

地表面からの反射光がダイズの中・下位葉における
光合成速度と子実生産に及ぼす影響

1998

提出先
岩手大学大学院
連合農学研究所

佐川 了

①

地表面からの反射光がダイズの中・下位葉における 光合成速度と子実生産に及ぼす影響

1998

提出先
岩手大学大学院
連合農学研究科

佐川 了

目 次

1. 緒 言 21
2. 略記および用語について 22

緒 言

- 1. 研究の背景 1
- 2. 既往の研究成果と問題点 3
- 3. 本研究の目的と内容 7

第 1 章

ダイズ中・下位葉の光合成特性並びに乾物生産および

子実収量に対する役割

- 1 材料と方法 10
- 2 結 果 12
 - 1) 中・下位葉の時期別光合成速度と暗呼吸速度 12
 - 2) 中・下位葉の切除処理が乾物生産に及ぼす影響 14
 - 3) 中・下位葉の切除処理が子実収量に及ぼす影響 17
- 3 考 察 21
- 4 要 旨 24

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

- 1 材料と方法 26

2 結 果

1) 中・下位葉の光合成速度の品種間差異 27

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 28

3) 中・下位葉の光合成速度と子実収量との関係 32

3 考 察 32

4 要 旨 37

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

1 材料と方法 39

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) 41

2) 光合成速度と光強度との関係 (1994年) 44

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) 47

4) 反射光処理による光強度の変化 (1995年) 50

5) 光強度と光合成速度および収量との関係 (1995年) . . 50

3 要 旨 55

第 4 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	— 栽植密度が異なる場合 —
1 材料と方法	57
2 結果	
1) 反射光処理が子実収量に及ぼす影響	59
2) 反射光処理による群落中・下層における光環境の変化	61
3) 反射光処理による中・下位葉の光合成能力の変化	63
4) 反射光処理による地上部乾物重, LAI, CGR および NAR の変化	64
3 考察	
1) 反射光処理が子実収量に及ぼす影響	67
2) 反射光処理が中・下位葉の光合成能力に及ぼす影響	69
3) 反射光処理が乾物生産に及ぼす影響	70
4 要旨	72

第 5 章

総合考察

73

要旨

1. 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役割	77
2. 中・下位葉の光合成速度の品種間差異と子実収量	78

3. 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 79

4. 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 - 栽植密度が異なる場合 - 79

謝 辞 81

引 用 文 献 82

中・下位葉) 葉面におりて中・下位葉とした葉は前田実高等機関において
測定した。この測定結果から下位葉は必ずしも葉面積を指し、具体的に葉面
積が大きい葉は必ずしも葉面積を指す。また、この測定結果から、
葉面積が大きい葉は、葉面におりて測定した葉面積が大きい葉に比べて、
葉面積が小さい葉に比べて、葉面におりて測定した葉面積が大きい葉に
比べて、葉面積が小さい葉に比べて、葉面におりて測定した葉面積が大きい葉

略記および用語について

略記

3 L, 4 L . . . 12 L, 13 L ; 主茎第3葉, 第4葉 . . . 主茎第12葉, 第13葉.

LC 4区 ; 第1章における第8葉展開期主茎第4葉以下切除処理区.

LC 5区 ; 第1章における第10葉展開期主茎第5葉以下切除処理区.

LC 6区 ; 第1章における第12葉展開期主茎第6葉以下切除処理区.

R 1 ~ R 2 ; 開花期, 表示はFehrら (1971) による.

R 3 ~ R 4 ; 着莢期, 表示はFehrら (1971) による.

R 5 ~ R 6 ; 子実肥大期, 表示はFehrら (1971) による.

LA I ; 葉面積指数.

CGR ; 個体群生長速度.

NAR ; 純同化率.

用語について

中・下位葉 ; 本論文において中・下位葉とした葉は最頂葉完全展開時において

個体群の中層から下層に位置する主茎本葉を指す. 具体的には主

茎第3葉~第6葉を指す.

葉位および葉数 ; 本論文において葉位および葉数を示す場合の表示はFehrら

(1971) にしたがった. なお, 葉の展開状況を示す場合「完全展

開」としたのは小葉面積が最大に達した状況を指す.

緒 言

1. 研究の背景

わが国のダイズ栽培は、米、麦とともに最古の歴史をもつといわれており、作物としてわが国へ伝来したのは縄文時代と推定されている（斎藤 1980）が、栽培されていたかどうかは不明である。しかし、弥生時代には、栽培作物として定着していたと考えられている（御子柴 1976, 斎藤 1980）。古事記(712)や日本書紀(720)にはダイズについての記述がみられ、この時代の人々はすでにダイズと稲束の交換を行い、延喜式(967)にはその交換比率が記載されている。また、写経新解（年代不詳）にはダイズの利用法が載っており、この時代すでに食物として重要であったことがわかる。さらに、会津農書（1680）や農書全集（1697）には粒色、粒大、粒形の記述のほか、ダイズが連作を忌むことや、播種適期、夏ダイズ、秋ダイズの栽培法などの技術的内容が記述されており、江戸時代には栽培の基本が広く普及し、栽培技術が一般に定着していたと思われる（御子柴 1976, 斎藤 1980）。このように、ダイズは江戸時代には品種の分化が進み、主要な畑作物として国内の各地で栽培されていたと考えられる。

ダイズは戦前においては、明治、大正、昭和の初期まで米、麦につぐ主要な農産物であったが、その後日本の中国への進出が拡大するとともに中国からの輸入が増え、国内の作付け面積は減少していった。戦後は中国からの輸入が止まり、国内産ダイズの振興が行われ、一時国内生産量は増加したが、昭和30年頃から再び下降線をたどり、昭和36年にダイズの輸入自由化とともに一層、作付け面積が減少し、生産量が低下

