な相関関係はみられなかったが、第2-2図に示すように、全品種をこみにすると、着莢期および子実肥大期において5%水準で有意な負の相関関係が認められた。また、子実収量と莖重との間には1%水準で有意な正の相関関係が認められ、莖重と光合成速度との間には子実収量と同様、負の対応関係が認められた。

3 考 察

本実験では中・下位葉の光合成速度は生育が進むにしたがって低下する傾向が認められた。また、早生品種群の中・下位葉では着莢期および子実肥大期に品種間差が認められた。一方、晩生品種群の中・下位葉では開花期に品種間差が認められ、中生品種群では早生品種群と晩生品種群の中間的傾向があった。

一般に中・下位葉の光合成速度は個葉の受光経過が重要な意味を持つことが報告（玖村 1968b, 1969）されており、早生品種は晩生品種に

第2-1図 子実肥大期における光合成速度と個葉の葉面積(A),
比葉重(B)および葉色(C)との関係.
○: 早生品種, □: 中生品種, △: 晩生品種,



第2-2図 光合成速度と子実収量 (A) 光合成速度と茎重(B),および茎重と子実重 (C) との関係.

**,* : 1%水準, 5%水準で有意であることを示す.

\bigcirc \bullet : 早生品種, \square \blacksquare : 中生品種, \triangle \blacktriangle : 晩生品種.

白抜きは着莢期, 黒塗は子実肥大期を示す.

比べてLAIが小さく、個葉の面積も小さい（中村ら 1979）ことから、早生品種は中・下位葉の受光状態が良好であったと考えられる。本実験においても各品種群の中で、早生品種群の光合成速度が大きかったことは、茎葉の繁茂状態や個葉の面積等の受光条件との関係を示すものであろう。また、光合成速度の品種間差が開花期に比べて着莢期および子実肥大期に大きかったこと、および順位相関の検定結果、全品種をこみにして着莢期と子実肥大期との間に有意な相関関係が認められたことは、中・下位葉の光合成速度の品種間差異は開花期以降の老化過程で顕著になることを示している。

これまでの報告では、光合成速度は個葉の面積とは負（Kaplan and Koller 1977）、比葉重（Dornhoff and Shibles 1970, Kaplan and Koller 1977）および葉緑素含量（Buttery and Buzzell 1977, Maら 1995）とは正の相関関係を示すとする報告が多い。しかし、比葉重および葉緑素含量との関係については、同一実験でも時期あるいは葉位によって異なるとする報告（小島・川嶋 1968, Butteryら 1981, Kokubunら 1988）もある。本実験において、中・下位葉の光合成速度と個葉の形質との間には、個葉の面積とは負の、比葉重とは正の相関関係が認められ、葉色とは品種群や時期によって異なる傾向があったが、中・下位葉の光合成機能は葉の大きさや厚さ、および葉緑素含量と密接に関係していることが示唆された。

次に中・下位葉の光合成速度と子実収量の関係についてみると、各品種群単独では有意な相関関係は認められなかったが、全品種をこみにしてみると着莢期および子実肥大期の光合成速度は子実収量と有意な負の相関関係を示した。従来の報告では、光合成速度は光合成活動の活発な

葉について測定されており、子実収量との関係は、相関関係があるとするもの (Dornhoff and shibles 1970, Butteryら 1981) と、ないとするもの (Fordら 1983, Kokubunら 1988) があり、必ずしも一致するものではない。

多収ダイズの条件は、L A I の早期確保によって開花期および着莢期の C G R を高めること (国分 1988) であり、転換畑における多収ダイズは群落全体としての繁茂量が大きく、しかも良好な受光態勢をもっていることが報告 (中世古ら 1984) されている。

本実験では群落構造に関する調査を行っていないので、中・下位葉の光合成速度の品種間差異と受光態勢との関連を検討できなかった。また、一部の品種で測定時における 5 L および 6 L の展開後日数に差があり、個葉の老化程度が異なっていたことが考えられるが、第 2 - 2 図 B から推察すると、中・下位葉の光合成速度が大きかった品種の群落は茎重が小さく、茎葉繁茂量が大きな群落とはいえず、前述の多収条件を備えていたとは考えにくい。つまり、中・下位葉の光合成速度が大きかった品種の受光態勢は、品種として具備されていた特性によるものではなく、むしろ茎葉の繁茂量が小さかったことによると考えられ、子実収量と茎重との間に 1 % 水準で正の相関が認められた (第 2 - 2 図 C)。したがって、中・下位葉の光合成速度と子実収量との間にみられた負の相関関係は、両者の直接的な関係を示すものではなく、光合成速度と茎葉繁茂量あるいは茎葉繁茂量と受光条件との関係を示すものと考えられる。中・下位葉の光合成能力を発揮させ、子実収量の向上を図るには受光態勢の改善がきわめて重要と考察された。

