

## 大豆の物質生産に関する研究

## 第1報 生育に伴う植物体の光合成能ならびに呼吸能の推移\*

玖村 敦彦\*\*・浪花 勲\*\*\*

(\*\*東京大学農学部・\*\*\*福井大学々芸学部)

## 緒 言

大豆は、いうまでもなく最も重要な作物の一つであるが、この作物の物質生産上の特性については未だ不明な点が多い。そこでこの点を明らかにすることを目的として本研究に着手した。

研究の第一段階としては、植物体各部の乾物重、光合成能、呼吸能の時期別調査を行ない、個体としての生産と消費の体制、およびそれらの生育に伴う変化を明らかにすることとした。

## 実験方法

供試品種：白花埼玉1号

栽培方法：播種は1963年5月22日、圃場栽培で畦間45cm、株間10cm、施肥量は10a当り堆肥1900kg、硫酸18.8kg、過磷酸石灰37.5kg、塩化加里15kgでいずれも基肥として施した。

光合成、呼吸の測定方法：測定装置の構造は村田がかつての水稻の光合成、呼吸の測定に用いたもの<sup>7)</sup>とほぼ同じである。ただし炭酸ガスの測定には赤外線ガス分析器(富士電機KK製)を用いた。測定温度は光合成24~30℃、呼吸20~23℃で温度の影響は後に述べるような方法で補正した。使用した空気は自然のままのものであつて炭酸ガス濃度の規制はしなかつた。また、同化箱内における炭酸ガスの濃度低下に対しても特に補正を行なわなかつたので、後に掲げる測定値には同化箱内の炭酸ガス濃度の変動の影響が混入したままである。照明は白熱電灯によつた。光源と試料との間には約10cmの水槽を挿入し熱線を除去するよう努めた。同化箱内の、光源からの光に直角な面の照度は約40 Klxであつた。

光合成は葉、莖、莢の3部分について、呼吸は前記3者と根とについて測定した。呼吸については各部分ごとに $Q_{10}$ を求め、この値を用いてすべて共通の標準温度(25℃)の下での値に換算して表示した。また光合成測定温度の下での呼吸量を前記の温度係数を用いて計算してこれをみかけの光合成量に加え、いわゆる真の光合成量を算出した。後に掲げる光合成の値はすべてこのようにして得られたものである。

以下、各部分ごとの測定の手づきを簡単に記す。葉は測定直前圃場の植物体より切り取り、一旦葉柄の

部分で水切りした後、水さしにさして同化箱内にセットした。各葉位とも4~6枚の葉を用いた。葉の場合にはその面を光源からの光に直角に向けることは容易である。既往の研究の結果<sup>1,2,5)</sup>および筆者の一人が別に行なつた測定の結果<sup>4)</sup>からみて、上記のような本研究の光条件の下では充分光飽和に達していると考えてよいと思う。したがつて、以下において光合成能率、あるいは光合成能力として示されているのは、通常の炭酸ガス濃度、上記の温度範囲の下での光合成の最大値である。

莢および莖の場合には、まず葉を全部切り取り莖に莢だけをつけた状態でガス代謝量を測定し、しかる後莢を取り去り莖だけについて同様な測定を行ない、後者から莖の光合成能力を、また前者と後者との差から莢の光合成能力を求めた。これらの場合、同化箱は切葉用のものを用い一方の側だけから照明を行なつたので、反対側の面は充分に光を受け難かつた。したがつて莢および莖の場合には能力がある程度過小に見積られているものと考えられる。