した。

ダイズはタンパク質，脂肪に富む作物であり，古くから多様な調理方法によって，性質の異なる，さまざまな食品に加工され，豊かな食生活を支えてきた重要な食物である。岩手県にはダイズを利用した伝統食が，県北地方を中心に数多く伝えられており，豆腐などの豆乳系食品，味噌，醤油などの発酵系食品，きなこ，煮豆など30種を超える種類の調理法，加工法が残っている（古沢 1984）。

また，ダイズはラッカセイとともに油料原料としても重要な作物であり，わが国でも油料原料としての利用は年々増加する傾向にある。近年ではFAOにおいて，ダイズはらっかせいととも油料種子として取扱われている（前田 1989）。

また，ダイズは栽培技術論的に作付け体系上，主要な作物として欠くことのできないものである。東北地方では，焼き畑輪作以来，近代の輪作体系に至るまで，主食としてのヒエ，ソバあるいはヒエ，ムギとともにダイズは貴重なタンパク源として栽培された。また，地力維持や雑草抑制の作物として，輪作体系の基本作物である（大久保 1976）。

このように，ダイズは食糧としてのみならず，栽培技術論的にも重要な作物であるにもかかわらず，現在国内では作付け面積の長期的減少がみられる。一時，水田の減反によって水田転換畑においてダイズの作付け面積が増加したが，昭和62年を最大として，畑ダイズと同様に作付け面積が減少している。国内自給率は平成3年以降5%以下で，80%以上がアメリカからの輸入である（1996年，農業白書，附属統計表，平成7年度）。作付け面積の減少は昭和36年のダイズ輸入自由化による外国産ダイズの輸入増加に伴って，国産ダイズの相対的価格の低下が主な

要因であるが、同時に、平均収量が10 a 当たり、200kg以下の低収量も農家の生産意欲を減退させる大きな要因であるといわざるをえない。さらに、ダイズ栽培における雑草防除の困難性や気象条件による生産の不安定さ、機械化の遅れなど規模拡大を拒む要因が多い。

しかし、国内の需要は増加の傾向にあり、食生活のなかでダイズの占める位置は年々大きくなっているにもかかわらず、国内自給率が2%（平成7年度「食料自給表」農林水産省）でしかないことは、ダイズの食糧としての重要性を考えると、憂慮すべきことである。農家の栽培意欲の増進によって作付け面積の拡大が進められなければならない。そのためには高収量を安定的に確保できる栽培技術の確立が緊急・不可欠であると考えられる。

2. 既往の研究成果と問題点

ダイズの全国平均収量は10 a 当たり 200kg以下と極めて低い。その収量レベルを引き上げるため、これまで数多くの研究がされてきた。主なものをあげると、栽培技術的には栽植密度に関するもの（中世古・後藤 1975, Miuraら 1987, 国分 1988, 池田・佐藤 1990）、収量構成要素に関するもの（小島・福井 1965, 西入 1985）、開花に関するもの（大庭ら 1961）、倒伏に関するもの（Cooper 1981）などがある。また、水田転換畑ダイズでの多収事例に関するもの（大沼ら 1981, 中世古ら 1984）がある。乾物生産と光合成の面から報告されたものに福井ら（1965）、小島ら（1965, 1969）、小島・福井（1966ab）、小島・川嶋（1968, 1970）、小島（1972）の報告がある。

ダイズの群落は形態的に葉群が上方に厚いため、中・下層への透光率

が低く (Sakamoto and Shaw 1967, Shaw and Weber 1967, 玖村 1969, 国分 1988, Isodaら 1992) 個体群の光合成は光飽和を示す (村田・猪山 1960, 玖村 1965). そのため, ダイズの個体群生長速度 (CGR) はイネ, コムギ, バレイショなどに比べて著しく低い (秋田 1984). 川嶋 (1969ab) は, ダイズ小葉の調位運動が小葉の傾斜角度を大きくして, 葉面受光量を時間的, 空間的に均一化し, その結果, 個体群光合成速度の光飽和点を高めることを指摘し, 調位運動の活発な品種を育種することによってダイズの生産性を高めることができると報告している. 斎藤ら (1994ab) もダイズ小葉は日中に傾斜角度を大きくすることによって, 個葉の光合成速度を減少させることなく過剰な光を効率的に個体群の下層へ透入して, 光合成の光利用率を高め, 個体群光合成速度が高まる可能性を指摘している.

玖村・浪花 (1965), 玖村 (1968ab) はダイズ葉群の光合成について, 光強度が大きい時, 全光中に占める直達光の割合が大きい条件では, ダイズ個体群の受光が不均一になり, 光利用効率が低下して, 光飽和の傾向を生ずるが, 散光の割合が高い条件では, 個体群の受光条件が均一に近づき, 光合成速度が大きくなることを認めた. さらに, 葉群の上層に位置する葉ほど光合成能力が高く, 下位葉ほど光合成能力が低い, これは個葉の老化と陰葉化が関係していると報告している. 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ことを指摘している.

ダイズの収量を増大させるには、生育の初期から葉面積を確保し、生育中期の乾物生産を高めることが重要であり（国分 1988）、そのためには、個体群の受光条件をより均一にして、光合成速度を高めることが重要と考えられる。小島（1972）はダイズの個葉の光合成能力には品種間差異があることから、個葉の光合成能力の大きい品種を選抜することによって、個体群の乾物生産量を高める可能性を指摘している。中村ら（1979）は東北地域の新旧品種の形態的特性を比較して、新しい品種は小葉が小型化し、円葉が減少し、長葉が出現し、円葉と長葉の中間型が増えたことを指摘し、このような葉身の形態的特性の変遷は、群落内部への光の透過に好都合な方向に育種が進められた結果、物質生産効率を高めたと報告している。

近年においては密植による収量増加の方向が指向され、密植・多肥栽培に耐える草型への改善に関するもの（Kokubunら 1981, 国分 1988）や無限伸育型ダイズ（Isodaら 1994, 磯田ら 1996）あるいは矮性ダイズ（梅崎 1995, 梅崎・平松 1997）を利用した密植栽培の適応性に関する研究がみられる。これらは、草型の改良や品種の選択によって葉群の受光態勢を良好にすることで密植を可能にし、単位面積当たりの株数を確保して収量の増加を図ろうとするものである。

