

豆類の耐冷性に関する研究

第3報 菜豆品種の低温下における光合成能力について*

成河 智明† 三浦 豊雄†

STUDIES ON COOL-WEATHER TOLERANCE IN BEAN PLANTS

3. Photosynthetic Efficiency of Common Bean Varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) under Cool Temperature Condition

Tomoaki NARIKAWA & Toyoo MIURA

菜豆「手亡類」の3品種を用いて、生育初期の低温処理と光合成能力との関係を調査した。

その結果「大手亡」は葉身の葉緑素含量が著しく少なくなり、それに伴って光合成能力が低下した(対無処理比:36%)のに対し、「Chilean Arrowz Bean」と「Sanilac Pea Bean」は葉緑素含量もそれほど低下せず、光合成能力の対無処理比が65%前後であった。また、最終的な子実重比も光合成能力と同様の傾向がみられ、低温下での光合成能力の測定が、耐冷性検定の1つの基準になるものと思われる。

緒 言

豆類の耐冷性については、筆者らが第1, 2報(1970, 1973)^{5) 6)}で考察を加えたように、豆類の栄養生長から生殖生長に変換する時期が水稻のように明確でなく、そのため障害型冷害の危険期といわれる時期が明瞭でない。また、物質生産の面から、豆類のsinkの量、すなわち莢実の最終的な数量の決定もその開花様式から当然水稻より著しく遅い。

佐竹ら(1919)¹⁰⁾は冷害の栄養生理的な面について論じ、生産物質の転流阻害についてくわしく考察を加えている。

豆類の低温害を障害型と遅延型(および生育不良型)とに分けて考える方法とは別の側面、すなわち、低温下におけるsourceとsinkとの関係から検

討することも、豆類の耐冷性解明の1つの有効な手段であろう。

筆者らは、十勝農業試験場の低温育種実験室(phytotron)を利用して、豆類の耐冷性について種々の試験を行なっているが、1967年菜豆品種の生育初期に低温処理(6月7日~7月6日の30日間12~10°C)を行なった折、大半の品種の葉色が黄変したのに、導入品種の「Chilean Arrowz Bean」(以下CAB)および「Sanilac Pea Bean」(以下SPB)などの葉身は黄化程度が低く、しかも子実重の対無処理比も他品種に比して高かった。この黄変の程度の差に着目し、光合成能力と耐冷性との関係を知るため、上記2品種および「大手亡」を供試して試験を行なった。

本論に入るに先だち、本研究の遂行にあたり、終始かわらぬご指導とご鞭撻をいただいた十勝農業試験場楠隆場長、前十勝農業試験場豆類第2科後木利三科長(現北見農業試験場普通作物科長)に深甚なる謝意を表します。

† 十勝農業試験場

* 本報の一部は昭和41年度日本育種学会、日本作物学会、北海道談話会において発表した。

Table 1. Main characteristics of the varieties used.

Variety	Maturity	Plant height (cm)	Growth habit	Notice
Otebo	Mid. of Sept.	150	Short viny	Leading variety in Hokkaido
Chilean A. B.	do.	130	do.	Originated in Chili (?)
Sanilac P. B.	do.	80	Bush	Introduced from U. S. A.

材料および方法

本試験に用いた品種の主要特性を Table 1 に示した。

「大手亡」は「手亡類」の基幹品種で、十勝地方では9月中旬成熟期に達する中生種である。しかし、低温年には成熟期が遅延し未熟のまま収穫を余儀なくされる。

「CAB」は白色小粒種で「小手亡」に類似するチリー原産の品種といわれ、十勝農業試験場には1953年に「北連」を通じて導入された。「SPB」も「CAB」と類似した子実を有するが、1961年 U.S.D.A. より導入されたものである。

1970年、1971年の両年とも 1/1000 アールのプラスチック製ポットに15～20粒播種した。播種は5月22日で平年なみであり、施肥量は1ポット当り硫安6.0g、過石7.5g、ようりん2.5g、硫加2.0gである。