4 要 旨

ダイズ中・下位葉の光合成速度の品種間差異と子実収量について検討した。熟期の異なる16品種について、主茎葉第5葉および第6葉の光合成速度を開花期、着莢期および子実肥大期に圃場の強日射条件下で測定した。各品種の中・下位葉の光合成速度は開花期で大きく、着莢期から子実肥大期と次第に小さくなり、品種群間では、早生品種群、中生品種群、晩生品種群の順に大きかった。また、早生品種群では着莢期および子実肥大期において、中生品種群では着莢期において、晩生品種群では開花期において有意な品種間差異が認められた。一方、中・下位葉の光合成速度は個葉の葉面積とは負の、比葉重とは正の相関関係を示したが、葉色との関係は品種群あるいは測定時期によって異なり、一定の傾向がみられなかった。また、光合成速度と子実収量との間には、それぞれの品種群ではいずれの時期においても有意な相関関係は認められなかったが、全品種をこみにしてみると、着莢期および子実肥大期において負の相関関係が認められた。これは、中・下位葉の光合成速度と茎葉繁茂量あるいは、茎葉繁茂量と受光条件との関係が関与しているものと推察され、中・下位葉の光合成速度と子実収量との関係を直接示したものではないと考えられた。

第 3 章

反射光がダイズ中・下位葉の光合成速度と子実収量に及ぼす影響

ダイズ各葉位の個葉の光合成について、強光下では上位葉ほど光合成速度が高く、下位葉の光合成速度の低下は老化と陰葉化が関係している（玖村 1969, 本論文第 1 章）。また、遮光実験によって、光強度が高い条件下で生育した葉ほど光合成能力が大きいことが報告されている（Burnside and Böhning 1957, 玖村 1968b, Bowesら 1972, Singhら 1974）。同様のことがインゲンマメ（Evans 1989）、ソラマメ（Nikolaeva 1994）、その他の植物（Björkmanら 1972, Novelら 1975）でも報告されている。ダイズの光合成速度および収量に及ぼす反射光の影響については Johnstonら（1969）や Schouら（1978）の実験があるが、両実験とも大きな装置を利用しているものであり、実際栽培に適用することは困難である。そこで、本章では、ポット実験および圃場実験でアルミホイルおよび反射シートを利用した簡易な反射光処理を行い、地表からの反射光の増大が中・下位葉の光合成速度と子実収量に及ぼす影響について検討した。

1 材料と方法

実験は1994年にはポット実験，1995年には圃場実験を岩手大学農学部附属農場で行った。供試品種は両年とも「スズカリ」を用いた。

1) ポット実験 (1994年)

5月26日に1/2000aワグネルポットにポット当たり3粒播種し，初生葉展開後1本立てとした。施肥は全量基肥としてポット当たり， $N; 0.5g$ ， $P_2O_5; 0.7g$ ， $K_2O; 0.5g$ を施用した。反射光処理は厚さ18mmの発泡スチロール板に光沢のあるアルミホイルを貼りつけ，ポットの土表面を覆うことにより行った。

反射光処理は5L展開期（花芽分化期，7月11日）から成熟期まで継続して行った。なお，開花期（7月25日）以降および子実肥大期（8月31日）以降についても反射光処理を行ったが，これらについては収量調査の結果のみを示した。1処理には各12ポットを用いた。ポットは雨除けビニールハウス内のコンクリートパネル上に反射光処理区，無処理区とも，ポットが接するように2列に配置した。1日1～2回点滴かんがいを行って良好な土壌水分を保った。

2) 圃場実験 (1995年)

6月1日に栽植密度 m^2 当たり17.4本（畦間72cm，株間8cm）で播種した。施肥は全量基肥として m^2 当たり， $N; 3g$ ， $P_2O_5; 18g$ ， $K_2O; 12g$ 施用した。反射光処理は，リンゴの着色管理に使用される反射シート（東京麗光，WB）で畦間を被覆することによって行った。処理期間は花芽分化期（7月24日）および開花期（8月2日）から成熟期までとした。実験は2反復で行った。

3) 光合成および関連形質の測定

両年とも、晴天日に10時から14時の間に携帯式光合成測定装置（ADC社製，SPB-H3）を用いて、4L～6L（第1本葉を1Lとして）の各項小葉の光合成速度、蒸散速度、気孔伝導度、光強度（光合成有効放射強度）および葉温を各試験区3～5個体について測定した。測定は自然光のもとで行い、1994年はハウス外からサンプリングマストを用いて、清浄空気を導入した。測定時の導入空気のCO₂濃度は327～361ppmであり、流入空気量は300mL min⁻¹に設定した。また、測定時の葉温は全測定日を通じて26～35℃であり、各測定日の葉温の差は3℃以内であった。開花期には葉色を葉緑素計（ミノルタ社製，SPAD-502）で測定した。

反射光処理による光環境の変化について、1995年の晴天日（8月11日）、曇天日（8月2日）に畦間、株間の光合成有効放射強度を地際から10cm間隔で、光量子センサー（LICOR社製，LI-190SA）を用いて測定した。測定は各試験区2ヵ所、各高さ3～5点の平均として求めた。