中世古ら（1984）は水田転換畑ダイズの多収要因を解析し、転換畑ダイズは普通畑ダイズに比べて、吸光係数が小さく、繁茂度が大きい割に下層の落葉が少なく、登熟期において葉の寿命が長いだけでなく、効率的な受光態勢を備えていたことを認め、このような優れた受光態勢は上位葉の垂直な長い葉柄による特異な草型と、活発な調位運動によると報告している。佐川（1991）も転換畑ダイズの特徴について検討し、ほぼ

同様の結果を得て、転換畑ダイズは光合成効率が高く、形態的に優れた乾物生産特性をもつことを明らかにした。

ダイズ個体群の光合成は光飽和を示す（村田・猪山 1960, 玖村 1965）が、これは前述のように、ダイズの葉群構造に起因する受光条件が主な要因であると考えられる。葉群の受光条件を改善することによって、個体群の光合成速度が大きくなることは、これまでの遮光実験の結果（Burnside and Böhning 1957, 玖村 1968b, Bowesら 1972, Singhら 1974）においても推定されている。ダイズ葉群の受光条件の改善の方法として栽培技術面からの検討も必要と考えられる。その点で、Johnstonら（1969）, Schouら（1978）の、人工光源による補光と反射光の利用に関する報告は興味深い。Johnstonら（1969）は人工光源を個体の上部、中央部および下部に照射して、中央部および下部の個葉の光合成速度が大きくなり、個体の中央部および下部に着生していた子実の収量が増大したことを示した。Schouら（1978）も個体群に対して生育時期別に2週間の反射光処理を行って、開花期から着莢期の反射光処理によって収量が増大したと報告している。これらの結果は、個体群の中・下層に位置する葉群の光強度を人工光や反射光によって大きくすることが個体群全体の光合成速度を高め、収量を増大させる可能性を示したものである。

しかし、ダイズ中・下位葉の光合成と光条件に関する研究は少なく、中・下位葉の光合成速度と収量について十分に明らかにされているとはいえない。ダイズ葉群の中で上層に位置する葉に比べて、光合成能力が低い中・下位葉（玖村 1969）の光合成速度をできるだけ高く維持することがダイズ収量の増加を図る上で重要な栽培技術的要素と考える。

3. 本研究の目的と内容

ダイズ中・下位葉はダイズ葉群の構造から、老化や陰葉化によって光合成速度が、上位に位置する葉に比べて小さい。ダイズの収量を高めるには、生育中期（開花期－着莢期）の乾物生産量を確保し、個体群の光合成能力を高めることによってシンク（莢数）の増加を図ることが重要である（国分 1988）。

前述したように、Johnstonら（1969）、Schouら（1978）は人工光や反射光の実験で、葉群の光強度を増すことによって収量が増加したことを報告しているが、彼らの実験方法は装置の大きさ等から、実際のダイズ栽培に適用することは困難である。そこで、本研究では反射シートを使用する簡易な方法による反射光の増大がダイズの中・下位葉の光合成速度と収量に及ぼす影響について検討した。

本論文は以下の内容から成る。

第1章においては、ダイズ中・下位葉の光合成速度と暗呼吸速度を上位葉と比較し、中・下位葉の光合成特性について検討した。さらに、生育時期別の中・下位葉の切除を行って、中・下位葉の乾物生産と子実収量に対する役割について検討した。

第2章では、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、熟期の異なる16品種を用いて検討した。

第3章では、反射光処理がダイズの光合成速度と収量に及ぼす影響について検討した。はじめはポット実験によって、反射光処理による中・下位葉の光合成速度の変化とその要因について明らかにし、次に圃場において、反射シートを利用した反射光処理が光合成速度と子実収量に及ぼす影響について検討した。

第4章では、第3章の結果から、反射光処理が中・下位葉の光合成速度と子実収量に及ぼす影響は栽培条件によって異なることが観察されたことから、栽植密度との関連で反射光処理の影響について検討した。

第5章では、第1章から第4章までの実験結果を総合的に考察した。

ゴイサの栽培に關する研究は、シシトフ栽培、多くの研究は、
研究は、近年に關して、多くは、
Kobayashi
1959, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025.

本論文はゴイサの中・下位葉の光合成速度と呼吸速度を上位葉と比較
することによってその関係を明らかにし、栽培法としての光合成能力を
向上させるための栽培法を導くこととしたものである。また同時に、
ゴイサの光合成が肥料と子実収量に及ぼす影響について検討し

第 1 章

ダイズ中・下位葉の光合成特性並びに乾物生産および 子実収量に対する役割

ダイズの光合成に関する研究は1965年以降、数多くの研究成果が報告されている。近年に限ってみても多くの報告がある（Kokubunら 1988, Ashley and Boema 1989, Wells 1991, Shimadaら 1992, Kokubun and Shimada 1994ab, 李ら 1994ab, 斎藤ら 1994b, Maら 1995）。

ダイズ個体群の光合成は光飽和を示す（村田・猪山 1960, 玖村 1965）が、このことに関連して玖村（1968a）はダイズ個体群の光が均一である方が光合成速度が大きくなることを示し、直達光よりも散光の場合に光合成速度は大きくなると報告している。葉群の中・下位に位置する葉は、より上位の葉の展開と生長により光の遮蔽を受けるようになる。それと並行して、生育の進展に伴う時間的経過によって老化が進行し、光合成速度は次第に低下する（玖村 1969）。このような中・下位葉の光合成速度の低下をできるだけ軽減することができれば個体群としての光合成能力の低下を防ぎ、ときにはむしろ増大させることができると考えられる。

本実験はダイズ中・下位葉の光合成速度と暗呼吸速度を上位葉と比較することによってその特性を明らかにし、個体群としての光合成能力を増大させるための基礎的知見を得ようとしたものである。また同時に、中・下位葉の光合成が乾物生産と子実収量に対する役割について検討し