根はなるべく切れないように掘取り土粒を流水で洗い流した後根粒をつけたままで同化箱内に入れ呼吸を測定した。

光合成、呼吸の測定後常法によりそれらの乾物重を測定した。葉については面積をも測定した。

光合成、呼吸の測定は午前9時~午後3時の間において実施した。

## 実験結果ならびに考察

生育は至極順調であつた。7月中旬ないし下旬の始めにかけて開花し8月末成熟した。以下調査項目別に

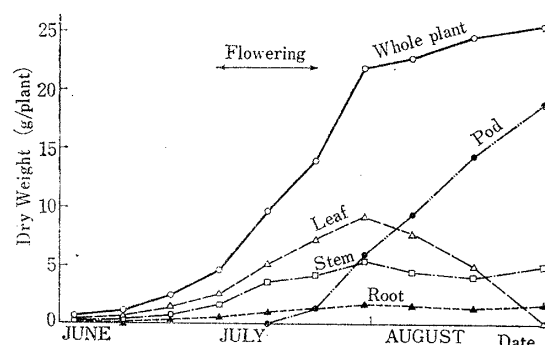


Fig. 1 Changes with time in dry weight of each part of soybean plant.

\* 昭和40年1月23日受理

結果を記述する。

### (1) 植物体各部の乾物重

Fig. 2 に示すように根、茎、葉の各部の重量はいずれも生育初期小さく、生育のすすみに伴ない増加し稔実初期頃最大値に達する。その後葉は落葉により減少してゆくが、茎と根とはほぼ一定の値を保つ。莢の重量は開花終期頃から急増し始め成熟期まではほとんど直線的に増加を続ける。個体としての重量は通常のシグモイド型をとつて増加する。重量増加の最も速かなのは開花始めから稔実初期にかけてであつた。生育後期には落葉による乾物の減少が起るので個体全体としての重量の増加傾向が減殺される。したがつて、乾物生産量は生育後期においては個体重量の推移により示されているところよりかなり多かつたはずである。

植物体を構成する各部分のうち最も大きな割合を占めるのは生育前半では葉、ついで茎である。生育後半になると莢の割合がしだいに大きくなり、成熟期頃には個体の中で圧倒的に大きな割合を占めるようになる。根は重量の上では僅かな割合しか占めない。

### (2) 葉面積

葉面積は葉位別に調査した。結果のうち主茎奇数葉位の葉の面積を Fig. 2 に、また葉面積を主茎、分枝ならびに個体全体についてまとめたものを Fig. 3 に掲げ

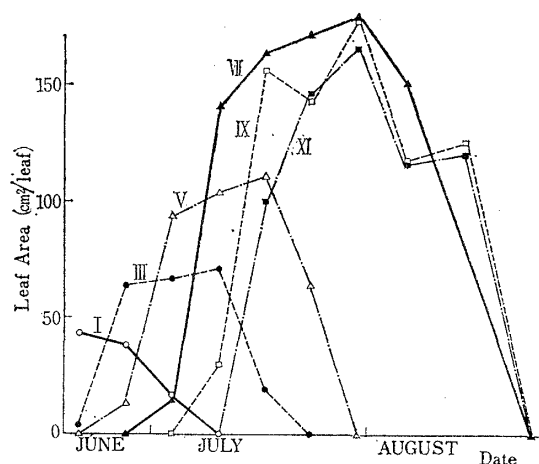


Fig. 2. Changes with time in leaf area of the mainstem of soybean plant.

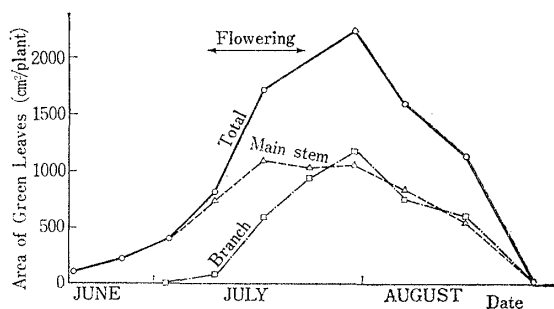


Fig. 3. Changes with time in leaf area of the mainstem, branches and whole plant of soybean.