4) 乾物重、葉面積および収量の調査

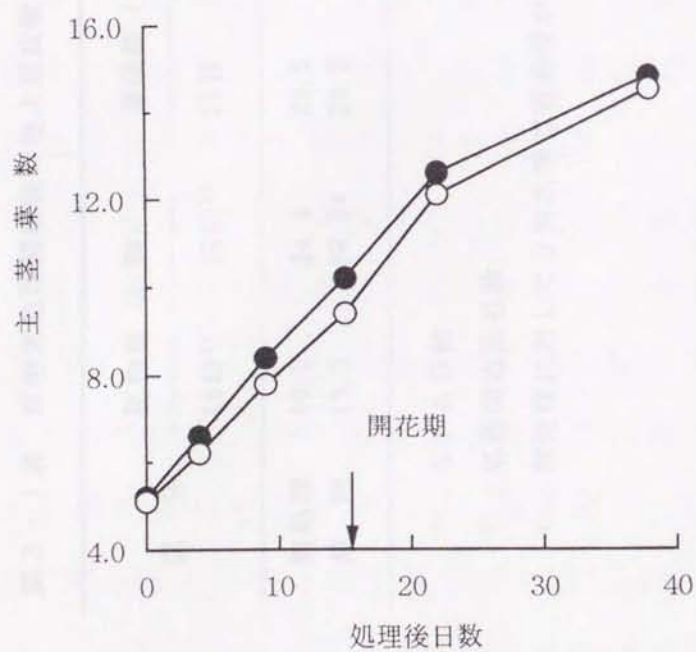
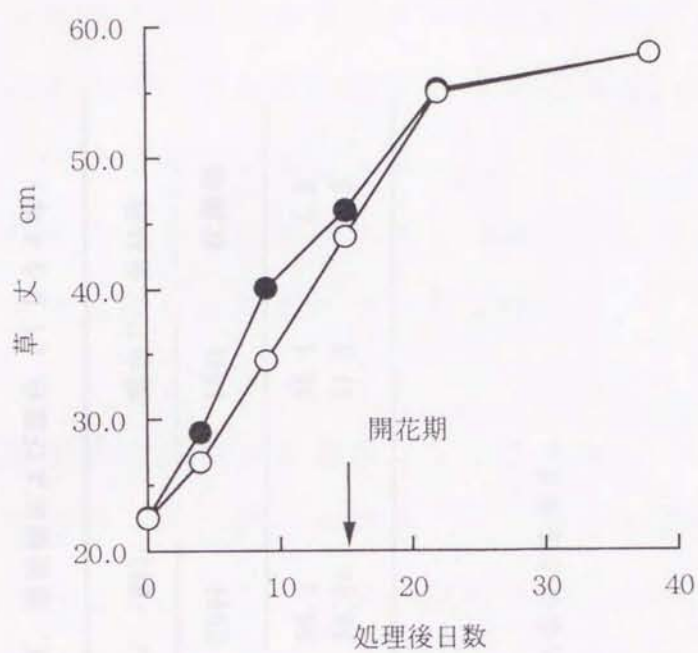
乾物重と葉面積の調査はポット試験について、処理開始後15日（開花期）、29日（着莢期）に3個体について、全葉面積を自動葉面積計（林電工，AAM-8）で測定後、80℃48時間通風乾燥し、乾物重を測定した。収量調査は1994年は各試験区6個体、1995年は各試験区20個体について、莢数、粒数および子実収量を測定した。

2 結果と考察

1) 反射光処理後のダイズの生育と光合成速度の変化 (1994年)

ポット実験による反射光処理後の草丈、主茎葉数の推移を第3-1図に、個体当たり地上部乾物重、個体当たり葉面積、葉色および収穫時分枝数を第3-1表に示す。処理開始直後から草丈、主茎葉数とも反射光処理が無処理を上回る傾向がみられたが、開花期頃にはその差は小さくなり、その後差はなくなった。地上部乾物重と葉面積は処理開始後15日(開花期)には反射光処理と無処理では差がなかったが、処理開始後29日には乾物重、葉面積とも反射光処理が大きかった。また、収穫時の分枝数が反射光処理で大きかった。このことから、開花後は草丈および主茎葉数の差が小さかったにもかかわらず、処理開始後29日に反射光処理では乾物重および葉面積が大きかったのは、分枝数が多かったことによると考えられた。開花期の葉色は反射光処理では若干高い傾向があった。このように、反射光処理による草丈、主茎葉数への影響は、開花前には大きく、開花後には次第に小さくなっていた。これは茎葉の繁茂状態によって株元への光の透過量が異なったことに原因があったと考えられる。すなわち、茎葉の繁茂が小さかった開花前には光の透過量が多いため反射光処理の効果が大きかったが、繁茂量が大きくなった開花後は光の透過量が減少しその効果が小さくなったためと考えられる。そして、乾物重および葉面積に対する反射光処理の影響は、草丈および葉数に対する影響に比べて、遅れて現れると考えられた。

第3-2図に反射光処理開始後の4L~6Lにおける光合成速度の変化を示す。各測定日とも光強度 $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上で測定した値の平



第3-1図 反射光処理後の草丈,主茎葉数の推移 (1994年) .
○: 無処理, ●: 反射光処理.

第3-1表 反射光処理開始後の地上部乾物重、葉面積および葉色（1994年）.

区 分	乾物重 (g/畝)		葉面積 (dm ² /畝)		葉色 ¹⁾	分枝数
	15日 ²⁾	29日 ²⁾	15日	29日	15日	収穫時
無処理	19.0	34.4	28.6	50.2	39.4	5.8
処 理	19.3	38.9*	29.9	56.6*	41.8	6.9

¹⁾ ; S P A D 値.

²⁾ ; 処理開始後日数.

