イグサの光合成に及ぼす光強度の影響*

今 木 正

(島根大学農学部)

昭和 56 年 4 月 30 日受理

筆者は、イグサの「長い」収量の成立過程を物質生産の面から検討するため、物質生産の基礎となる光合成に関する実験を行っている¹⁾。イグサの光合成器官は、一般に地上茎と呼ばれる器官とみなせるが、地上部はほとんどこの地上茎で構成されている。またこの器官は直立して配列し、受光態勢上極めて特長的である。本報は、イグサの光合成速度に及ぼす光の強さの影響を、孤立条件下、および圃場個体群条件下で調査し、受光場面からみたイグサの個体群光合成特性について、検討したものである。

材 料 と 方 法

1. 孤立条件下での光—光合成反応の測定：1976年から1979年にかけて行った。分げつ型品種あさなぎを供試し、1株を3茎3芽とし、1/5000 a ポットでは2株、1/2000 a ポットでは3株を12月（1976年は3月）に植付け土耕栽培した。1/2000 a ポットでは基肥として窒素 0.2 g, リン酸 0.7 g, カリ 0.3 g, 追肥として窒素 2.2 g, カリ 1.4 g（5月に3回、6月に2回の合計値）を施した。1/5000 a ポットの場合は、1/2000 a ポットの半量とした。光合成の測定は、縦75×横75×高さ60 cm のアクリル樹脂製同化箱を、イグサの茎長に合わせて2～3段積み重ね、これに空調機を取り付け、温度調節した空気を絶えず循環させながら通気法で行った。CO₂ 濃度の測定は絶対値型の赤外線ガス分析計を使用した。通気量は、同化箱内外のCO₂ 濃度差が10～20 ppm 程度になるようにした。同化箱内にはポットを2～3ヶ十分間隔を開けて配置し、自然光の日変化を利用し光合成の測定を行った。

2. 個体群の光—光合成反応の測定：1979年島根大学農学部圃場において実施した。品種あさなぎを供試し、3月24日に1株10茎10芽とし、15×15 cm の栽植間隔で移植した。施肥量は、10 a 当たりの成分量で窒素 50.8 kg, リン酸 9.8 kg, カリ 27.6 kg を、基肥と5月に3回、6月に2回の計6回に分施した。

* 一部は第165回講演会（昭和53年4月）において発表。

5月31日と6月25日の計2回、個体群光合成を測定した。個体群光合成の測定は、前項と同じ同化箱を群落構造をできるだけ乱さないようにして圃場に設置し、前項と同じ方法で行った。

3. イグサ圃場における層別相対照度と層別刈り取り調査：松江市古志町のイグサ栽培農家の圃場において、1977年から1979年にかけて行った。1977年、1979年には収穫期の7月中旬に1回、1978年には先刈り期の5月中旬と収穫期の7月の2回層別刈り取りを行った。また1978年には、先刈り期から収穫期まで層別相対照度の経時変化も測定した。吸光係数は、地上茎の茎表面積を用いて算出した。すなわち、地上茎を地際から15 cm ずつ（1976年は10 cm）切り取り、各層の茎の平均直径を測定し、その層の間は茎を円柱と仮定して茎表面積を算出した。地上茎の地際の7～10 cm は、退化した葉身を先端に持つ葉鞘に包まれている。この器官はアントシアン系の色素を多く含み、赤紫色を呈しているため茎表面積から除外した。

結 果 と 考 察

1. 孤立条件下での光—光合成反応：1977年にポット栽培したイグサの株当たり光合成速度の光—光合成反応を第1図に示した。株当たり茎表面積が38.0 dm² と小さな株について測定した場合（6月27日）は、光—光合成曲線が飽和型を示し、光飽和点は0.4 ly/min 付近であった。茎長が1 m を越え、株当たり茎表面積が107.9 dm² と大きくなった株について測定すると（7月16日）、明確な光飽和点は認められなかった。1976年から1979年にかけて孤立条件下で光—光合成反応を測定した例を、単位茎表面積当たり光合成速度に換算し、測定時の株の大きさとともに第1表に示した。光飽和が認められた場合は、単位茎表面積当たり光合成速度で7.5～8.5 mgCO₂/dm²·hr であったが、株当たり茎表面積が75 dm², 45 cm 以上の茎数が130本を越えると光飽和点が認められなくなり、単位茎表面積当たり光合成速度も低下し始めた。これは、生育とともに古い地上茎の占める割合が増

