

氏名(本籍)	お 小 じま 島 むつ 睦 お 男 (宮城県)
学位の種類	農 学 博 士
学位記番号	農 第 5 3 号
学位授与年月日	昭和47年 2月10日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和28年 3月 東北大学農学部卒業
学位論文題目	ダイズ品種における光合成能力向上 に関する研究

論文審査委員	(主 査) 教授 角田重三郎	教授 吉田重治
		教授 輪田 潔

論文内容要旨

物質生産の立場からダイズ品種の収量性を改善するためには、個体群光合成速度を高めることが最初の課題となる。それには光エネルギーをより多く受けとめ効率よく固定する機能をもった個体群の形成が要求される。最近、育種においては草型の改善をめざした品種改良がすすめられているが、受けとめた光エネルギーを効率よく固定する課題、すなわち個葉の単位葉面積当りの遺伝的な光合成能力を高める問題は、ダイズ以外の作物においてもほとんど研究されていなかった。

本報告は個体群光合成速度の構成要素の一つである単位葉面積当り光合成能力（以下単位光合成能力と略称する。）の向上がダイズの物質生産の増大にとって重要な位置を占めるものであり、育種の選抜対象形質として取扱うことができることを明らかにし、高い光合成能力を備えた多収性品種育成の可能性と実現方法を解明しようとしたものである。なお本論文においては単位葉面積当りの光合成の遺伝的な能力を光合成能力、その発現を光合成速度とよぶことにする。

1、単位光合成能力の向上の意義

個体群光合成速度に果す単位光合成能力の役割を明らかにするため、新旧品種を用い孤立および個体群における光合成を測定した。

孤立条件下の光合成速度は個体の葉面積の大きさに強く支配され、単位光合成能力が低くとも葉面積の大きい「満州」および「農林2号」は、単位光合成能力は高いが葉面積の少ない「Harosoy」よりも高い光合成速度を示した。しかし、個体群光合成速度は単位光合成能力と受光能率によって大きく影響され、供試品種間の差はいちぢるしく縮小した。しかも単位光合成能力と受光能率の劣る満州および農林2号は一定の個体群光合成速度を得るのにHarosoyよりも大きなLAIを必要とした。たとえば $59\text{CO}_2/\text{m}^2$ 土地面積/hr を同化するためのLAIは満州5.5~5.8、農林2号4.7~5.2、Harosoy 3.2~3.3である。一般にダイズ個体群の最高LAIは7前後であるから、満州および農林2号はLAIをさらに増大することによって個体群光合成を高めうる可能性は非常に小さく、Harosoyでは可能性が高いことは明らかである。

単位光合成能力の向上の重要性は物質収支の面からも指摘される。養による消費を補ないながら純生産量を高めるために単位光合成能力の低い葉を多量にもつことは、総生産量を高めただけでなく葉呼吸量との関連からみても得策でない。単位光合成能力の高い葉のLAIを増大するのが有利である。

個体群光合成速度に果す単位光合成能力の役割りは栽培法の発展に対応して変化する。少肥疎植栽培では葉面積の増大がむしろ重要であるが、葉量の増大する多肥密植栽培では受光能率とともに単位光合成能力の大きさが問題となる。したがって、今後個体群光合成速度を高めるためには受光