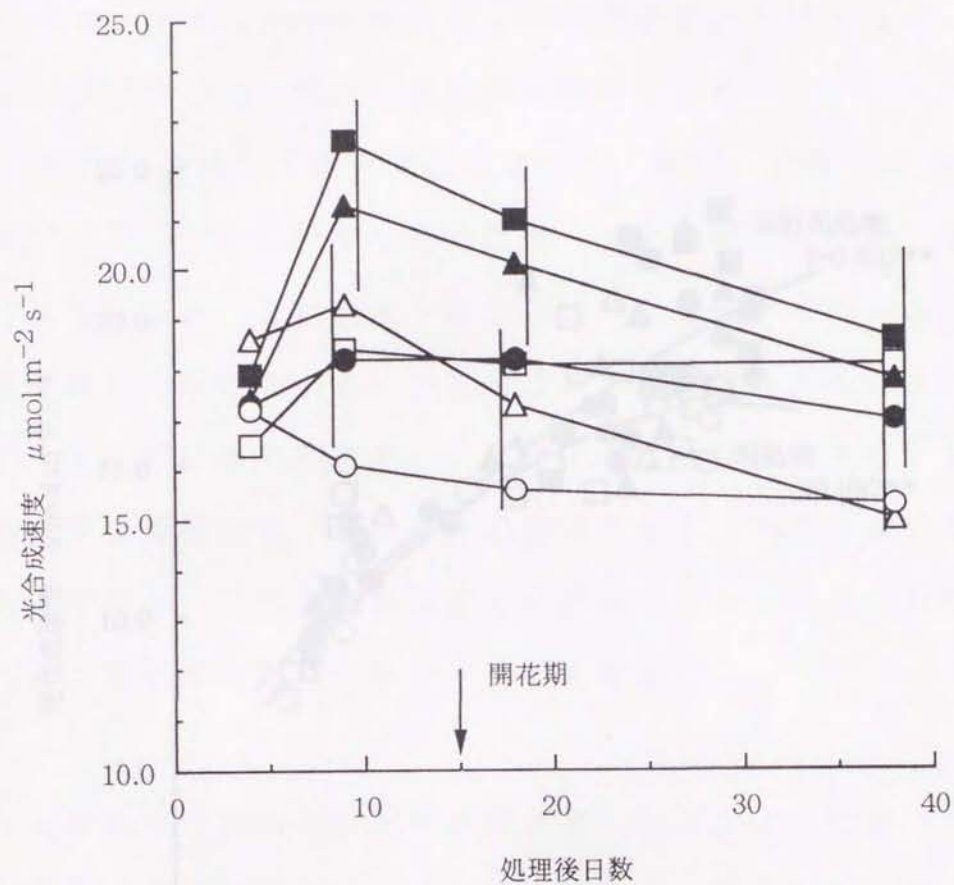
* ; 無処理に対して5%水準で有意差があることを示す.

均で示した。処理開始後4日ではいずれの葉位でも反射光処理と無処理の間には光合成速度の差はほとんどなかった。その後、無処理の4Lを除いて光合成速度は大きくなり、その程度は無処理より反射光処理の方が大きく、葉位別では5Lおよび6Lが大きかった。開花後は反射光処理、無処理とも各葉位の光合成速度は小さくなり、処理開始後38日には反射光処理と無処理の差は小さくなった。

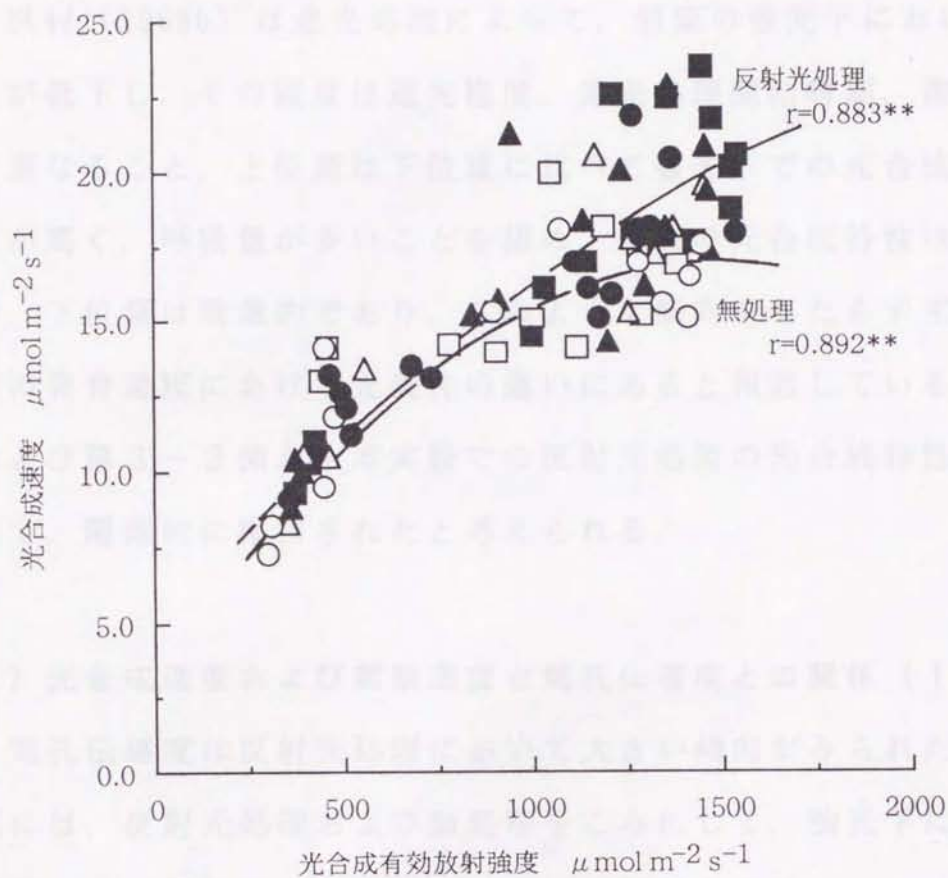
次に、開花前後に反射光処理によって強光下における中・下位葉の光合成速度が大きくなった要因について検討した。