た。すなわち、生育時期別の中・下位葉の切除処理を行い、無処理個体の乾物生産および子実収量と比較・検討した。

1 材料と方法

1) 播種および施肥量

実験は1997年岩手大学農学部附属農場で行った。供試品種は岩手県の奨励品種である「スズカリ」を用いた。「スズカリ」は生態型による分類ではⅡbに属す晩生品種である。大粒型の多収品種として昭和60年に奨励品種に採用された。5月28日に畦間70cm, 株間15cmで1株1粒を播種した。

施肥量は1㎡当たりN; 3g, P_2O_5 ; 18g, K_2O ; 12gを全量基肥として施用した。各試験区は1区当たり長さ5mの6畦として、2反復で行った。

2) 光合成速度と暗呼吸速度の測定

光合成速度と暗呼吸速度は携帯式光合成測定装置（ADC社製，SPB-H3）を用いて、花芽分化期（7月19日）、開花期（7月30日）、着莢期（8月17日）および子実肥大期（8月23日）の晴天日に測定した。測定は生育中庸な個体（後述の葉身切除試験における無処理区個体）について、第3葉（3L）、5L、7L、9L、11Lおよび13Lの各頂小葉を対象として、10時から15時までの間に行った。測定時の光強度は $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の強光（自然光）と $400\sim 500\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の弱光（寒冷紗で遮光）であった。暗呼吸速度は強光下および弱光下で光合成速度を測定した後、対象葉を切り離し、黒布で覆って暗黒状態とし

CO₂放出速度を測定してもとめた。なお、暗呼吸速度の測定では暗黒状態にしてからCO₂放出速度が安定するまで3～4分の時間を要した。光合成速度および暗呼吸速度の測定には各葉位とも各光強度で2～3枚の葉を用いた。

測定時の導入空気量は300mLmin⁻¹に設定した。導入空気のCO₂濃度は花芽分化期は354±4ppm、開花期は370±7ppm、着莢期は351±5ppm、子実肥大期は344±7ppmであった。測定時の葉温は花芽分化期は28±3℃、開花期は30±3℃、着莢期は26±2℃、子実肥大期は30±2℃であった。

3) 葉身切除処理

葉身切除処理は異なる生育期に切除葉位を変えて3回実施した。第1回は8L展開期(7月15日)に4L以下、第2回は10L展開期(7月22日)に5L以下、第3回は12L展開期(開花期、7月28日)に6L以下の葉身を各複葉の葉枕部分からすべて切除し、それぞれをLC4区、LC5区およびLC6区とした。切除処理をしなかった区を無処理区とした。

4) 乾物重、LAIおよび収量調査

乾物重は、切除処理時、着莢期(8月12日)および子実肥大期(8月25日)に各試験区の生育中庸な3個体について、上位節(開花期までは第7節以上、その後は9節以上)と下位節に分けて、葉身、茎(葉柄を含む)、莢別に80℃、48時間通風乾燥し測定した。葉面積指数(LAI)は、3個体中の1個体について葉面積を自動面積計(林電工、AAM-8)で測定し通風乾燥後比葉重を求め、算出した。また、これらの値から個体群生長速度(CGR)、純同化率(NAR)を算出した。

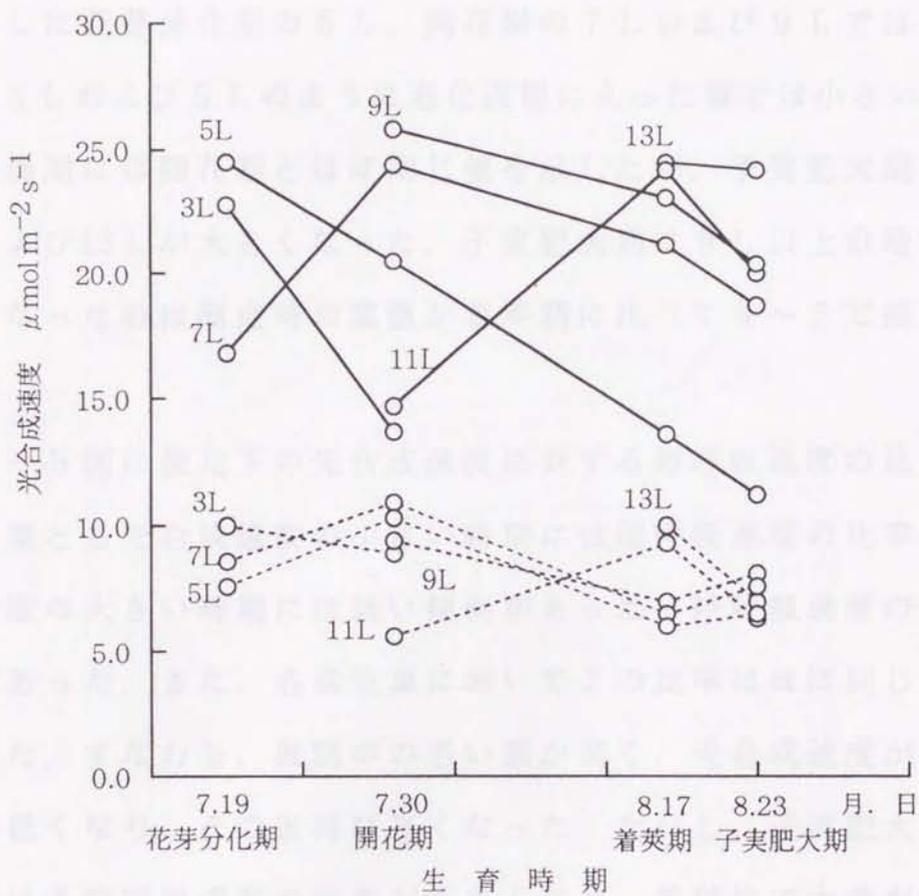
収量調査は各試験区20個体を10月15日に刈取り、風乾後、分枝を含む主茎上位節(第9節以上)と下位節(第8節以下)に分けて、それぞれ