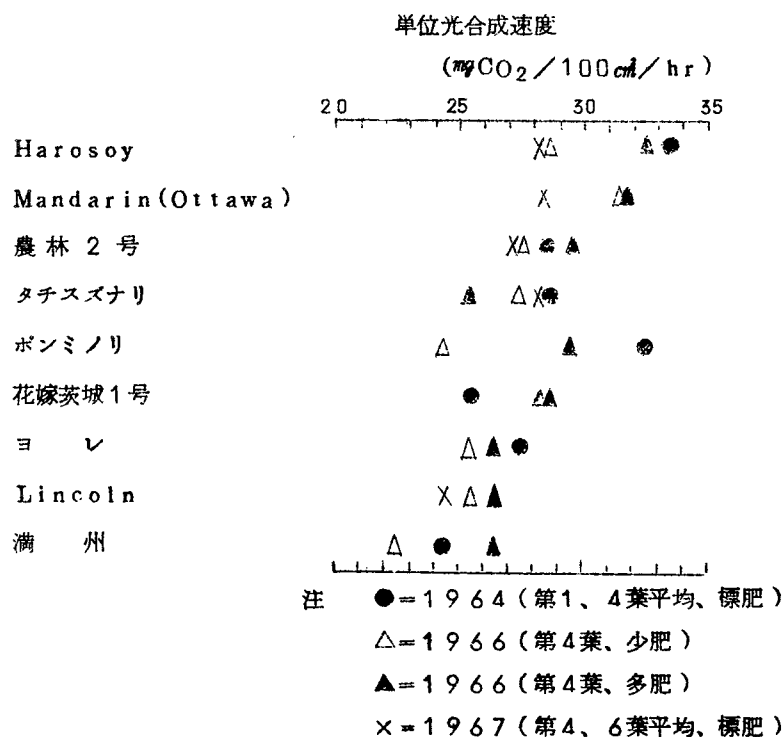
能率の改善と平行して単位光合成能力の向上に努めなければならない。

2、単位光合成能力の品種間差異とその安定性

品種間差異の有無およびその安定性を明らかにするため、3ヶ年にわたり延 55 品種について検討した。光合成能力の評価は測定葉の光合成速度が最大になる葉令時に、飽和光、CO₂ 300 ppm、葉温 26~29°C のもとでの単位光合成速度でおこなった。

単位光合成速度には品種間差異が存在し、同じ環境条件のもとで生長した葉では最高最低品種間に約 10~15 mg CO₂/100cm²/hr、供試品種の平均光合成速度に対しておおよそ±20%の差異が認められた。単位光合成速度の品種内個体間の CV は 5~25% で、これまで育種の選抜対象にされていた生産形質の CV よりはむしろ小さい。したがって、光合成能力を選抜の対象形質としてこれまでの形質と同じように取扱うことができる。

施肥条件や生育年度を異にした場合、中間的能力の品種は品種間順位が変動しやすい。しかし Harosoy や Mandarin (Ottawa) のように品種間の相対的關係において常に高い光合成速度を示す品種の存在することが明らかにされた(第1図)。

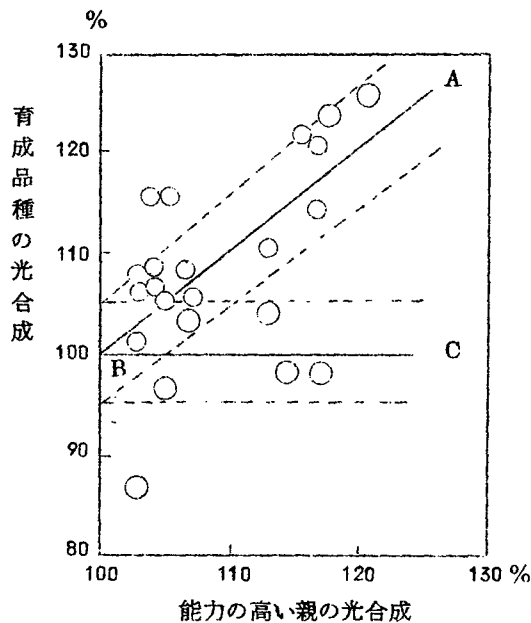


第1図 生育年度、施肥条件をかえた場合の品種間の相対的關係

3、育成品種の光合成能力と両親の光合成能力との関係

単位光合成能力が育種によってどのように変化したかを明らかにするため十勝長葉、兄、Mandarin (Ottawa) を片親として育成された品種のなかから 22 品種を抽出し、両親品種との関係を調査した。

高い光合成能力をもつ品種の出現頻度は両親または片親に高い光合成能力の品種が使用されている組合わせで高く（16 組合わせ中 13 品種）、両親とも低光合成能力の組合わせで低く（4 組合わせ中 1 品種）、低光合成品種と中光合成品種の組合わせにおいても低い（2 組合わせ中 1 品種）また、育成品種の多くは単位光合成能力が光合成能力の高い親とほぼ同じかまたはそれよりも高くなるように一定の方向性をもって選抜されていることが明らかにされた（第 2 図）。



第 2 図 育成品種の光合成能力と両親品種の光合成能力との関係

低光合成能力の親を基準にした相対値・線 A
B は育成品種の単位光合成速度が能力の高い親の光合成速度と等しく、B C は能力の低い親の光合成速度と等しいことを示す。点線は ±5% の幅を示す。