2) 光合成速度と光強度との関係 (1994年)

1994年のポット実験の測定値について、処理開始後4回の測定時期(処理開始後4日、9日、18日、38日)をまとめて、光強度と光合成速度との関係をみたのが第3-3図である。光強度が増すとともに光合成速度は大きくなったが、光合成有効放射強度約 $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ を境として光合成速度の光強度に対する反応が異なった。すなわち、 $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の光強度では葉位および反射光処理の有無とはほとんど関係なく、光合成速度は光強度の増大に伴って大きくなった。これに対して、 $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光強度では、同一光強度において、葉位や反射光処理の有無によって光合成速度に差がみられた。そこで、光合成速度と光強度の関係を反射光処理と無処理についてそれぞれ2次回帰式をあてはめてみると、ともに1%水準で回帰の有意性が認められた。回帰式によると、 $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の光強度では反射光処理と無処理の光合成速度はほぼ同一線上にプロットされて、同一光強度では光合成速度に対する反射光処理の影響はみられず、光合成速度は光強度に依



第3-2図 反射光処理後の光合成速度の変化 (1994年).
 光合成有効放射強度 $1000 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上.
 ○: 無処理 4L, ●: 処理 4L,
 △: 無処理 5L, ▲: 処理 5L,
 □: 無処理 6L, ■: 処理 6L.
 縦棒は 4L~6L の標準偏差を示す.



第3-3図 反射光処理後の光合成速度と
光合成有効放射強度の関係 (1994年).
処理後4日, 9日, 18日, 38日の測定.
** : 1%水準で有意.
シンボルは第3-2図と同じ.

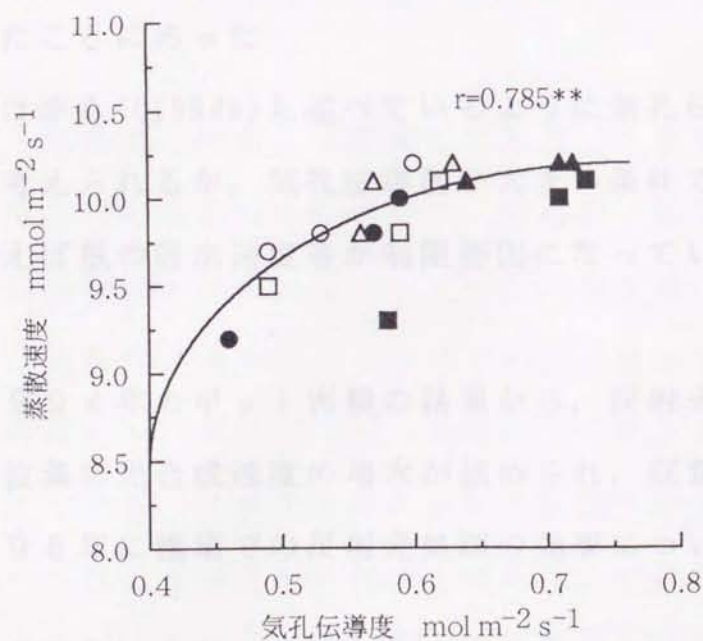
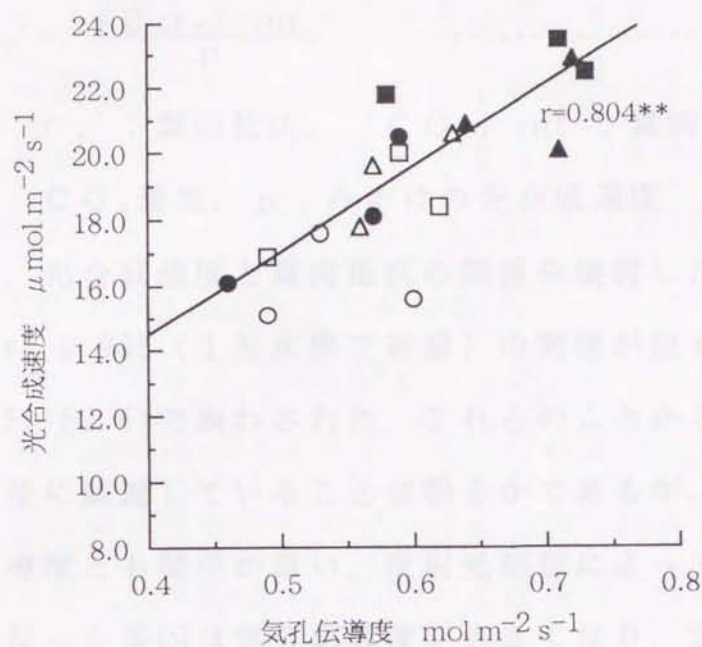
存していた。また、 $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光強度では反射光処理が無処理に比べて光合成速度が大きかった。つまり、反射光処理では $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光強度でも光合成速度は漸増するが、無処理では $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 付近に光飽和が認められた。

