

菜豆の栄養生理学的研究 第3報

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	田中, 明 菊地, 清子
巻/号	47巻11号
掲載ページ	p. 506-510
発行年月	1976年11月

菜豆の栄養生理学的研究(第3報)

葉の生育経過と単葉光合成能の変遷

田中明*・菊地清子*

前報¹⁾において菜豆の矮性種・半蔓性種の生育経過を比較したが、本報では、その背景をなす個々の葉の生育経過および光合成能の生育に伴う変遷を調査した結果について報告する。

実験方法

前報で生育経過の調査に用いた1973年の大正金時と銀手亡の群落の個体について、大正金時では初生葉(L_p)、第1(L₁)、3葉(L₃)、銀手亡ではL_p、L₁、L₃、L₆、L₉、L₁₂、L₁₅の単葉光合成能(p₀)および呼吸能を生育各時期に測定した。

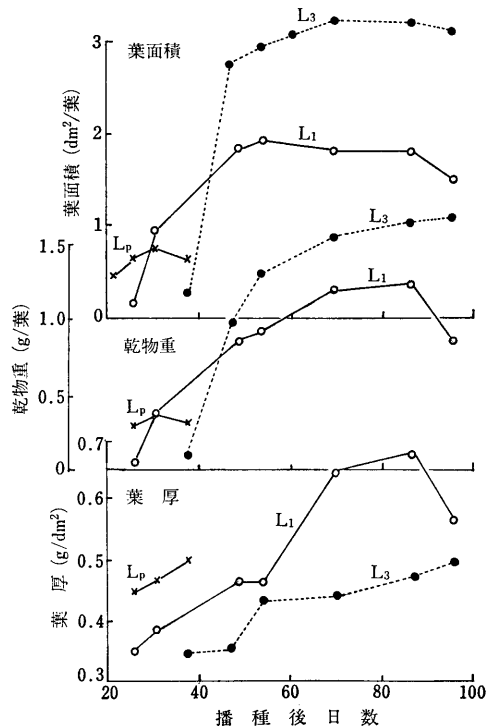
光合成能測定に当っては測定直前に測定葉のすぐ上で茎を切除し、また、測定葉より下位の葉および分枝を切除し、根を土壌ごと掘り採ってポットに移し、測定葉を着生状態で同化箱内に固定し、同化箱の出入口のCO₂濃度差より光合成能を測定した。この方法を用いた理由は、(1)葉柄基部から切断した葉を用いた測定値は再現性がなく、(2)個体をそのままポットに移した状態で強光下に測定を行なうと、蒸散量が多いため測定中に葉がしおれる、(3)上記のように測定葉以外の葉を切除するとしおれることがなく、また、測定葉以外の葉切除以前の光合成能を数時間維持することを確認したためである。予備的にp₀-照度曲線を多数作った結果、光飽和点を一応40kluxと考え、40、10および0kluxで測定を行ない、0kluxの値を呼吸能とした。光合成能測定後、各葉の葉身を採取し、葉面積、乾物重および窒素、糖、でんぶん含有率の測定を行なった。測定は少なくとも3反復で行ない、平均値をデータとして示した。

また、大正金時の生育各段階の莢(子実を含む)について光合成能を0、10、40klux下に測定した。測定は同一個体の1~2個の花房の着生莢3~7個を10cm×10cm×1.2cmの同化箱に入れ、上面より光を当てた状態で行なった。したがって、同化箱内には花梗も含まれ、花梗は全乾物重中生育時期により40~10%に相当したが、測定値はすべて花房として扱った。

実験結果

葉面積・乾物重・葉厚

各葉位葉の葉身の葉面積および乾物重は出葉後急速に増大し、葉面積は比較的初期に拡大を終了するが、葉厚が増加し続けるために乾物重は増加し続けた(第1、2図)。大正金時では、最大葉面積および最大乾物重はL₃でL₁より大きく、最大葉厚はL₁でL₃より大きかった(第1図)。銀手亡では、最大葉面積、最大乾物重ともにL₁、L₁₅で小さく、中間位のL₃~L₁₂の大きさはほぼ類似であったがL₆が最も大きかった。生育速度はL₁でゆるやかであり、L₃で急速で、L₆で再びゆるやかとなり、より上位葉で最も急速であった。葉厚は、L₁を除いては生育に伴う変化は小さく、L₆が最も小さく、下位葉間ではL₆からL₁へと厚くなり、上位葉間ではL₆よりL₁₂へと厚くなり、ついでL₁₅へと薄くなった(第2図)。