各品種とも発芽後順次間引きし、第2本葉展開期までに1ポット当たり6個体とし、低温処理終了後2本立とした。

低温処理は第2本葉展開期より3週間(6月26日～7月17日)12～10℃(昼～夜)の低温室で行なった。

光合成能力の測定は、東芝ベックマン社製の赤外線ガス分析計(differential type)によりポット単位で実施した。同化箱は30×30×80cmの透明プラスチック製で温度制御が可能な半閉鎖方式⁷⁾によった。

測定時の温度は、処理前および処理後が24～26℃、処理中が16～18℃である。光源には自然光(30～50klx)を用い、測定時間は快晴日の午前9時～午後3時の間であった。測定用の空気のCO₂濃度は規制せず、ほぼ320ppmで一定していた。

試験は1970～1971年の2カ年実施したが、両年の結果がよく一致したので、ここでは主として1971年の結果について述べる。

試験結果

1. 草丈と乾物量の推移

Fig. 1 と Fig. 2 には、低温処理前後の草丈と乾物量の推移を示した。「大手亡」と「CAB」は短

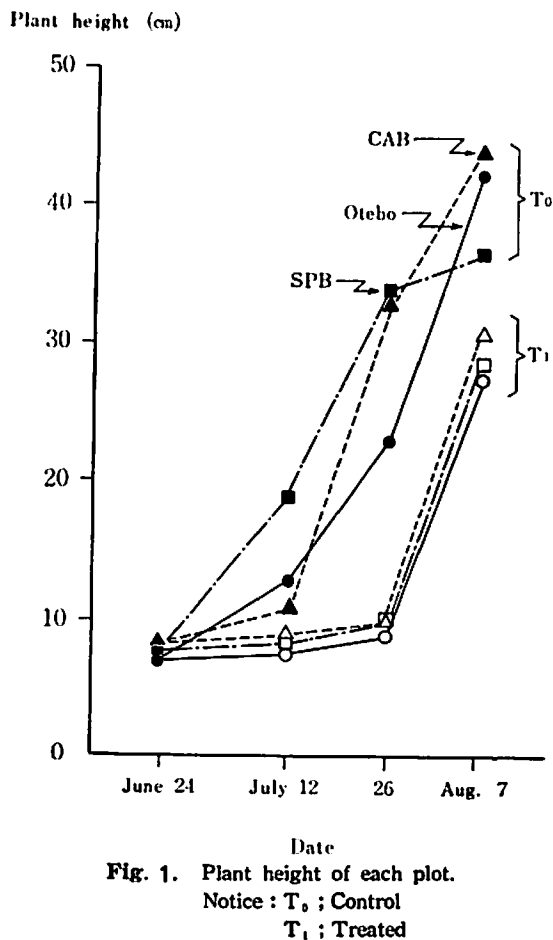


Fig. 1. Plant height of each plot.
Notice : T₀ ; Control
T₁ ; Treated

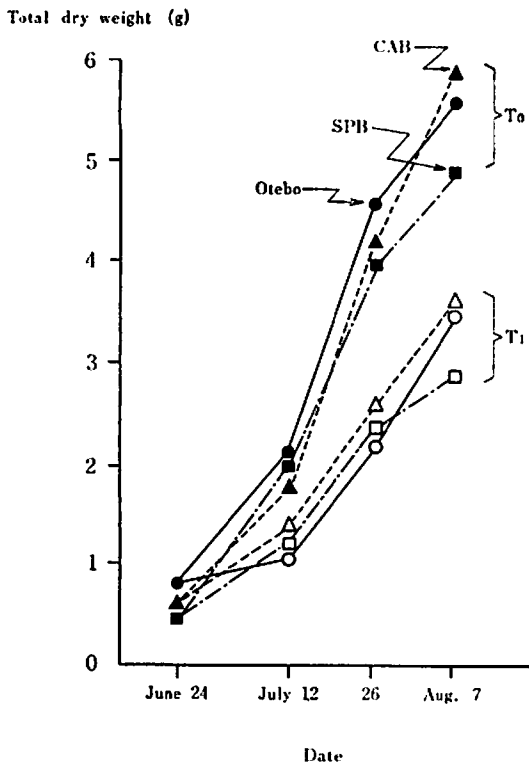


Fig. 2. Total dry weight (without roots).
Notice: T_0 ; Control
 T_1 ; Treated

変性(半蔓性)であり、無処理区における草丈の伸長の型が類似しているが、叢性の「SPB」は草丈の伸長が前二者に比して早い、7月末にはほぼ伸長が止っている。これに対し、低温処理区にお

ける伸長は3品種とも同じ傾向にあり、処理終了後1週間目頃から伸長ははじめた。

乾物重の推移についても、草丈の推移と似ているが、低温区での乾物重の低下は草丈のように大きくはなかった。低温区の乾物重の対無処理比(T_1/T_0)をみると、「大手亡」が55%前後であるのに対し、「CAB」と「SPB」のそれは、60~70%と「大手亡」より高い値を示した。

2. 時期別の光合成能力

Table 2 には4時期に測定した光合成能力とその比を示した。