この結果はダイズ品種の収量性と単位光合成能力とが深く関連していることを示すものである。

4、単位光合成能力の遺伝と選抜の効果

単位光合成能力の遺伝性を明らかにするため主に農林1号×Harosoy、満州×Harosoyの2組合せを供試した。

F₁の単位光合成速度にはヘテロシスが認められず、農林1号および満州の低い光合成能力がHarosoyの高光合成能力に対して不完全優性である(第1表)。

世代	光合成速度																																	平均	CV %		
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33																			
1968:第3、6葉平均																																					
農林1号				1	2	1	3	1	4		2	1																							23.4	10.1	
Harosoy											2	3	3		2	2	2																		29.1	7.7	
F ₁ (農1×Har)						4		5	2	2																									24.4	6.1	
F ₂ (農1×Har)						6	5	10	7	8	12	5	6	3	4	4	4																		25.9	11.0	
1970:第5、8葉平均																																					
農林1号				1		1	4	6	2	2	2																								20.5	8.2	
Harosoy												1	2	1	2	6	3	2		1															29.3	6.6	
農1×Har.																																					
F ₁ Har×農1						1		4	2	6	3	1		1																						24.6	12.1
農1×(農1×H, F ₁)						1		2	1	2	7	7	6	5	4	1	1																			23.2	8.1
																																				23.4	11.3

注 1) 表中の数字は個体数を示す。

2) 光合成速度: mg CO₂ / 100 cm² / hr.

単位光合成能力がほとんど等しいワセコガネとHarosoyの組合わせにおいてもヘテロシスは認められなかった。相互交雑F₁間にはこれら3組合わせとも差異がなく、光合成能力の遺伝に細胞質が関与していないと推察された。F₂の光合成速度の分布から農林1号×Harosoy、満州×Harosoyの両組合わせとも光合成能力の遺伝は量的であることが明らかにされた。

両組合わせにおけるF₂個体とF₃系統(系統内平均値)の単位光合成速度の相関係数は、農林1号×Harosoyで0.66(5%水準で有意)、満州×Harosoyで0.45(有意性なし)と必ずしも高くはない。しかしF₃で高い光合成速度を示した系統の大部分はF₂の高光合成能力の個体に由来し、逆に、低光合成系統の多くはF₂の低光合成個体に由来していることから、単位光合成能力の選抜は可能であることが明らかにされた(第2表)。

第2表 単位光合成能力の高い系統の出現頻度

(1) 農林1号×Harosoy			
F ₂ の光合成能力	F ₃ の光合成能力		
	高	低	
高	5	2	
低	1	5	

(2) 満州×Harosoy			
F ₂ の光合成能力	F ₃ の光合成能力		
	高	中	低
高	1	5	0
低	0	3	3

注、1) 数字は系統数。

2) 単位光合成能力の高、中、低の分類は

DuncanのRange Testで行なっ

た。

F₄系統の早生群および中生群で最も多収を示した系統は、2組合わせとも、高い光合成能力をもつF₃系統のなかから出現した。単位光合成速度が収量と結びつくまでには個体群光合成速度、個体群呼吸量、乾物生産量、収穫指数が介在する。それにもかかわらずこのような結果を示したこ

とは育成品種の光合成能力で見出された事実を裏付けるものであり、収量性の改善にあたって単位光合成能力の向上が重要な位置にあることを示すものである。

5、単位光合成能力と諸形質との関係ならびに単位光合成能力の検定の簡易化

育種にあたっては高い光合成能力の遺伝子を見つけだし、これを既存の多収性品種にいれていかなければならない。たとえば、これまで調査した範囲内ではUSA、カナダ、日本の高光合成能力品種の多くは、Mandarin(Ottawa)、A.K.(Harrow)、十勝長葉の遺伝子に由来していることが明らかにされた。このような遺伝子の探索あるいは雑種系統の光合成能力の検定を簡便に行なうためには、測定が容易で光合成能力と相関の高い形質の利用がのぞまれる。

この目的にかなうものとしては単位葉面積当り葉の窒素含量、同じく乾物重(面積乾物重)および生体重(面積生体重)、葉の厚さがある。どれも、その値の大きいものは光合成能力が高い。葉の窒素含量、面積乾物重の遺伝は F_1 、 F_2 の分布が単位光合成速度の分布に類似し、低い形質が不完全優性である。農林1号×Harosoy、満州×Harosoyの両組合わせとも F_3 で高い光合成能力を示した系統の多くは F_2 で高い形質値をもつ個体から比較的多く出現しており、葉形質による選抜の有効性を裏付けている。葉形質のなかでは葉の窒素含量と面積乾物重が単位光合成速度との相関や取扱いの上からすぐれた形質である。