た。これらの図においては黄化した部分の面積は含まれていない。

まず個々の葉の面積の推移をみると、常識的であるが、發育に伴い上昇しある時期に至つて最高値に達し以後黄化、枯死により減少する。下位葉では最大葉面積が小さく葉位の上昇につれてこの値が大きくなるが上位數葉の間では大差がない。ただし最上位葉(第12葉)はそれ以下の數葉に比し小さかつた。出葉してから老化枯死するまでの期間は葉位により異なる。すなわち、下位葉において比較的短かく、中位葉において長く、上位葉において再び短くなる。上位葉の生存期間が短いのは、出葉の時期は葉位が上昇するにつれておそくなるにもかかわらず枯死の過程は稔実の進行に伴ないいつせに進むからである。この点は古谷ら<sup>3)</sup>の結果とほぼ同じである。

個体全体としての葉面積は生育初期小さく、生育の進みに伴ない増加し、稔実初期頃最大値に達し以後減少する。生育の前半においては主莖葉が主体をなすが開花始め頃から分枝の發育が顯著となり生育後半においては主莖葉、分枝葉がほぼ等しい値をとりつつ推移する。

### (3) 光合成能率、光合成能力

葉の光合成能率、光合成能力：主莖奇數葉位の葉の光合成能率、すなわち単位時間、単位葉面積当りの光合成量を Fig. 4 に示した。

葉の光合成能率は出葉後葉の發育に伴ない上昇し、やがて最高値に達しその後葉の老化のすすむにつれて低下する。葉面積からみた葉の發育と単位面積当りの光合成量として表わされた光合成機能との関係は単純ではない。葉面積が最大値に達するのとほぼ時を同じくして光合成能率が最高に達する場合もあつたが、葉面積がその最大値の約1/2の時すでに光合成能率が最高に達し、以後葉面積の拡大とともに光合成能率が低下する場合もあつた。

光合成能率の最高値は葉位によつて異なる。すなわち、下位葉では比較的low 10 mg/dm²/hr を若干こえ

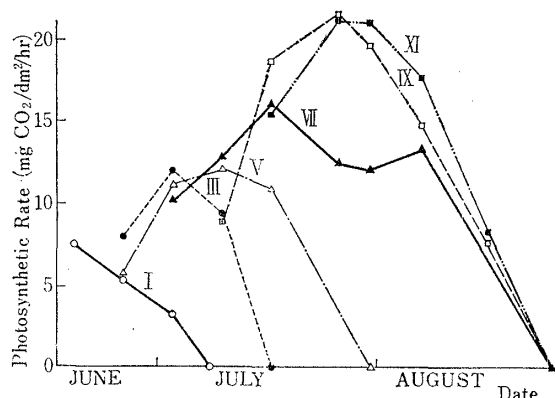


Fig. 4. Changes with time in photosynthetic activity of soybean leaves. Roman numbers indicate the position of leaves on mainstem numbered from the base.

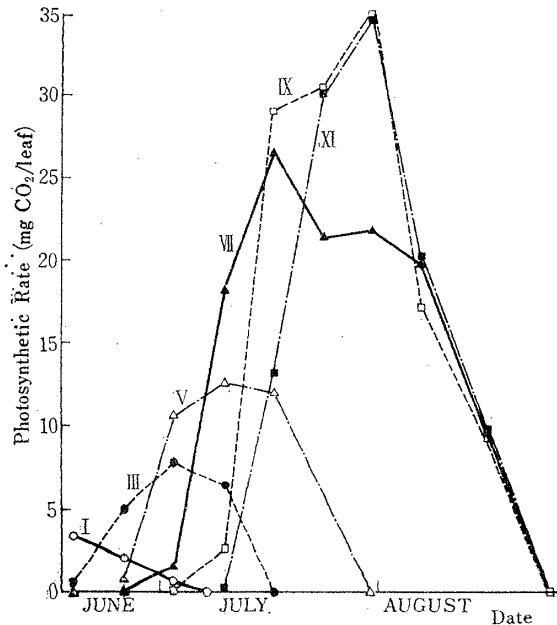


Fig. 5. Changes with time in photosynthetic capacity of soybean leaves. Roman numbers indicate the position of leaves on mainstem numbered from the base.