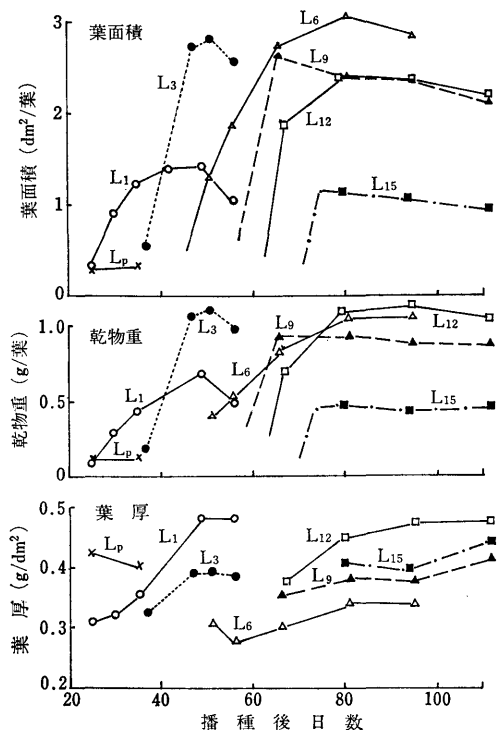


第1図 大正金時の生育に伴う葉身の葉面積、乾物重および葉厚の変遷

* 北海道大学農学部(札幌市北区北9条西9丁目)

昭和50年10月27日受理

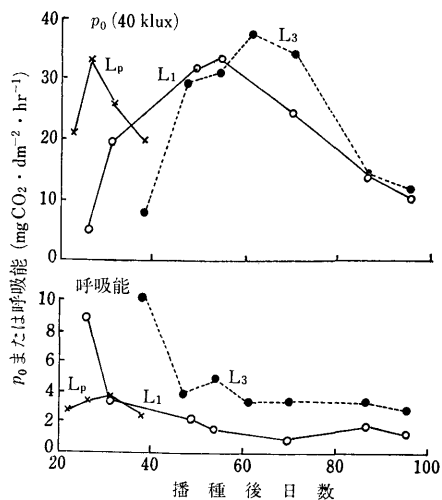
日本土壤肥料学雑誌 第47巻 第11号 p.506~510(1976)



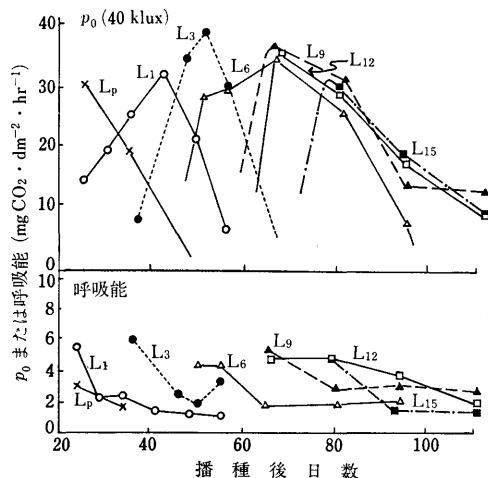
第2図 銀手亡の生育に伴う葉身の葉面積、乾物重および葉厚の変遷

単葉光合成能 (p_0)

p_0 (40 klux) は出葉直後に低く、生育とともに急上昇して最高値に達し、その後速やかに低下した(第3, 4図)。大正金時では、 L_p は生育初期に最高値に達した後、速やかに低下し、生育半ばに落葉した(第3図)。 L_1, L_3 は生育半ばに最高値に達し、末期まで生存した。銀手亡



第3図 大正金時の生育に伴う単葉光合成能 (p_0) および呼吸能の変遷



第4図 銀手亡の生育に伴う単葉光合成能 (p_0) および呼吸能の変遷

では下位葉 (L_p, L_1, L_3) は急速に上昇し、次々に最高値に達した後、順次急低下した(第4図)。上位葉 (L_9, L_{12}, L_{15}) は出葉後速やかに最高値に達し、その後ほぼ一斉にゆるやかに低下した。 L_6 は上位葉、下位葉の中間的傾向を示した。

p_0 (10 klux) は p_0 (40 klux) とほぼ同様の推移を示したが、 p_0 の光強度反応性の指標である p_0 (10 klux)/ p_0 (40 klux) 比は生育とともに上昇し、葉令とともに光反応性は低下した(第1表)。