単位光合成能力は生育日数、茎の伸育型、葉の形とは関係がないことも明らかとなった。したがって、たとえば外国品種(無限伸育型)のもつ高い光合成能力をわが国の有限伸育型品種に、有型伸育型のままでいれることができるはずである。

6、研究成果の農業への寄与

種内における品種間の光合成能力の変異の幅は、一般に種間の変異にくらべて小さく、それだけ能力の向上にも限界がある。しかし現在多収性品種といわれるものの中にも光合成能力の低い品種が多数存在している。本研究の成果は、光合成能力の向上を直接の育種対象にくみいれて積極的に努力すれば、現在の多収性品種の収量性をさらに一段高い水準にまで改善することができるという展望を与えるものである。

審査結果の要旨

本論文は育種の立場から、大豆の葉面光合成速度について、その大豆の物質生産上における意義、品種間差異の程度と安定性、育成品種の葉面光合成速度と両親の葉面光合成速度との関係、葉面光合成速度の遺伝と選抜の効果、葉面光合成速度と諸形質の関係について研究したものである。

1. 先ず著者は、大豆個体群の光合成、呼吸を解析し、疎植少肥など葉の茂りにくい条件下では葉面積を広く展開する品種が適するが、葉量の増大する多肥密植栽培では、草型育種などによる受光能率の改善と共に、遺伝的に葉面光合成速度の高い品種を作付することが特に問題となることを指摘した。
2. 葉面光合成速度は生育条件、生育段階など非遺伝的要因によっても変化する。それ故にその遺伝子型による差異の程度と安定性が育種の対象形質としては問題になる。著者は3ケ年にわたる延55品種についての検討から、同じ条件で育てた場合、平均値に対して±20%巾の品種間差異があること、又品種内個体間の変異係数(CV)は5~25%でこれまで育種の選抜対象となった各種生産形質のCVよりむしろ小さいこと、さらに生育年度、施肥条件、葉位によって葉面光合成速度は変動するが品種間の相対的關係において常に高い光合成速度を示す品種が存在すること、飽和光条件下で光合成速度の高い品種は比較的弱光条件下での速度も高いことなどを認めた。これらは葉面光合成速度を育種の対象形質として取扱う上での基礎知見として重要である。
3. 従来大豆の育種では葉面光合成速度を直接選抜の対象としていないが多くの場合育成品種の速度は両親のうち速度の高い親とほぼ同じかまたはそれよりも高くなるように結果的には選ばれており、また高速度をもつ品種の出現頻度は高速度の品種が親に使用されている組合せで高いことが明らかにされた。
4. さらに遺伝様式について2組合せの雑種後代を調査し、低速度が高速度に対し不完全優性で、細胞質の影響は認められず、 F_2 で連続的量的な分離をすることを見た。また F_2 個体の光合成速度と F_3 系統の速度との関係および F_3 系統の光合成速度と F_4 系統の収量性との関係を調査し、葉面光合成速度についての個体選抜、系統選抜が有効であることを認めた。このような光合成速度の遺伝と選抜効果について雑種後代にまで及んだ研究は大豆以外でも殆んどなされておらず、著者らが先鞭をつけたものとして評価できる。
5. 葉面光合成速度と諸形質との関連性を調査し、葉面あたり窒素量、乾物重、生体重、葉の厚さとの正の相関関係が光合成速度についてのスクリーニングに利用できる可能性を指摘し、また葉面光合成速度と茎の有限伸長性、生育日数などは、遺伝的に関係がなく自由に組合せ育種ができることを示唆した。以上要するに、本論文は、大豆を材料として、葉面光合成速度の遺伝的支配とその程度、遺伝様式、選抜効果などについて他作物にさきがけて研究を進め、一種内の交雑育種において、葉面光合成速度が選抜対象になりうること、また高速度の方向への意識的、積極的な選抜によって集約栽培下における収量をさらに高められることを示唆したものであり、学問上および実際育種上価値ある知見を含み、農学博士の学位に値するものと認めた。