る程度であるのに対し、上位葉では  $20 \text{ mg/dm}^2/\text{hr}$  をこえている。しかし最上位 3~4 葉の間では大差はない。葉位により光合成能率が異なる理由については明らかでない。この実験に比べ約 1 ヶ月おそく播種したものでは主茎第 4 葉も  $20 \text{ mg/dm}^2/\text{hr}$  程度の値を示したので Fig. 4 にみられるような光合成能率の葉位間差は葉位それ自身の本質的な性質に基づくものではないように思われる。5 月 22 日に播種した場合には下位葉の発育が梅雨期に行なわれたので陰葉化が起こり最高光合成能率が低くなつたのかも知れない。

最高光合成能率について葉位間に差があるが、一方光合成機能の持続期間も葉位により異なる。すなわ

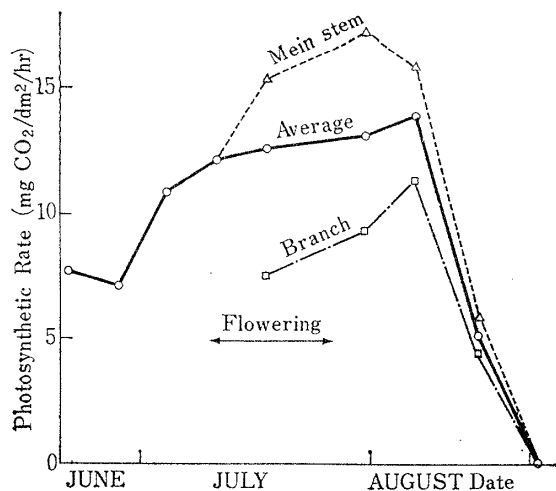


Fig. 6. Changes with time in photosynthetic activity of the leaves of mainstem, branches and whole plant of soybean.

ち、葉面積の場合と同様この期間は下位葉では比較的短かく、中位葉で最長であり、上位葉では再び短くなる。

葉面積に光合成能率を乗ずれば葉 1 枚当りの光合成能力が得られるが、このようにして求めた値を Fig. 5 に掲げた。葉の発育に伴ない上昇し最高値に達し、その後下降するという過程が各葉位ごとに少しずつ位相がずれたかたちで進行する。最高値は葉位の上昇に伴ない高くなり、頂葉を除く上位 3~4 葉では大差なく、能力の持続期間は中位葉で最大であり、最上位数葉では能力の上昇については时期的なずれがあるが下降は出葉の早晩にかかわらずいつせいにすすむことなどは葉面積および光合成能率の推移から推察される通りである。

個々の葉の光合成能率と葉面積から計算により求めた主茎葉全体の平均光合成能率、分枝葉全体の平均光合成能率および個体全葉の平均光合成能率を Fig. 6 に示す。

個体全葉の平均光合成能率はかなり後期まで上昇を続け成熟中期に至つて急速な減少に転ずる。大豆の光合成能率のこのような时期的推移は武田ら<sup>8)</sup>、村田ら<sup>7)</sup>により報告されているところの水稻の光合成能率の时期的推移、すなわち生育が進むに伴ない下降の一途をたどるという傾向と著しい対照をなす。

次に、主茎葉と分枝葉とを比較すると前者において光合成能率がより高いことがわかる。分枝葉は主茎葉がすでに展開した後にその遮蔽の下で発育するので、陰葉化により最高光合成能率が低くなつたのではないかと思われる。この点については今後実験により確かめたいと考えている。大豆の葉が低照度の下で陰葉下することは Burnside ら<sup>9)</sup>によつて明らかにされている。