第1回目の6月24日は低温処理の2日前であるが、この時のみかけの光合成量は「大手亡」が $11.6 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$ であったのに対し、「CAB」と「SPB」は $14.0 \sim 14.4 \text{ mg}$ の値を示し、単位葉面積当りの同化量は「大手亡」で可成り劣ることがわかる。

低温処理期間中の同化能力の対無処理比は「大手亡」: 35.8%, 「CAB」: 65.6%, 「SPB」: 62.2%であり、「大手亡」と導入品種との間に大きな差が認められた。低温処理終了後9日目(7月26日)についてみると、「大手亡」でも可成り回復したことがわかるが、導入種では無処理区よりも高い値を示した。この原因については不明である。

3. 葉緑素含量

葉身の葉緑素含量は三伸工業社製のKI-1型葉緑計により $-\log T$ (T は光の透過率)を測定した。そ

Table 2. Photosynthetic efficiency ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{hr}$) and the ratio of T_1/T_0 (%).

Variety	Treatment*	Date			
		June 24	July 12	July 26	Aug. 7
Otebo	T_0	11.6	13.7	16.3	21.5
	T_1	—	4.9	12.8	19.4
	T_1/T_0 (%)	—	35.8	78.5	90.2
Chilean A. B.	T_0	14.0	15.7	18.5	23.1
	T_1	—	10.3	19.8	21.1
	T_1/T_0 (%)	—	65.6	107.0	91.3
Sanilac P. B.	T_0	14.4	14.8	15.7	22.6
	T_1	—	9.2	19.1	22.7
	T_1/T_0 (%)	—	62.2	121.7	100.4

* Notice: T_0 is non-treated plot and T_1 is plot treated with cool temperature.

の結果はFig. 3 に示したとおりである。まず、処理前についてみると、「SPB」の葉緑素含量が若干低い、3品種とも展開し終った第2本葉の含量が高く、出葉後間もない第3本葉でやや低くなっている。