呼吸能

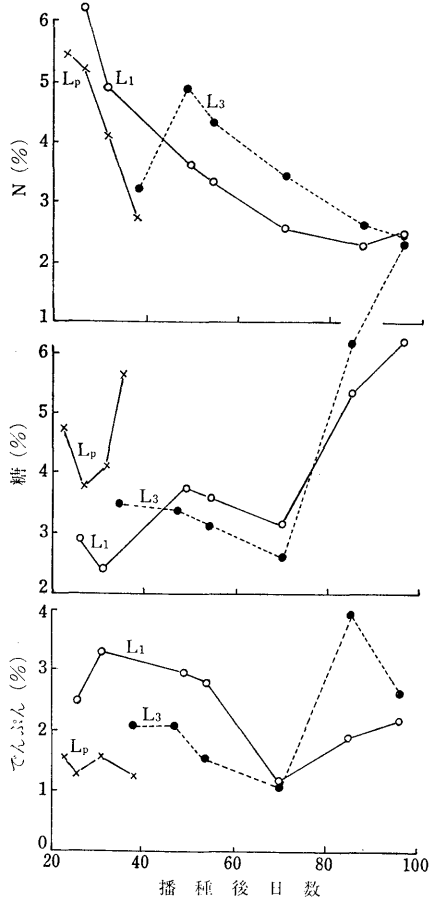
呼吸能は生育の初期に高く葉令とともに低下し、早期に低い値に安定し、大正金時の L_3 や銀手亡の L_9 より上位の葉では、 p_0 が高い値を示す時期にも比較的高い値を維持した(第3, 4図)。

成分含有率

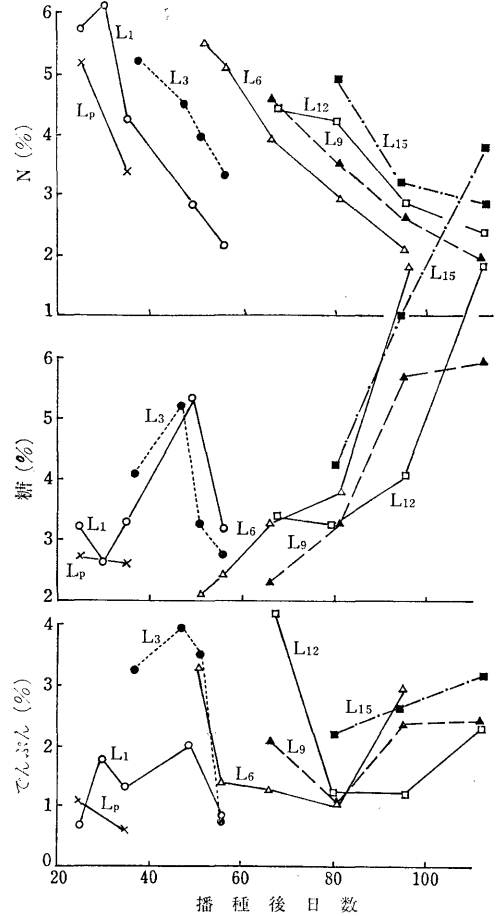
窒素含有率は両品種各葉位葉とも生育初期に高く、葉

第1表 光合成能の光強度反応性および単位窒素当り光合成能の葉令に伴う変遷

播種後日数	p_0 (10 klux)/ p_0 (40 klux)	p_0/N ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{mgN}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$)
大正金時 (第3葉)		
38	16	0.68
54	53	1.66
70	57	2.26
96	80	0.98
銀手亡 (第6葉)		
51	49	1.71
66	60	2.97
81	62	2.60
95	95	1.01



第5図 大正金時の各葉位葉の生育に伴う窒素, 糖, でんぷん含有率の変遷



第6図 銀手亡の各葉位葉の生育に伴う窒素, 糖, でんぷん含有率の変遷

令とともに低下し、同一生育時期では上位葉で下位葉より高かった(第5, 6図)。ただし、大正金時の L₃ および銀手亡の L₁ では生育初期に上昇を示した。

糖含有率は、大正金時の L_p や銀手亡の L₁, L₃ は開花初期に上昇を示した後低下したが(大正金時の L_p は落葉のため数値がない)、より上位葉では子実の肥大最盛期以後、生育末期にかけて大きく上昇した。