の莢数，粒数および子実重を測定した。

2 結 果

1) 中・下位葉の時期別光合成速度と暗呼吸速度

第1-1図に各葉位葉の強光下および弱光下の光合成速度の時期別推移を示す。強光下の光合成速度はそれぞれの葉位で時期によって変動し、展開中の若い葉では小さく、完全展開期に最大に達し、その後生育とともに再び小さくなった。花芽分化期（7月19日）の光合成速度は3Lおよび5Lの方が7Lより大きく、3L～5Lの下位葉がこの時期の生育に対して大きく貢献していた。開花期（7月30日）には3Lおよび5Lの光合成速度が小さくなり、7Lおよび9Lの光合成速度が大きくなった。同様に着莢期（8月17日）には7Lおよび9Lの光合成速度がやや小さくなり、11Lおよび13Lが最大を示した。子実肥大期（8月23日）には各葉位葉とも小さくなったが、7L以上の上位葉の光合成速度は最大時の80%以上であった。すなわち、強光下では開花期以降は7L以上の上位葉の光合成速度が大きく、5L以下のそれが小さかった。各葉位葉の光合成速度が最大を示した時期は葉位によって異なるが、その最大値はほぼ同じであった。その後の低下速度は下位葉ほど大きい傾向であった。これに対して、弱光下の光合成速度は、いずれの葉位葉およびいずれの時期においても強光下の光合成速度よりも小さく、葉位および時期による変動は小さかった。特に子実肥大期において、強光下では上位葉に比べて光合成速度が著しく小さかった5L以下の下位葉の光合成速度が上位葉のそれと差がなかったことは注目される。



第1-1図 個葉の光合成速度の推移.

実線; 光強度 $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上,

点線; 光強度 $400 \sim 500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

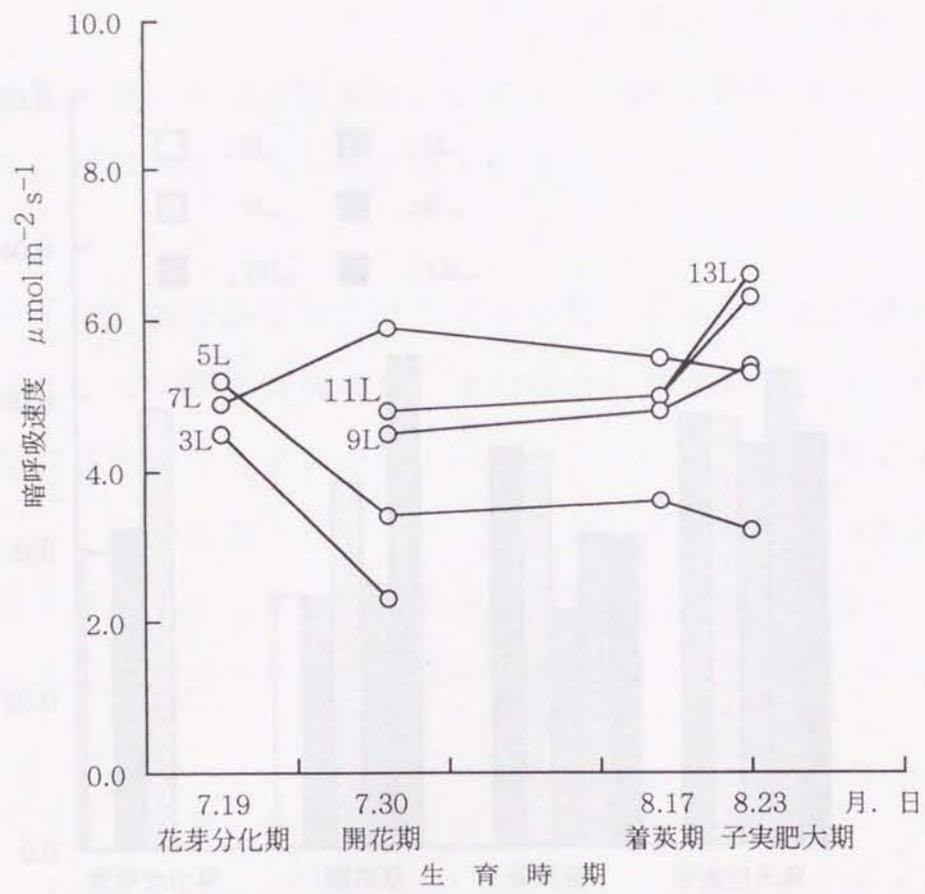
3L~13L; 葉位.

第1-2図に各葉位葉の暗呼吸速度を示す。暗呼吸速度は、温度による影響が大きく、光合成速度との関係を考える場合には光合成速度の測定と同様の温度条件で測定することが望ましい。そこで本実験では、暗呼吸速度の測定は光合成速度の測定直後に行った。暗呼吸速度は花芽分化期の7Lや開花期の11Lのように展開中の若い葉や、光合成速度が最大を示した花芽分化期の5L、開花期の7Lおよび9Lでは大きく、開花期の3Lおよび5Lのように老化過程に入った葉では小さい傾向があった。着莢期には開花期とほぼ同じ値を示したが、子実肥大期には9L、11Lおよび13Lが大きくなった。子実肥大期に9L以上の暗呼吸速度が大きくなったのは測定時の葉温が着莢期に比べて4~5℃高かったためである。