7月26日低温処理を終った区の葉緑素含量をみ

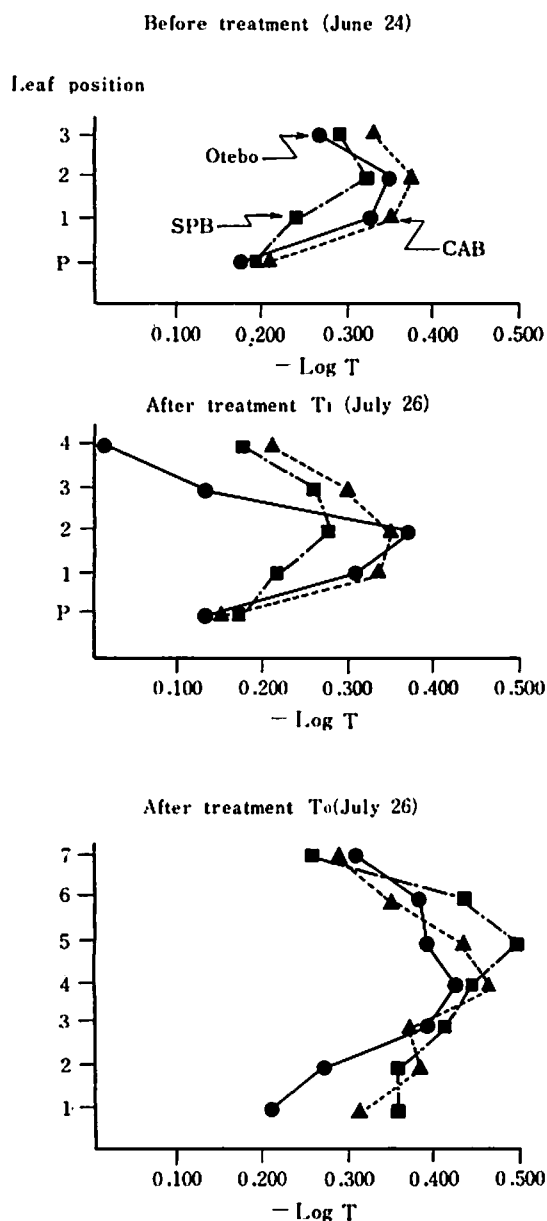


Fig. 3. Chlorophyll content in each trifoliolate shown in logarithm of transmission rate of light (T).

ると、「大手亡」では低温処理中に出葉した第3、4本葉の含量が著しく低くなっており、葉色は淡黄色を呈していた。一方、「CAB」と「SPB」の含量は処理前に展開していた第2本葉に比して、第3、4本葉でその値は低い、「大手亡」の同一葉位のそれに較べると明らかに高かった。

4. 収量形質

Table 3 には、収穫後調査した収量構成形質と個体当りの子実重およびそれらの形質の比率(T_1/T_0)を示した。

試験を実施した1971年は低温年であり、各品種とも成熟期が著しく遅れた。また、「大手亡」の無処理区の着莢数が平年に比して可成り少くなった。このため、着莢数の T_1/T_0 比が高くなった。

平均1莢内粒数は「大手亡」が他の2品種より少ないが、その T_1/T_0 比は「大手亡」がもっとも低かった。「SPB」は両区に差がなかった。千粒重についてみると、 T_1/T_0 比が「大手亡」で83%であるのに、導入品種では100%以上の値を示した。

考 察

低温年に栽培された豆類は、平年に比して著しい減収となる。現象的には、着莢数、平均1莢内粒数、千粒重などの減少が収量低下となって現われる。

筆者らはこれまで耐冷性品種育成の場面を考慮して、開花盛期から2週間の低温処理による収量形質の変化(それらの対無処理比)をもって、その品種の耐冷性の指標と考えた(1970a, 1970b, 1972, 1973)^{5) 6) 4) 8)}。

それでは、低温下での収量減はどのような因果関係によって生ずるのであろうか。1つは、Sink そのものが低温の影響を受ける場合で、蒴・花粉などの異常から生ずるものであり、他はsourceを考えた場合で、光合成能力とその産物の転流阻害、養分の吸収阻害から収量低下となる。もちろん、この2つの考えは完全に切り離し得るものではない。これらのことについては佐竹ら(1969)¹⁰⁾が詳しく報告している。

本試験は、第2のsourceの面から耐冷性を解明

Table 3. Effects of cool temperature on yield.