でんぷん含有率は、大正金時の L₁, L₃ では初期に比較的高く、その後ゆるやかに低下するが、糖含有率と同様、子実肥大最盛期以後上昇した。銀手亡の L₁ では低く推移し、L₃ は初期に高いがその後急低下し、L₆~L₁₂ は初期に急低下し、しばらく低い値を示した後子実肥大最盛期以後再びわずかに上昇し、L₁₅ は葉令とともにゆるやかに上昇した。

第2表 大正金時の莢の生育に伴う光合成能・呼吸能の変遷

生育時期	莢の長さ (cm)	乾物重 (g/莢)	見かけの光合成能 (mgCO ₂ ·g ⁻¹ ·hr ⁻¹)		
			40 klux	10 klux	0 klux
莢はごく細長い	6.17	0.09	0.36	0.07	-5.34
莢の形はほぼ完成し子実の肥大が始まる	7.08	0.19	0.49	-0.95	-4.40
莢・子実とも水分に富み、淡緑色	8.40	0.76	-0.22	-0.89	-2.57
莢の緑色は抜け始め、子実は白く大きい	9.60	1.76	-0.50	-0.69	-2.10
莢は淡黄色、子実は品種固有の暗赤色を呈する	—	1.89	-0.92	-0.86	-1.10
莢は淡褐色、莢・子実とも乾燥	—	1.85	0.00	0.00	-0.08

莢の光合成能・呼吸能

莢の単位乾物重当り光合成能は、10 klux 下では生育初期に小さな正の値を示しただけで、その後はほぼ一定の負の値に保たれ、40 klux 下では生育の始めにある期間正の値を示し、その後負の値となり、生育末期には零となった(第2表)。呼吸能は莢の生長とともに低下した。

考 察

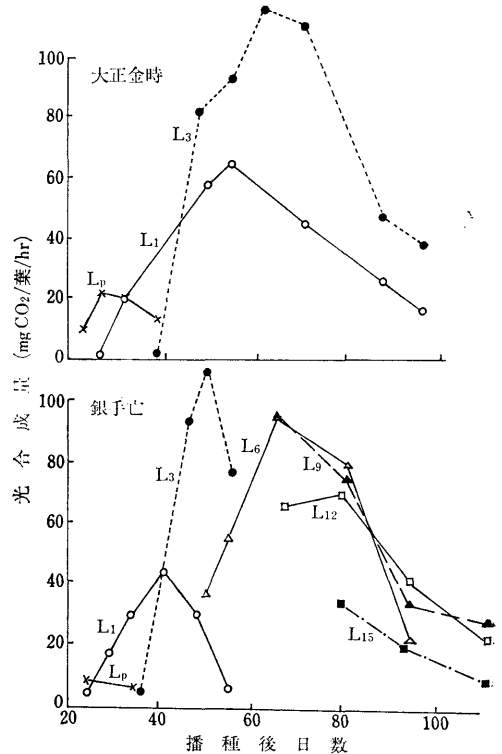
大正金時の主茎には初生葉に続いて4枚の本葉がほぼ5日の出葉間隔で出葉し、おのおのの葉の葉面積は、生育とともに増大して最大値に達し、最大葉面積は L_1 から L_3 へと大きくなり、 L_4 で小さく、しばらく最大葉面積に保たれた後、 L_p は黄化・脱落し L_1 も黄化するが、 $L_2 \sim L_4$ は生育末期まで正常に保たれた。

一方、銀手亡では L_p に続いて順次18枚の本葉が展開し、出葉間隔は L_4 までは5日程度であるが、より上位葉では短く約3日である。最大葉面積は L_1 から L_5 へと大きくなり、 $L_6 \sim L_{14}$ ではほぼ同じであるが上位ほどやや小さく、 L_{15} より上位では急激に小さくなった。そして、各葉の生存期間は下位葉で比較的短く、 $L_6 \sim L_{14}$ で長く、より上位葉で再び短くなった。なお、銀手亡の主茎葉数は生育条件でかなり大幅に変化することは前報で述べたとおりである。