第1図 株当たり光合成速度の光—光合成曲線
(1977年孤立条件下)

○……○ 6月27日 第1表測定番号3参照
●——● 7月16日 “ “ 4 “

第2図 個体群光合成速度の光—光合成曲線
(1979年圃場個体群条件下)

○……○ 5月31日 SAI: 8.4 K: 0.101
測定温度 21°C
●——● 6月25日 SAI: 16.8 K: 0.147
測定温度 27°C

第1表 孤立条件下で測定したみかけの光合成速度と株の大きさ

測定 番号	測 定 日	Pmax.	光飽 和点	茎表面 積	茎数	測定 温度
	年 月 日	mgCO ₂ /dm ² ·hr	ly/min	dm ² /hill	本/hill	C°
1	1976. 6. 26	5.5	0.4	33.7	95	32
2	7. 28	4.5	0.4	68.0	126	32
3	1977. 6. 27	7.5	0.4	38.0	88	25
4	7. 16	5.5	—	107.9	225	30
5	1979. 6. 1	8.5	0.4	27.6	36	22
6	6. 24	6.5	—	73.0	130	25
7	8. 1	4.7	—	82.5	174	27

Pmax.: 光飽和点下における値, 5.5: 1.0 ly/min の値, 茎数: 45 cm 以上の茎数

え、平均値としての光合成速度が低下する一方、株内でも相互遮蔽が起こるためと考えられる。1976年の結果は、他の年に比べて値が小さかった。これは測定温度が30°C以上であったことが一因と考えられる。既報りのように30°Cを越えるとみかけの光合成速度は急減するからである。

図2. 圃場における個体群の光—光合成反応：茎表面積指数^{注)}の異なる2時期に個体群光—光合成反応を測定した結果を第2図に示した。5月31日にはSAIが約9で株元の相対照度は約50%であった。光—光合成反応には明瞭な光飽和点は認められなかったが、

0.8 ly/min 以上になると、光合成速度の変化は小さくなった。0.8 ly/min の光の強さでは、単位土地面積当たり約7.5 gCC₂/m²·hrの個体群光合成速度であった。単位茎表面積当たり換算すると、約7 mgCO₂/dm²·hrとなり、この値は孤立条件下で光飽和した値に近かった。SAIが約17、株元の相対照度が10%以下になった6月25日では、0.8 ly/min では光飽和

注) 個体群条件下における茎表面積の大きさを土地面積に対する比率として示したもの、Stem Surface Area Index, SAI と略す。葉面積指数と同じ概念(岡山大学作物学研究室の考え方を適用した)。

しなかった。また SAI が 5 月 31 日の倍近く増えているにもかかわらず、個体群光合成速度に大差はなかった。7~8 gCC₂/m²·hr という値は、LAI で 7~8 の水稻の値とほぼ同じであった^{4,5)}。イグサの乾物収量が 10 a 当たり 2,000 kg 以上で、水稻の 1,500~2,000 kg とほぼ同じ程度の高い乾物収量を示す一因かもしれない。

SAI が 9 から 17 に増加しても、個体群光合成速度があまり変わらなかったが、これは地上茎をすべて光合成系として等価に評価したことに原因があるかもしれない。すなわち、SAI が大きくなると地上茎のうち光合成をみかけ上ほとんど行っていない部分が増えて、実質上の光合成系の規模は増えていないのかもしれない。