Variety	Treatment	No. of pods per plant	No. of seeds per pod	Seed weight (gr/1,000s)	Seed yield (gr/plant)
Otebo	T ₀	20.7	2.83	282	21.1
	T ₁	16.2	2.48	239	14.2
	T ₁ /T ₀ (%)	78.3	87.6	83.3	67.3
Chilean A. B.	T ₀	36.0	3.28	177	20.6
	T ₁	24.5	3.12	206	16.5
	T ₁ /T ₀ (%)	68.1	95.1	116.4	80.1
Sanilac P. B.	T ₀	27.8	3.71	219	20.3
	T ₁	18.6	3.78	239	16.7
	T ₁ /T ₀ (%)	66.9	101.9	109.1	82.3

しようと試みたものである。筆者ら(1970a)⁵⁾は第1報で低温遮光処理を行なったとき、矮性菜豆の「常富長鶉」が低温、遮光の両処理にあっても収量低下が少なく、このような処理下で光合成能力が低下しない結果であろうと示唆した。

ここで用いた品種のうち「大手亡」は1927年に奨励品種に決定しているが、その来歴は不明であり、北海道の菜豆栽培の歴史からみて、欧米から導入されたものであろうといわれている。一方、「Chilean Arrowz Bean」も導入の経緯からみてその来歴は明らかでない。この3品種を生育初期に低温に遭遇させたところ、「大手亡」と他の2品種との間に明らかに光合成能力の差がみられた。これは、低温下での根や葉、とくに低温処理期間中に分化生長する上位葉の機能低下(葉緑素含量の低下など)により、同化産物の転流が制限され、その結果、光合成能力が低下したものと推察されるが、無処理区での光合成能力も「大手亡」がやや劣るところから、低温に遭遇した場合、それがたとえ葉身を黄変させるほど長く続かなくとも光合成能力は低下するものと思われる。

光合成能力(速度)の品種間差異については、小島ら(1968)⁹⁾が大豆38品種の第4、6本葉について測定し、高光合成群、中光合成群および低光合成群に群別し、光合成能力の高い品種育成の可能性を示唆した(1971)¹¹⁾。

また、Izhar & Wallace(1967)は菜豆の光合成能力の高い「Michelite-62」と低い「Red Kidney」

の雑種を用い、その遺伝様式は、量的であるがそれに関与する遺伝子の数は少ないことを報告した。このような結果からみて、本試験で用いた材料においても、この能力の差異は遺伝的であると考えるのは妥当であろう。

次に、光合成能のT₁/T₀比に大きな差が生じたことであるが、前述のとおり3品種ともその来歴が明らかでないため、その原因については判然としない。しかし、低温下における光合成能力に大きな差異が認められたことは、耐冷性品種育成についての1つのアプローチといえるであろう。

それでは、この光合成能力と多収性との関連はどうであろうか。ここでは3品種の生産力についてのデータを示さなかったが、生産力は、「大手亡」が他の2品種に比して明らかに高い。その差は生育の旺盛さ、具体的には、葉面積、分枝性に起因すると思われる。本試験はポット植えであり、しかもほとんど相互遮蔽が生じないような栽培法であったが、実際圃場で群落を作る場合には、葉層の形態も問題になってくるのは当然である。それ故、耐冷性を有し、しかも多収な品種を育成しようとするなら、「CAB」や「SPB」の高光合成能力のみを「大手亡」に附与する必要がある。

現在、「CAB」、「SPB」と同様、初期の低温処理による葉身の黄変程度の少なかった「Improved White Navy」(1932年北米より導入)と道内品種との雑種後代について耐冷性の検討を行なっている(1973)²⁾。

摘 要

本試験は菜豆品種を用い、生育初期の低温下での光合成能力と耐冷性との関連を知るため、1970～1971年の2カ年フアイトロンを使用して行なったが、その概要は次のとおりである。

1. 低温処理前後の乾物量の推移をみると、処理区で乾物量は少ないが、低温処理／無処理の比(T_1/T_0)をみると、「大手亡」が50%前後であるのに「Chilean Arrowz Bean」(CAB)と「Sanilac Pea Bean」(SPB)は60～70%と高かった。

2. 低温処理前・中・後にみかけの光合成能力を測定したが、無処理区で「大手亡」は他の2品種よりその能力が劣った。 T_1/T_0 比も常に「大手亡」が低く、明らかな品種間差が認められた。