各葉はまず葉面積を拡大し、ほぼ最大葉面積に達して以後も葉厚が肥大するので、葉重は増加し続け、やがて一定値になり、その後黄化・脱落する。ただし、大正金時の $L_2 \sim L_4$ では生育末期まで脱落しない。窒素含有率は生育に伴って低下し、糖含有率は生育初期に低く、ある期間低く保たれるが生育後期に上昇し、この上昇は個体として生育後期まで生存する上位葉でとくに著しい。でんぷん含有率は初期に比較的高く、生育とともに低下し、末期にやや上昇する場合がある。

p_0 (40 klux) は未展開期では低く、生育とともに上昇し、葉面積がほぼ最大に達する頃に最高となり、その後急速に低下する。 p_0 の最高値はいずれの葉位葉においても $30 \sim 40 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ で、品種間・葉位間の差は小さかった。 $p_0(10 \text{ klux})/p_0(40 \text{ klux})$ 比の変遷からみて、光合成能の光強度反応は生育とともに低下してゆく。呼吸能は生育のごく初期には高く、その後ほぼ一定に保たれる。

各葉位葉の p_0 の変遷をみると、下位から上位へと順次変化が繰り返されるが、それぞれの葉の生育速度およびそれに伴う p_0 の変化は葉位により特徴的で、とくに主茎葉数の多い銀手亡ではこの傾向が顕著であった。すなわち、銀手亡では下位葉の $L_1 \sim L_3$ では生育に伴い p_0



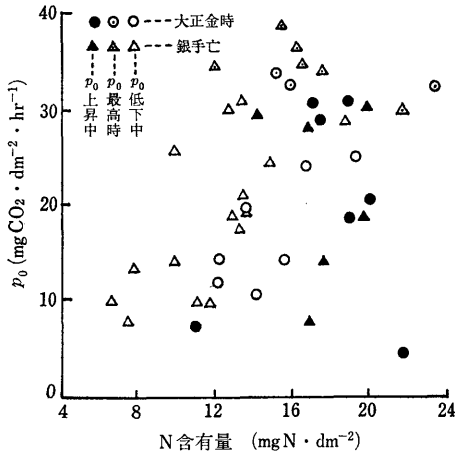
第7図 大正金時および銀手亡の生育に伴う各葉位葉の光合成量の変遷

が急上昇し、最高値に達した後急低下し、そのピークは出葉間隔に対応して移動する。一方、上位葉の $L_6 \sim L_{15}$ では出葉間隔が狭まり、全葉がほぼいっせいに最高値に達し、その後子実の肥大の進行に伴い、ほぼ同時期に低下する。

葉面積と p_0 から算出した1枚の葉当りの光合成量は、大正金時では L_1, L_3 とも p_0 最高時まで急速に増大し、その後急速に減少し、 L_3 の光合成量は出葉後まもなく L_1 を上回り、生育末期までこの関係が維持される(第7図)。

銀手亡でも、各葉位葉の光合成量はそれぞれの葉の p_0 最高時頃最大であり、その後急速に減少し、 L_1, L_{15} の光合成量は小さく、 L_3 ではその最大値は葉位葉間で最も大きい、減少も最も急速であり、 L_6 は最も長い間大きな値を維持し、より上位のものほど最大値は小さく、減少速度はゆるやかであった。

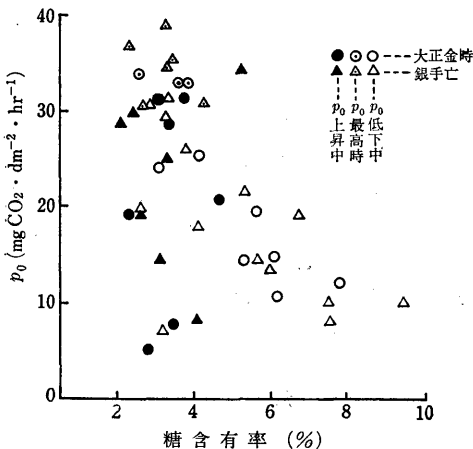
このような葉位間における p_0 の消長の違いは、各葉と関連する器官、さらに個体全体との関連において起こるものと推定される。たとえば、銀手亡の L_6 より上位の葉の着生節位には花房が着生しており、葉と花房が対をなして source-sink 単位を構成している²⁾のに対して、