3. イグサ個体群の吸光係数と層別相対照度：1977 年から 1979 年にかけて、収穫期のイグサ圃場において調査した吸光係数の結果を第 3 図に、1978 年に調査した生産構造を第 4 図に示した。地上部は、株元近くの葉鞘部を除くと、すべてが地上茎で、上層から下層へとピラミッド型に分布し株元まで光を透過しやすい態勢にあることがわかる。吸光係数も 0.10 から 0.16 の範囲にあり、先刈り期ごろの 5 月中旬も、収穫期もその値はほとんど変化しなかった。比較的直立した光合成系を持つとされるイネ科作物でも、吸光係数は多くが 0.4 から 0.7 の範囲にあるとされていて³⁾、その値と比較すると小さく受光態勢は良い。しかし SAI が大変大きくなり、他の作物では LAI の最高値が 8 から 14 といわれているが³⁾、イグサでは 5 月中旬の先刈り期ごろにはすでに SAI で 13、収穫期には 25

第 3 図 イグサ個体群の吸光係数 (1977~1979 年 松江市古志町 収穫時)

	SAI	K
○——○ 1977 年 7 月 19 日	25.8	0.100
●……● 1978 年 7 月 16 日	25.5	0.164
×——× 1979 年 7 月 12 日	32.4	0.110

から 33 にまでなった (第 3 図, 第 4 図)。ただし、水稻などの他の作物の場合葉面積としては、葉の片面しか評価していないのに対し、この場合には地上茎の全表面積を評価して SAI を算出していることを考慮する必要がある。

つぎに層別相対照度が、生育とともにどのように変化していくかを調査した結果を第 5 図に示した。先刈り後株元に光が差し込み、相対照度が一時上昇するが、その後茎長が伸び茎数が増えるにつれて、株元の相対照度が低下し、7 月に入ると 45 cm の層より下の部分は 10% 以下の相対照度となった。

孤立条件下の光—光合成反応で、光飽和点が 0.4 ly/min であった。したがって個体群内でも 0.4 ly/min の光の当たる地上茎は光飽和するはずである。そして晴天の日中の光の強さが 1.0 ly/min とすると、相対照度 40% 以上の光の差し込む地上茎は日中光飽和する可能性がある。事実、SAI が 8、株元の相対照度 50% の個体群は、0.8 ly/min で光飽和に近づいた。

そこで、個体群内の相対照度 40% 以上の光を受け

第 4 図 イグサ個体群の生産構造と層別相対照度 (1978 年 松江市古志町)

上：5 月 14 日 K: 0.107
下：7 月 16 日 K: 0.164

第5図 イグサ個体群内の層別相対照度の推移
(1978年 松江市古志町)

注：先刈り 5月15日，先刈り高さ 52.5 cm

ている茎表面積を、伊藤²⁾に倣って光合成飽和茎表面積とし、この面積割合が生育とともにどのように推移していくか検討を加えてみた。まず第5図において、相対照度 40% 以上の値がどの層より上部になるかをみると、5月中旬には地上 15 cm 以上であったものが、6月中旬になると 30~45 cm、7月に入ると 75~90 cm と次第に上層に移っていくことがわかる。また、吸光係数が5月中旬以降ほとんど変わらないことから、吸光係数 0.10 の個体群で SAI が異なった場合、光合成飽和茎表面積割合がどのように変わるかを水平面日射量の変化と対応させて第6図に示した。SAI 8 の個体群は、0.8 ly/min では 87% の茎表面積が光飽和しており、1.0 ly/min では 100% が光飽和している。SAI が大きくなるにつれて、面積比率は小さくなる。1.0 ly/min で SAI 17 は 55%、SAI 25 の個体群は 38% しか光飽和していないことになる。そして SAI 17, 25 の両個体群とも光飽和している茎表面積は、SAI にして 9.5 であった。

このようにイグサの吸光係数は 0.10~0.16 と小さいが、光合成の光飽和点である 0.4 ly/min 以上の光を受ける可能性のある SAI は 7~10 である。5月中旬にはすでに SAI で 10 以上になっているので、この期以後の SAI の増加は、非光合成器官が増えているといってもよく、効率よく光合成を行っている茎表面積は割合としてはむしろ少いといった方が良くであろう。