玖村(1968b)は遮光処理によって、個葉の強光下における光合成能力が低下し、その程度は遮光程度、遮光処理開始時期、遮光期間によって異なること、上位葉は下位葉に比べて強光下での光合成速度、光飽和点が高く、呼吸量が多いことを認め、個葉の光合成特性は上位葉は陽葉的、下位葉は陰葉的であり、このような傾向をもたらす主要な要因は、葉の発育過程における光条件の違いにあると報告している。第3-2図および第3-3図から本実験での反射光処理の光合成特性は無処理に比べて、陽葉的に維持されたと考えられる。

3) 光合成速度および蒸散速度と気孔伝導度との関係(1994年)

気孔伝導度は反射光処理において大きい傾向がみられたが、第3-4図には、反射光処理および無処理をこみにして、強光下における光合成速度および蒸散速度と気孔伝導度との関係を示す。

光合成速度は気孔伝導度との間には1次式で示される有意な相関関係が認められた。これに対して、蒸散速度は、気孔伝導度とは1次式のあてはめで $r=0.731^{**}$ の相関関係が認められたが、2次式のあてはめでは $r=0.785^{**}$ の相関関係が認められ、気孔伝導度 $0.6\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 程度で蒸散速度は最大となった。



第3-4図 反射光処理後の強光下($1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)における
光合成速度, 蒸散速度と気孔伝導度の関係(1994年).
反射光処理後9日の測定.
**: 1%水準で有意. シンボルは第3-2図と同じ.

また、結果は示さなかったが、同じ反射光処理開始後9日の強光下における葉肉抵抗をLamoreaux and Chaney (1978)の示した式(1)

$$r_m' = \frac{[CO_2]_{int}}{p} \quad \text{-----} \quad (1)$$

r_m' ; 葉肉抵抗, $[CO_2]_{int}$; 葉肉細胞表面の
 CO_2 濃度, p ; みかけの光合成速度,

から算出し、光合成速度と葉肉抵抗の関係を検討した結果、両者の間には相関係数 $r=-0.985$ (1%水準で有意)の関係が認められ、1次回帰式($y=-1811.5x+52.6$)で表わされた。これらのことから、光合成速度は葉肉抵抗と密接に関連していることは明らかであるが、強光下の光合成速度は気孔伝導度とも関係が深い。反射光処理によって強光下の光合成速度が大きくなった要因は気孔伝導度が大きくなり、気孔の CO_2 吸収速度が増大したことにある。

蒸散速度は李ら(1994a)も述べているように気孔伝導度に強く支配されていると考えられるが、気孔伝導度が大きい条件では気孔伝導度以外の要因、例えば根の吸水速度等が制限要因になっている可能性が考えられる。

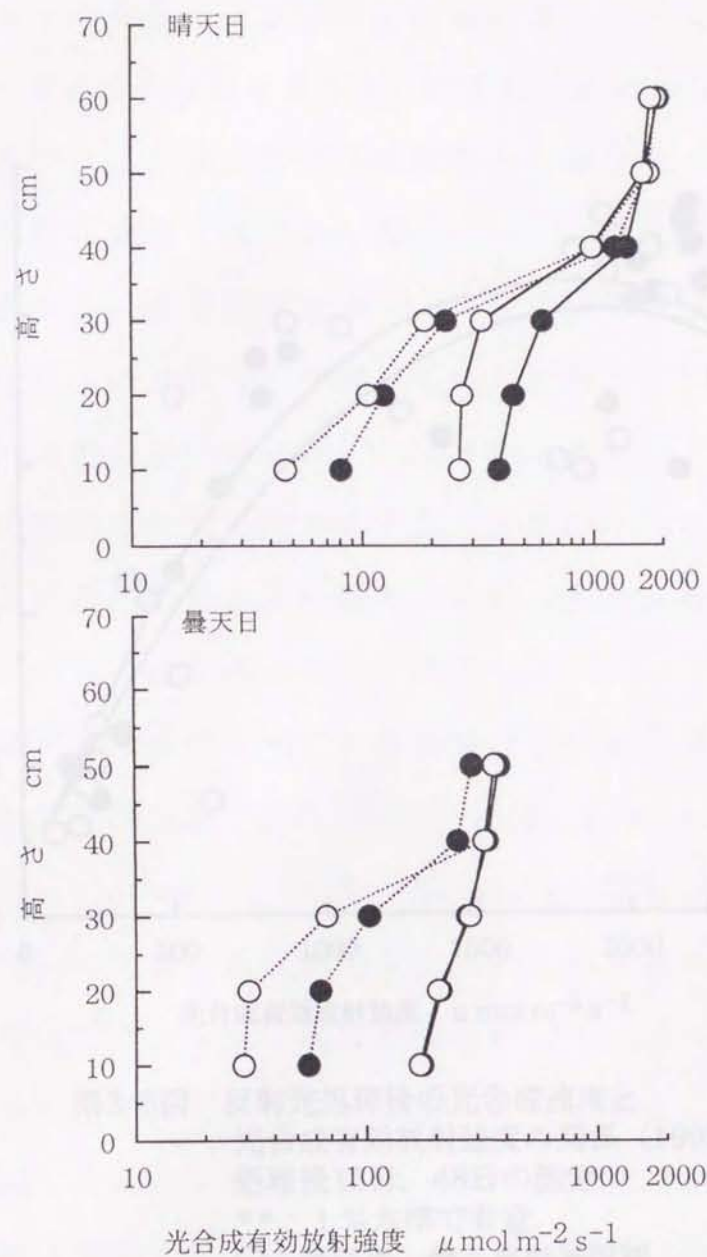
以上、1994年のポット実験の結果から、反射光処理によって強光下の中・下位葉の光合成速度の増大が認められ、収量の増加が期待されたので1995年に圃場での反射光処理の効果について検討した。