個々の葉の光合成能力を積算して得た主茎葉全体、分枝葉全体および個体全葉の光合成能力を Fig. 7 に示す。全葉の光合成能力は生育に伴ない増大し稔実初

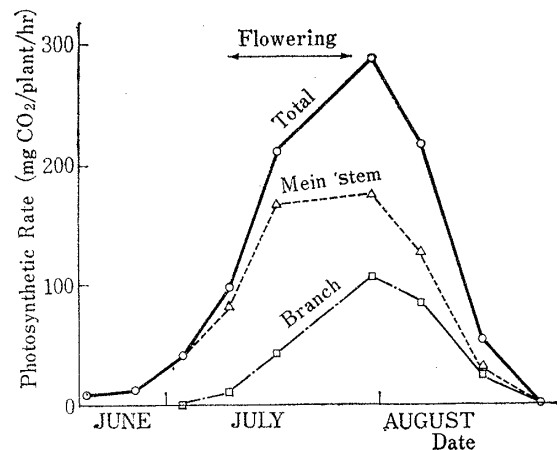


Fig. 7. Changes with time in photosynthetic capacity of the leaves of mainstem, branches and whole plant of soybean.

期頃最高値に達し以後成熟とともに減少する。生育後半においては葉面積は主茎葉と分枝葉とはほぼ等しいのであるが、光合成能力は主茎葉の方が大である。これは光合成能力が主茎葉においてより高いことに基づく。

**茎の光合成能力：**茎も光合成能力を有する。しかしその大きさは Fig. 8 に示すように大したものではない。

**莢の光合成能力：**莢も明らかに光合成能力を有する。莢全体としての光合成能力は Fig. 8 に示すように稔初期小さく、莢の発育に伴ない増大し、稔実中期頃最大値に達しその後低下する。

個体光合成能力ならびにその部分別構成：Fig. 8 には各部分の光合成能力とともにそれらの総和、すなわち個体の全光合成能力が示されている。個体の全光合成能力は生育初期低く、生育に伴ない上昇し、稔実初期頃最高値に達し以後下降する。

各部分の光合成能力を比較してみると葉のそれがつねに、圧倒的に大きいことがわかる。莢および茎の光合成能力が実験方法の項で述べたような理由によりあ

行する。

**植物体各部の呼吸能率：**各葉の呼吸量を個体全体について積算し、総葉重量により除して求めた平均呼吸能率、根、茎、莢および個体の平均呼吸能率を Fig. 9 に示す。時期的傾向は各部分ともほぼ同じで、生育初期高くやがて減少、後再び高まり開花初めあるいはその少し前頃に小さい極大値に達し、後生育の進みに伴ない低下してゆく。

各部分の呼吸能率の大きさを比較すると、全般的にみて最も高い値を示すのは葉であり、ついで根、茎の順序である。莢は若い間は最も高い値を示すが成熟の進みに伴ない急減し、稔実後期には根、茎に近い値をとるようになる。

植物体各部の呼吸能力、個体呼吸能力ならびに個体呼吸能力の部分別構成：各部分の呼吸能率にそれらの重量を乗じて得た植物体各部の呼吸能力、およびこれらの総和としての個体呼吸能力を Fig. 10 に示す。個体呼吸能力は生育の初期小さく、生育の進みに伴ない増大し稔実初期を頂点として以後急減する。器官別の呼吸能力もほぼ同様の推移をたどるが、莢の呼吸能力

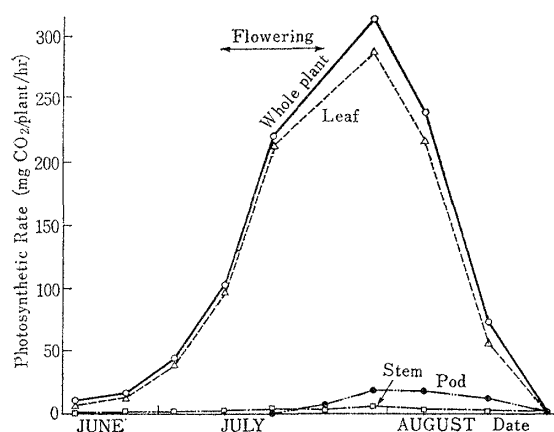


Fig. 8. Changes with time in photosynthetic capacity of each part of soybean plant.