3. 低温下での光合成能力の差は、葉身の葉緑素含量と関連があり、能力の低い「大手亡」の含量は少なく、葉身は黄化し、能力の高い「CAB」と「SPB」は全く黄化しなかつた。

4. 最終的な収量の T_1/T_0 比も低温下で光合成能力の高い「CAB」および「SPB」の方が高かった。

5. 以上の如く、本試験に供試した品種では、低温下での光合成能力と耐冷性との密接に関連しており、耐冷性を有し多収な品種育成の可能性があると思われる。

引 用 文 献

- 1) IZHAR, S. and D. H. WALLACE, 1967; Studies of the Physiological Basis for Yield Differences, Genetic Variation in Photosynthetic Efficiency of *Phaseolus vulgaris* L. Crop Sci, 7, 457-460.
- 2) 北海道立十勝農業試験場, 1973; 豆類の耐冷性に関する試験成績集(資料第5号)
- 3) 松川 勲, 1973; 小豆の低温処理にあける品種間差異に関する試験, 1, 開花期を中心とする低温処理について, 北農, 40, 8, 1-6.
- 4) 三浦豊雄, 成河智明, 1972; 菜豆の耐冷性検定方法に関する研究, 第1報, 開花期の検定について, 育種, 22, 別冊2, 132-133.
- 5) 成河智明, 三浦豊雄, 松川 勲, 1970a; 豆類の耐冷性に関する研究, 第1報, 低温と遮光に対する反応, 道農試集, 22, 10-19.
- 6) ———, ———, ———, 1970b; 豆類の耐冷性に関する1考察, 北農, 37, 12, 41-45.
- 7) ———, ———, 1971; 個体光合成の測定装置について, 北海道談話会会報, 11, 45.
- 8) ———, ———, 松川 勲, 1973; 豆類の耐冷性に関する研究, 第2報, 気温と地温に対する反応, 道農試集, 26, 28-35.
- 9) 小島睦男, 川島良一, 1968; 大豆の物質生産に関する研究, 第5報, 大豆の光合成能力の品種間差異とその安定性, 日作紀, 37, 667-675.
- 10) 佐竹徹夫, 山本 正, 橋本鋼二, 1969; 冷害気象条件下における作物の栄養生産的諸問題, 農及園, 44, 151-158.
- 11) 戸刈義次監修, 1971; 作物の光合成と物質生産, 養賢堂, 118-122.

Summary

Plant height, dry weight, photosynthetic efficiency, and yield were compared for two temperature treatments natural (T_0) and cool temperature (T_1), with three common bean varieties, which are Otebo, Chilean Arrowz Bean (CAB), and Sanilac Pea Bean (SRB). The treatment with cool temperature was continued from June 26 to July 17 in the phytotron (12°C-10°C).

The three varieties did not differ in dry weight under natural temperature, but the ratio T_1/T_0 of Otebo was about 50%, of CAB and SPB were 60-70%.

Photosynthetic efficiency (P_0) measured before, under, and after cool temperature treatment was compared with untreated (natural temperature) plots. Under natural temperature, P_0 of Otebo was lower than that of the others, suggesting there is some varietal difference. The ratio T_1/T_0 of P was also different between varieties, the ratio of Otebo was 36%, CAB 66%, and SPB 62% on July 12. The decrease of P by cool temperature was caused by the decrease of the chlorophyll content in the leaves. The leaves of Otebo under cool temperature changed to pale yellow, conversely the leaves of others remained green.

The degree of damage in seed yield due to cool temperature was correlated with P_0 , namely, the variety, with a high ratio T_1/T_0 of P_0 was slightly damaged in seed yield by cool temperature, indicating that photosynthetic efficiency under cool temperature is correlated with cool-temperature tolerance and that a variety with cool-temperature tolerance can be bred by measuring photosynthetic efficiency under cool temperature.