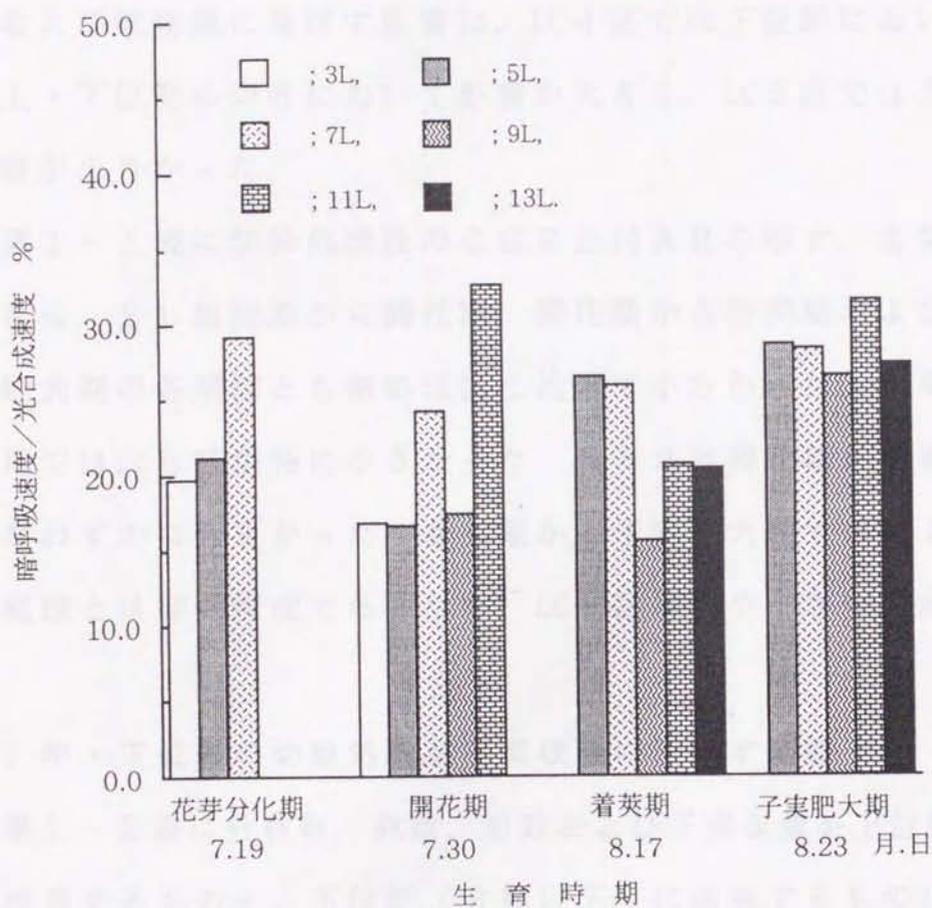
第1-3図に強光下の光合成速度に対する暗呼吸速度の比率を示す。各葉位葉とも光合成速度の小さい時期には暗呼吸速度の比率が高く、光合成速度の大きい時期には低い傾向があった。暗呼吸速度の比率は15~30%であった。また、各葉位葉においてこの比率はほぼ同じパターンで推移した。すなわち、展開中の若い葉が高く、光合成速度が最大を示す時期に低くなり、その後再び高くなった。ただし、子実肥大期には下位葉における暗呼吸速度の比率が大きくなり、各葉位で大差がなかった。

2) 中・下位葉の切除処理が乾物生産に及ぼす影響

第1-4図に中・下位葉切除後のLAIおよび地上部乾物重の推移を示す。切除処理によってLAIは当然低下したが、生育が進むにつれてその影響は個体全体に及んだ。無処理区に対する各切除処理区の比率でLAIの減少程度をみると、子実肥大期にはLC4区；19%、LC5区；7



第1-2図 個葉の暗呼吸速度の推移.



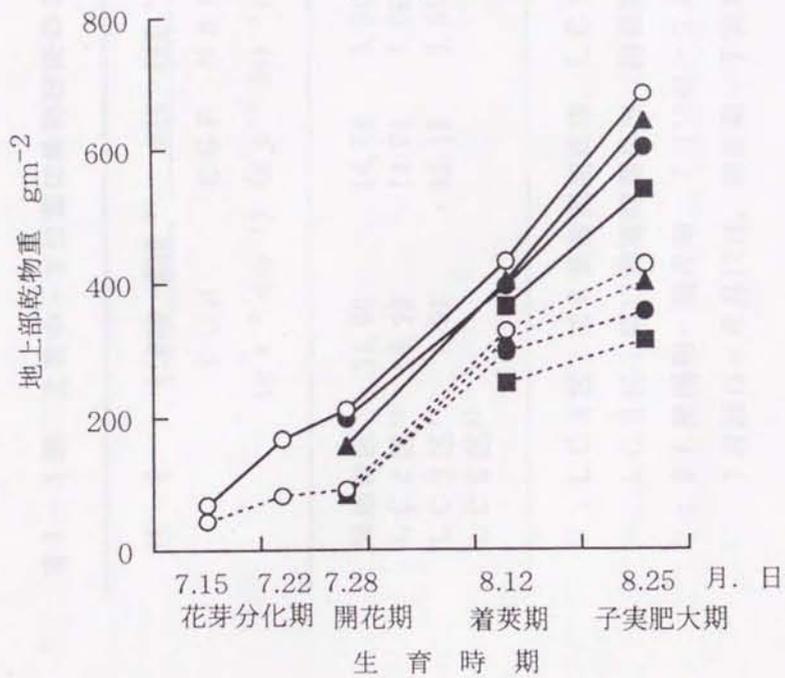
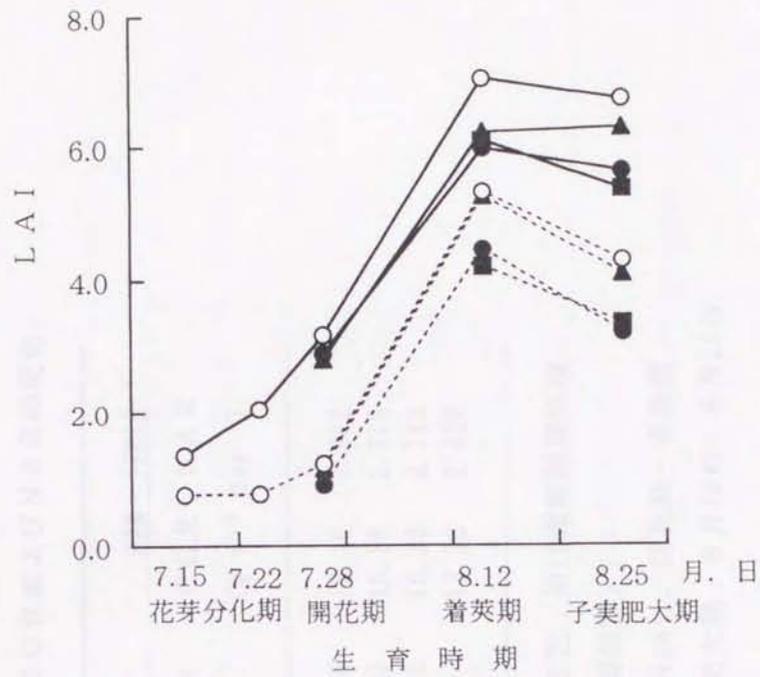
第1-3図 光合成速度に対する暗呼吸速度の比率.