第6図 日射量の変化に伴う光合成飽和茎表面積比率の変化 (吸光係数 0.100 の場合)

摘 要

1976 年から 1979 年にかけて、ポットおよび圃場においてイグサを栽培し、戸外自然光条件下で光合成速度に及ぼす光強度の影響を調査し、さらに栽培農家の圃場で調査した吸光係数、生産構造の結果から受光態勢上の特性について検討した。

1. 孤立状態でポット栽培したイグサの光—光合成反応は、茎表面積が少ないと光飽和点が認められた。光飽和点は約 0.4 ly/min で、単位茎表面積当たり光合成速度は 7.5~8.5 mg CO₂/dn²·hr であった (第1図, 第1表)。

2. 茎表面積指数 (SAI) が約 8 の個体群光合成は 0.8 ly/min 以上になると、ほぼ光飽和に近くなった。個体群光合成速度は 7 gCO₂/m²·hr であった (第2図)。

3. イグサ個体群の吸光係数は 0.10~0.16 と小さい値を示したが、一方 SAI も極めて大きく、収穫期には 25 以上となった (第3図, 第4図)。

4. 孤立条件下の光—光合成反応, SAI 8 の個体群光合成の光反応から、個体群内では 40% 以上の相対照度にある茎表面積は、光合成飽和茎表面積と評価できる。この部位は生育がすすむと次第に上層に偏在し、収穫期になると SAI で上層の 7~9、全体の茎表面積の 30% 前後となった (第4図, 第5図)。

引用文献

1. 今木 正 1981. イグサの生育と温度の関係について. 日作紀 **50**: 579-580.
2. 伊藤浩司 1965. 甜菜の光合成に関する研究, 第3

- 報 群落光合成. 日作紀 **33** : 492—498.
3. 武田友四郎 1971. 環境要因と物質生産. 江原 薫編, 飼料作物・草地の研究. 養賢堂, 東京. 109—145.
 4. 田中孝幸・松島省三 1970. 水稻収量の成立原理とその応用に関する研究. 第 103 報 諸条件が群落の光—同化曲線に及ぼす影響. 日作紀 **39** (別 1) : 15—16.
 5. 津野幸人・北角浩三 1970. 水稻の多収穫に関する生理・生態学的研究. 第 7 報 水稻個体群光合成作用における二三の問題点. 日作紀 **39** (別 1) : 11—12.

Effects of Light Intensity on the Crop Photosynthesis of Mat Rush (*Juncus decipiens* Nakai)

Tadashi IMAKI

(Faculty of Agriculture, Shimane University, Matsue 690)

Summary

The relationships between light intensity and the photosynthetic rate of an individual plant and a population of mat rush, the productive structure and the light-intercepting characteristics in mat rush stand were investigated to elucidate the crop photosynthetic system.

The results were summarized as follows:

1. The apparent photosynthetic rate of the individual plant having the total stem surface area below about 30 dm² was light-saturated at about 0.4 ly/min., while that of the individual plant with larger surface area of stems was not light-saturated even at 1.0 ly/min, and the highest photosynthetic rate observed in this experiment was 8.5 mgCO₂/dm²/hr (Fig. 1, Table 1).
2. The crop photosynthetic rate of the population with stem surface area index (SAI) of 8 was almost light-saturated at 0.8 ly/min (Fig. 2), and at this time the relative light intensity at the ground level was 50%.
3. Light extinction coefficient (K) based on SAI was nearly constant and comparatively small, while SAI was markedly increasing at the later stage of the growing period (Fig. 3, 4).
4. The ratio of the stem surface area exposed to a light intensity of 0.4 ly/min. to the total stem surface area gradually decreased as SAI became higher, and at the harvest time reached about 30% in terms of percentage (Fig. 5, 6).