る程度過小評価されていることは確かであるが、たとえ十分な光を与えられたとしてもそれらの光合成能力が葉に匹敵する程大きくなるとはとうてい考えられない。結局、常識的であるが、大豆においても生産面の主役は葉であると結論される。

#### (4) 呼吸能率、呼吸能力

**各葉位の葉の呼吸能率、呼吸能力：**これらについては図を掲げなかつたが大略次のようであつた。乾物 1g 当り、あるいは単位葉面積当りの炭酸ガス呼出量は葉の発育の極初期に最も高く、葉の発育に伴ない急減し、その後かなり長い間ほぼ一定の値を保ち黄化とともに急減する。葉 1 枚当りの呼吸量は発育の初期低く発育に伴ない増加、やがて最大値に達した後老化とともに減少する。このような推移が光合成の場合と同様出葉の順序に応じて少しずつ位相がずれたかたちで進

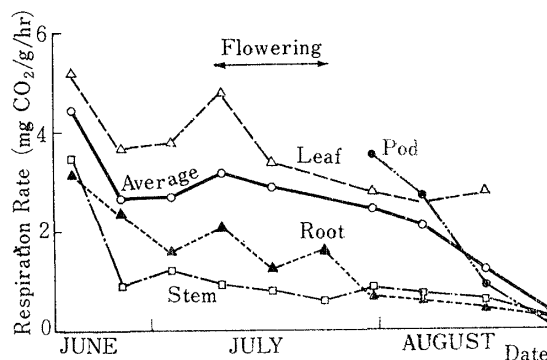


Fig. 9. Changes with time in respiratory activity of each part of soybean plant.

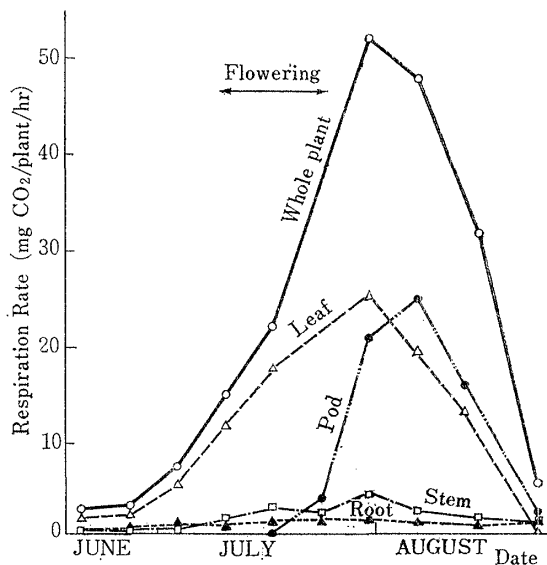


Fig. 10. Changes with time in respiratory capacity of each part of soybean plant.

が最高に達するのは若干おそく稔実中期頃である。

生育前半においては個体呼吸能力の大部分を構成するのは葉であり、この部分に比べれば茎および根の呼吸能力ははるかに小さい。茎は、乾物重の項で述べたように重量の上では比較的大きいにもかかわらず、呼吸能力の点ではごく小さい比重しか占めていない。これは、この部分の呼吸能率が著しく低いためである。

生育後半においては莢の呼吸能力が著しく大きくなり各部分中最大の値を示すようになる。葉は莢よりも若干小さくはあるが、それに近い呼吸能力を示し、この時期においても主要な消費者の1つである。茎および根の呼吸能力は、個体全体からみるならば、この時期においてもごく小さい割合しか占めていない。