4) 反射光処理による光強度の変化 (1995年)

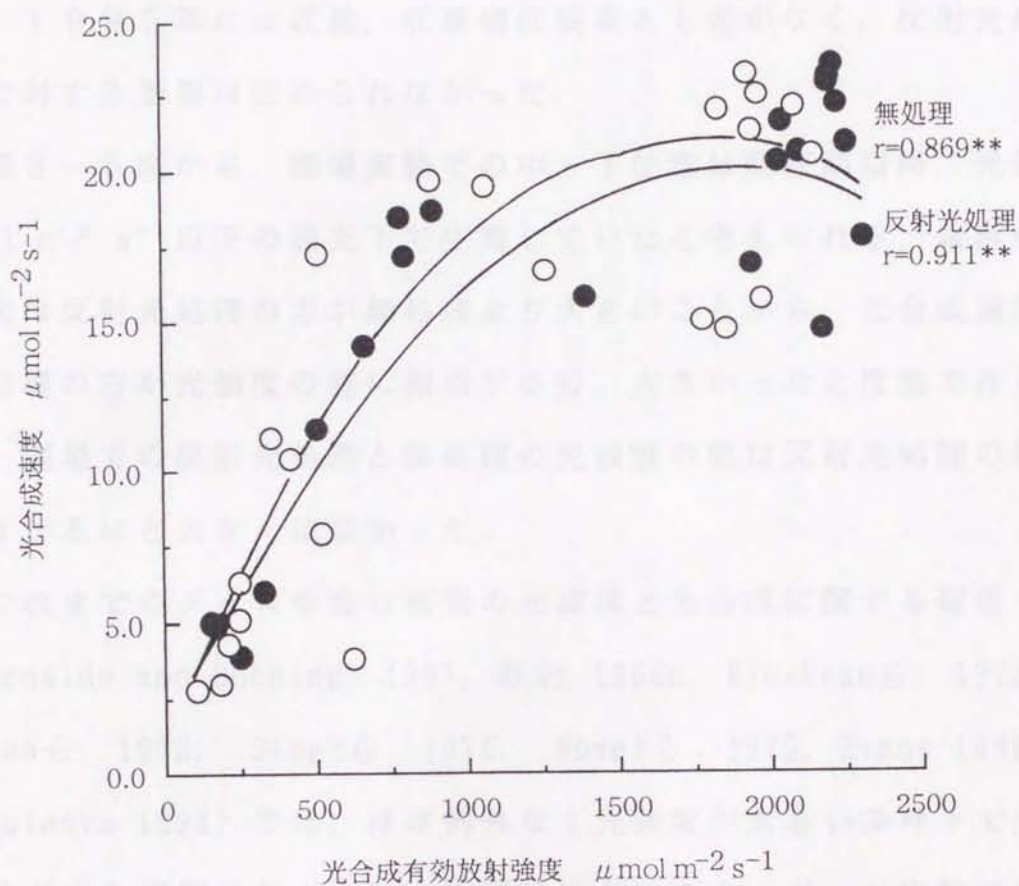
ダイズ栽培の試験圃場で晴天日(処理開始後18日)と、曇天日(処理開始後9日)に株間および畦間の各中央部における光合成有効放射強度を地表から高さ10cm毎に測定した結果を第3-5図に示す。晴天日は反射光処理によって、畦間では葉群中層の光合成有効放射強度が無処理の $200\sim 300\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ から $500\sim 600\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ に増大した。しかし、株間での増加は小さく、いずれも $200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以下であった。曇天日は反射光処理によって畦間では差が生じなかったのに対して株間の光合成有効放射強度が大きくなった。このように、晴天日と曇天日では反射光処理による光強度の変化に異なる傾向がみられた。これは晴天日と曇天日とでは全投射光の中に占める直射光と散光の割合が異なるため、群落内部への光の透過程度に違いが生ずるためと考えられた。

5) 光強度と光合成速度および収量との関係 (1995年)