%, LC6区; 25%であった。子実肥大期の下位節のLAIの減少率はLC4区; 33%, LC5区; 7%, LC6区; 28%であり, 上位節ではそれぞれ, 1%, 9%, 20%であった。乾物重の減少率は, 子実肥大期のLC4区; 15%, LC5区; 7%, LC6区; 27%であった。また, 下位節の減少率はLC4区; 20%, LC5区; 7%, LC6区; 36%であり, 上位節の減少率はLC4区; 4%, LC5区; 7%, LC6区; 14%であった。切除処理がLAIおよび乾物重に及ぼす影響は, LC4区では下位節において, LC6区では上・下位節の両者において影響が大きく, LC5区では上・下位節とも影響が小さかった。

第1-1表に切除処理後のCGRとNARを示す。各切除処理区のCGRは, 8L展開期から開花期, 開花期から着莢期および着莢期から子実肥大期の各期間とも無処理区に比べて小さかった。着莢期から子実肥大期ではLC6区が特に小さかった。NARは開花期から着莢期ではLC5区がわずかに大きかった。着莢期から子実肥大期ではLC4区, LC5区は無処理とほぼ同程度であったが, LC6区はやや小さい傾向があった。

3) 中・下位葉の切除処理が子実収量に及ぼす影響

第1-2表に分枝数, 莢数, 粒数および子実収量を上位節(9節以上)に由来するものと, 下位節(8節以下)に由来するものに分けて示す。全体で見ると各切除処理区に分枝数, 莢数, 粒数および子実重は無処理区に比べて有意に小さかったが, 切除処理区間ではLC6区がLC4区およびLC5区に比べて莢数が有意に小さかった。上位節と下位節に分けてみると, 上位節では莢数, 粒数および子実重とも切除処理区が小さく, 切除処理区間では粒数および子実重がLC5区では小さかった。下位節では,



第1-4図 切除処理後のLAIおよび乾物重の推移。
 ○；無処理，●；LC4区，▲；LC5区，■；LC6区。
 実線；全葉面積，地上部全乾物重，点線；開花期までは6節，
 着莢期および子実肥大期は8節以下の下位節の値を示す。

第1-1表 主茎中・下位葉切除処理後のCGRおよびNARの変化.

区 分	8L展開期 - 開花期 ²⁾		開花期 - 着莢期 ²⁾		着莢期 - 子実肥大期 ²⁾	
	CGR	CGR	NAR	CGR	NAR	
	(g m ⁻² day ⁻¹)	(g m ⁻² day ⁻¹)		(g m ⁻² day ⁻¹)		
無処理区	11.00	14.66	3.016	19.46	2.822	
LC4区 ¹⁾	8.92	14.04	3.067	15.86	2.718	
LC5区 ¹⁾	6.91	12.18	3.570	16.35	2.742	
LC6区 ¹⁾				13.26	2.438	

¹⁾ ; LC4区 ; 第8葉展開期処理, LC5区 ; 第10葉展開期処理,
LC6区 ; 第12葉展開期処理 (開花期処理) .

²⁾ ; 8L展開期 - 開花期 ; 7月15日 - 7月28日, 開花期 - 着莢期 ;
7月28日 - 8月12日, 着莢期 - 子実肥大期 ; 8月12日 - 8月25日.

第1-2表 上位節および下位節の莢数、粒数および子実収量。

区 分	全 体 (m ⁻²)				上位節(第9節以上) (m ⁻²)			下位節(第8節以下) (m ⁻²)		
	分枝数	莢 数	粒 数	子実重(g)	莢 数	粒 数	子実重(g)	莢 数	粒 数	子実重(g)
無処理区	63.5a	667a	1277a	384a	278a	555a	171a	389a	722a	213a
LC4区 ¹⁾	50.8b	525b	945b	304b	247b	455bc	152b	277b	486b	152c
LC5区 ¹⁾	51.7b	553b	1036b	324b	231b	446c	140b	323b	589b	184b
LC6区 ¹⁾	49.8b	523c	998b	312b	246b	491b	156b	277b	507b	151c

a, b, c ; 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。

¹⁾ ; LC4区 ; 第8葉展開期処理, LC5区 ; 第10葉展開期処理, LC6区 ; 第12葉展開期処理 (開花期処理)。

上位節と同様に、莢数、粒数および子実重とも切除処理区が小さく、切除処理区間では子実重がLC 5区に比べてLC 4区およびLC 6区では有意に小さかった。

3 考 察

強光下の光合成速度は花芽分化期には3 Lおよび5 Lが、開花期には7 Lおよび9 Lが、着莢期には11 Lおよび13 Lが最大を示し、各時期の最大光合成速度を示した葉の葉位は順次上位に移行した。特に着莢期から子実肥大期にかけて、子実収量が著しく影響される時期に7 L以上の上位葉では光合成速度に大差がなく、5 L以下の下位葉では著しく小さかった。強光下の光合成速度は各時期の最上位完全展開葉で最大であり、それより上位の未熟葉および下位の老化葉で小さかった。また、各時期において光合成速度が最大を示した花芽分化期の5 Lと開花期の9 Lおよび着莢期の11 L、13 Lの光合成速度はほぼ同じ値を示し、最大光合成速度の葉位による差は認められなかった。各葉位葉とも光合成速度が最大を示した後、光合成速度は小さくなったがこれは葉の老化によるものと考えられ、その低下速度は下位葉ほど速い傾向であった。400~500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の弱光下における光合成速度は、すべての葉位において、強光下の光合成速度よりも小さく、また、葉位による差はなかった。このことは弱光下における光合成速度が、葉の age や個体の生育段階よりも光強度によって規制されていることを示すものと理解される。そして、開花期以後、強光下では上位葉に比べて物質生産に対して貢献度の小さい下位葉が、弱光下では上位葉と同等の貢献をする可能性がある。