第 8 図 葉身の N 含有量と $p_0(40 \text{ klux})$ との関係

下位葉の各着生節位には分枝が着生し、これらの分枝は出芽後徐々に葉が展開するため、比較的早期から自らの葉によって独立栄養を営み、主茎葉における光合成産物に対する依存度は小さいことが原因となって、上位葉と下位葉の p_0 の変遷に差を生じたものと考えられる。

さて、 $p_0(40 \text{ klux})$ と窒素含有率との間には正の相関が認められた。しかし、葉面積が拡大中で p_0 が上昇中の若い葉では、窒素含有率が高いにもかかわらず p_0 は低いために、全体としての相関係数は 0.333 で、5%危険率で有意性が認められるにすぎない。なお、 p_0 が $30 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ 以上の葉では窒素含有率が約 3.5%以上であり、このうちの多くは各葉位葉の p_0 の最高時である。葉の厚さを考慮して、葉面積当りの窒素含有量を求めて p_0 との関係(第 8 図)をみると、窒素含有率の場合をやや上回る相関 ($r=0.360$) を示し、各葉位葉の p_0 の最高時には窒素含有量は $12 \sim 24 \text{ mgN} \cdot \text{dm}^{-2}$ の



第 9 図 葉身の糖含有率と $p_0(40 \text{ klux})$ との関係

範囲であったが、銀手亡の L_0 ではとくに N 量が少なく、両品種の L_p ではとくに多くて、一般には $15 \sim 20 \text{ mgN} \cdot \text{dm}^{-2}$ であった。窒素含有量と p_0 との関係をさらに検討するため、単位窒素量当りの p_0 を算出すると、いずれの葉位葉でも p_0 最高時あるいは低下初期に最も高い値を示し、若い時期および老化した段階では低い(第 1 表)。すなわち、若い葉および老化した葉では保持する窒素量に対して p_0 は低く、葉面積の拡大が完了したばかりの成葉で窒素は最も効率よく p_0 に寄与する。

次に、糖含有率と p_0 との間には高い負の相関 ($r=0.526^{**}$) が認められた(第 9 図)。 p_0 最高時には、各葉位葉とも糖含有率は約 4%以下であり、糖含有率が 5%以上の場合には p_0 が低下すると考えられる。しかし、葉面積拡大中の若い葉については、糖含有率が低いにもかかわらず p_0 が低い場合が多い。でんぷん含有率と p_0 との間には相関関係が認められなかった。すなわち、葉令に伴う p_0 の消長は、 p_0 最高時以後は窒素含有量に支配される面が大きく、また、葉からの光合成産物の転流速度が低下した結果、葉に蓄積した糖が p_0 阻害要因となっている可能性も考えられる。

要 約

普通栽培した大正金時と銀手亡を用い、葉位ごとの葉の生育経過、単葉光合成能 (p_0) および呼吸能の変遷を調査し、 p_0 の支配要因を解析した。

1) 各葉の p_0 は葉面積の拡大に伴い上昇し、最大葉面積に達する頃に最高となり、その後低下する。各葉の p_0 の最高値は $30 \sim 40 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ で品種間、葉位間で差が認められない。

2) 生育に伴う p_0 の消長速度は葉位によって異なり、下位葉は上昇、下降とも急速であるが、子実肥大に関与する上位葉では最高値に達した後ゆるやかに低下し、この両者間の相違は、sink となる器官が下位葉では分枝であるのに対して上位葉では花房であるためと推定される。

3) 葉面積を拡大中の若い葉を除くと、 p_0 と窒素含有率との間には正の相関が認められ、 p_0 が $30 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ 以上の葉では 3.5% N または $15 \text{ mgN} \cdot \text{dm}^{-2}$ 以上であった。一方、 p_0 と糖含有率との間には負の相関が認められ、糖含有率が 4%以下の場合、高い p_0 を示した。

文 献

1) 田中 明・藤田耕之輔・菊地清子：菜豆の栄養生理学的研究(第 2 報)、矮性種および半蔓性種の生育経過、土肥誌, 47, 499~505 (1976)
 2) 田中 明・藤田耕之輔：菜豆の栄養生理学的研究(第 1 報)、光合成産物の転流よりみた source-sink 関係、土肥誌, 46, 157~166 (1975)