光合成速度と光強度の関係について、開花期(処理開始後15日)と子実肥大期(処理開始後48日)の4L~6Lの測定値をこみにして第3-6図に示す。光強度が増すことによって光合成速度は大きくなり、反射光処理、無処理とも $1500\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 付近に光飽和点をもつ2次回帰式で表された。しかし、1994年(ポット試験)の強光下における光合成速度でみられたような反射光処理と無処理の差はみられなかった。これは、ポット実験の反射光処理の光強度の変化を測定していないので断定はできないが、圃場実験ではポット実験より面積当たり個体数が多く、株元への光の透過量が少なかったことに原因があったと考えられる。そのため、反射光による光環境の改善が充分でなく、ポット実験において



第3-5図 晴天日および曇天日における群落内光強度に及ぼす反射光処理の影響(1995年).
 ○: 無処理, ●: 処理.
 実線は畦間, 点線は株間を示す.
 測定日の草高; 曇天日, 無処理44.1cm, 処理45.3cm,
 晴天日, 無処理56.0cm, 処理57.5cm.



第3-6図 反射光処理後の光合成速度と
光合成有効放射強度の関係（1995年）.
処理後15日、48日の測定.
**：1%水準で有意.
○：無処理，●：反射光処理.

みられたような光合成速度の差が認められなかったものと考えられた。

第3-2表に両年の収量調査の結果を示す。1994年は反射光処理によって子実重、莢数および粒数とも無処理を上回る傾向がみられ、処理時期が早いほどその傾向は大きかったが統計的には有意な差ではなかった。1995年には収量、収量構成要素とも差がなく、反射光処理の収量に対する効果は認められなかった。

第3-5図から、圃場実験での中・下位葉は開花期以降、光強度 $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の弱光下で生育していたと考えられる。葉群中層の光強度は反射光処理の方が無処理より大きいことから、光合成速度は反射光処理の方が光強度の差に相当する分、大きかったと推測できる。しかし、圃場での反射光処理と無処理の光強度の差は反射光処理の収量を増加させるほど大きくはなかった。

これまでのダイズを含む植物の光環境と光合成に関する報告 (Burnside and Böhning 1957, 玖村 1968b, Björkmanら 1972, Bowesら 1972, Singhら 1974, Novelら 1975, Evans 1989, Nikolaeva 1994) では、ほぼ例外なく光強度が大きい条件下で生育した葉ほど光合成能力が大きい。本実験においても、ポット実験では反射光処理によって中・下位葉の光合成速度が大きくなることが認められた。上位葉の展開、生長によって、弱光下での生育期間が長い、中・下位葉の光合成速度は老化、陰葉化によって次第に低下する (玖村 1969)。川嶋 (1969b) および玖村 (1968a) は葉群の光環境を均一化することが個体群の光合成速度を高めることになる」と指摘している。反射光による補光は群落内の光環境の均一化に有効な手段となり、個体群の光合成速度の増大と収量増加の可能性があると思われる。そのためには群落下

第3-2表 収量および収量構成要素.

年 度	処理期間	全重 (g)	子実重 (g)	莢数	粒数	100粒重
1994年 (/ 個体)	無 処 理	78.9±8.2 ²⁾	46.5±5.7	95±10	177±22	26.3±2.6
	花芽分化期 ¹⁾	86.1±5.5	48.3±3.8	107±8	203±24	24.0±2.6
	開 花 期 ¹⁾	83.9±8.7	47.9±5.9	103±17	197±36	24.6±2.5
	子実肥大期 ¹⁾	80.7±8.4	47.3±5.0	101±10	190±28	24.7±1.1
	差の有意性	n. s	n. s	n. s	n. s	n. s
1995年 (/ m ²)	無 処 理	553±45	317±24	556±34	1028±73	30.8±0.1
	花芽分化期 ¹⁾	536±28	303±8	533±14	959±12	31.6±0.4
	開 花 期 ¹⁾	523±19	299±9	564±8	1000±7	30.0±0.8
	差の有意性	n. s	n. s	n. s	n. s	n. s

¹⁾ ; 花芽分化期 ; 花芽分化期以後, 収穫まで反射光処理. 以下同様.

²⁾ ; 平均値±標準偏差.

層への光の透過量を大きくすることが重要であり、栽植密度、栽植様式との関連で検討を進める必要がある。

3 要 旨

ダイズの中・下位葉の光合成速度と子実収量に及ぼす反射光の影響について、品種「スズカリ」を用いて、1994年にはポット実験で、1995年には圃場実験で検討した。反射光処理は花芽分化期以降に、1994年はポットの地表面をアルミホイルで覆うことにより、1995年は栽植密度 m^2 当たり17.4本で栽培した圃場の畦間をリンゴの着色管理に使用される反射シートで覆うことによって行った。ポット実験の結果、中・下位葉（第1本葉を第1葉として第4～6葉）の光合成速度は強光下（ $1000 \mu mol \ m^{-2} \ s^{-1}$ 以上）では葉位が高いほど大きかった。光合成速度は各葉位とも開花期頃に最大値を示し、その後、生育の進展に伴って低下した。強光下における中・下位葉の光合成速度は反射光処理によって増大した。中・下位葉の光合成速度が反射光処理によって増大したのは気孔における CO_2 吸収速度が増大したことに起因した。圃場実験の結果、晴天日は畦間で、曇天日は株間で葉群の中・下層で光合成有効放射強度が増大した。しかし、圃場での反射光処理は収量が増加するまでには至らなかった。