暗呼吸速度は展開中の若い葉や光合成速度が大きい葉で大きく、老化した葉では小さかった。光合成速度に対する暗呼吸速度の比率をみると葉位をこみにして15~30%程度であった。イネの光合成速度に対する暗呼吸速度の比率は8~11%と報告されている(佐藤・金 1980abc)。また、ダイズ葉身の呼吸量はイネの葉身に比べて大きく、それは葉身の窒素含有率と対応したとする報告がある(広田・武田 1978)。各葉位葉とも光合成速度に対する暗呼吸速度の比率は光合成速度が最大を示した時期には小さく、その前後の時期に大きかった。光合成速度が最大を示した時期の各葉位葉の暗呼吸速度の比率をみると、5L; 21.2%, 7L; 24.2%, 9L; 17.4%, 11L; 20.1%であり、大きな差はみられなかった。また、各葉位葉が示した最も大きい暗呼吸速度の比率をみても大きな差はなかった。このことは光合成を生産、呼吸を消費として捉えると、個葉自体の生産と消費の関係は各葉位間では差がないことを示している。しかし、開花期以後の強光下の光合成速度は中・下位葉の方が上位葉より明らかに小さく、そのため子実肥大期において下位葉の光合成速度に対する暗呼吸速度の比率が大きくなり、開花期以後の物質生産に対する貢献度は上位葉に比べて中・下位葉が小さかった。

次に乾物生産および子実収量に対する中・下位葉の役割との関係において、花芽分化期および開花期における中・下位葉の切除実験の結果を考察する。主茎中・下位葉の切除処理によってLAIおよび地上部乾物重は低下し、その低下程度は下位節で大きかった。中・下位節の光合成産物の転流・分配が主として当該節内や近接した節および分枝内で行われる(Thrower 1962, Stephenson and Wilson 1977ab, 国分 1988)ことから考えると、主茎の中・下位葉の切除の影響が下位節に対して大き

いことは当然といえる。また、分枝は中位から下位の節に発生するが、中・下位葉の切除が分枝の発生や生長に影響を与えたことが推測される。CGRはLAIとNARの積であり、NARとLAIとは負の関係を示す（中世古 1985, 国分 1988）ことが多い。NARはLC6区を除いて切除区のいずれにおいても無処理のそれと大差がなくCGRの低下の要因は主としてLAIの低下によるものであった。

中・下位葉の切除処理が分枝数、莢数、粒数および子実収量に及ぼす影響をみると、分枝数、莢数、粒数および子実収量が各切除処理区とも無処理区に比べて有意に小さかった。子実収量は下位節の低下が大きい傾向があったが、上位節でも各切除処理区では低下していた。子実収量は上位節では切除処理区の間で差はなかったが、下位節ではLC5区がLC4区およびLC6区より高かった。これは切除処理がLAIおよび乾物重に及ぼす影響と同様の結果であった。このことは切除処理によってLAIおよび乾物生産量が低下したことが直接、莢数および粒数の減少となって子実重へ波及したことを示している。乾物重および子実収量に対する切除処理の影響がLC4区およびLC6区とLC5区で異なったのは分枝の発生や生長が関与したことが考えられる。すなわち、LC4区では分枝の発生途中であり、切除処理が分枝の発生を抑制したこと、LC6区では切除処理と上位葉による光の遮蔽によって分枝の生長が抑制されたのに対して、LC5区では切除処理時の光環境がLC6区より良好であり、分枝の発生がほぼ終了していることから切除処理がむしろ分枝の生長を促進したことが考えられる。ダイズの収量にとって生育中期（開花期—着莢期）の乾物生産量の確保が重要であり（国分 1988）、中・下位葉が乾物生産と子実収量に対して少なからぬ役割を担っていることが推察された。

4 要 旨

圃場栽培したダイズ個体群において、最頂葉展開時に中・下層に位置する葉（具体的には主茎第3～6葉）を中・下位葉とし、これらの光合成の特性を上位葉と比較・検討した。品種は「スズカリ」を用いた。中・下位葉はダイズが花芽分化から開花に至る時期には葉群の上位に位置し、個体群の中で最も大きい光合成速度を示す。その後は生育とともに老化が進み光合成速度は低下した。中・下位葉の光合成速度の最大値は上位葉のそれと差がなく、光合成能力の葉位間差はなかった。暗呼吸速度は葉が展開中の若い時期や完全展開後の光合成速度が最も大きい時期に大きい傾向があった。光合成速度に対する暗呼吸速度の比率は各葉位葉とも光合成の盛んな時期に低く、展開中の若い葉や老化した葉では高く、その値の葉位による差はみられなかった。しかし、開花期以後の強光下の光合成速度が中・下位葉では上位葉に比べて小さく、開花期以降の中・下位葉の物質生産に対する貢献は上位葉より小さかった。

中・下位葉を生育の異なる時期に葉位を変えて切除して、無処理個体のLAIおよび乾物重と比較・検討した。切除処理によって、開花期以後の乾物重が低下した。乾物重の低下はCGRの低下が原因であり、それは主としてLAIの減少によるものであった。切除処理区では分枝数、莢数および粒数が減少し、子実収量が低下した。ダイズの中・下位葉は乾物生産と子実収量に対して少なからぬ役割を担っていると推察された。