### あ と が き

以上、本報においては、植物体を構成する各部分が生産者あるいは消費者としてみた場合どのような特質をもっているか、また、これらの部分から個体としての生産・消費の体制がどのように組立てられているかという点を中心に検討して来た。ここでは、もつぱら植物体の内的な機能のみを扱ったが、これを圃場条件下の物質生産にむすびつけるためには、既述のような特質をもつたおのおのの葉が、また各部分が、圃場空間にどのように配置され、どのような条件の下に置かれているか、を考慮しなければならない。この点については後報において報告したい。

おわりに、本研究を実施するにあたり、懇篤な御指

導をいただいた東京大学農学部戸荻義次教授に深謝の意を表わす。

### 引 用 文 献

1. BÖHNING, R.H. and C.A. BURNSIDE 1956. The effect of light intensity on rate of apparent photosynthesis in leaves of sun and shade plant. *Amer. J. Bot.* **43**: 557—561.
2. BURNSIDE, C.A. and R.H. BÖHNING 1957. The effect of prolonged shading on the light saturation curves of apparent photosynthesis in sun plants. *Plant. Physiol.* **32**: 60—65.
3. 古谷義人・加藤 弘 1955. 間作された大豆の生育経過について. 九州農試彙報 **3**: 87—108.
4. 玖村敦彦 1965. 大豆の物質生産に関する研究 第2報 大豆個体群の光合成に及ぼす光の強さの影響. その 1. 日作紀 **33**: 455—463.
5. 楠元 司・篠崎成美 1954. 植物群落に於ける植物生産に関する生理生態学的研究 第1報 大豆の生長に応じて生ずる葉の光合成生産についての基礎的研究. 鹿児島大学教育学部研究紀要 **6**: 131—138.
7. 村田吉男 1961. 水稻の光合成とその栽培学的意義に関する研究. 農技研報告 D(9): 1—169
8. 武田友四郎・玖村敦彦 1957. 水稻に於ける収量成立過程の解析 (I)(II) 日作紀 **26**: 165—175.

## Studies on Dry Matter Production of Soybean Plant

### I. Ontogenic changes in photosynthetic and respiratory capacity of soybean plant and its parts.

Atsuhiko KUMURA\* and Isao NANIWA\*\*

(\*Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Tokyo, \*\*Faculty of Liberal Arts, University of Fukui, Fukui)

### Summary

Soybean plants, var Shirohara-Sai No. 1 were cultivated under field condition, and the various characters related to photosynthesis and respiration were observed at about two weeks intervals.

The results obtained are as follows;

(1) Total area of green leaves increases upto the begining of ripening and then decreases because of senescence.

(2) Photosynthetic activity (photosynthetic rate per unit area of leaf) of individual leaves of main stem increases with the development of the leaves and after attaining a maximum value, declines with progress of senescence. These processes proceed successively from lower leaves to upper leaves. However, in several upper leaves, senescence occurs simultaneously with advancement of maturation irrespective of the time of formation. The maximum value of photosynthetic activity of each leaf rises with the rise of the position of leaf on the main stem.

(3) Photosynthetic activity of the leaves of main stem is higher than that of the leaves of

branches.

(4) Total photosynthetic capacity of leaves (sum of photosynthetic rate of individual leaves on plant) increases with growth upto the begining of ripening and then decreases.

(5) Green pods have somewhat photosynthetic capacity but is small compared to that of the leaves.

(6) Green part of stem has photosynthetic capacity, too, but of lower rate than that of pods.

(7) Respiratory activity (respiration rate per unit weight of tissue) is highest in leaf, lowest in stem and intermediate in root. Respiratory activity of young pods is very high, but with progress of ripening it declines rapidly.

(8) At the first half of the growth period, respiratory capacity (total amount of respiration of each part of plant) is largest in leaves and is relatively small in other parts. At the second half of the growth, both pods and leaves are predominant in respiratory capacity.