

豆類の耐冷性に関する研究

第2報 低気温と低地温に対する反応

成河 智明[†] 三浦 豊雄[†] 松川 勲[†]

STUDIES ON COOL-WEATHER TOLERANCE IN BEAN PLANTS

2. Response to Low Temperature of Air and Soil in Plant Growth and Seed Yield

Tomoaki NARIKAWA, Toyoo MIURA & Isao MATSUKAWA

低温年における豆類の生育は、気温の低下により阻害されることは明らかであるが、地温の低下が生育にどのように影響するかは明らかでない。そこで、低気温と低地温とに対し豆類がどのように反応するかを検討した。

その結果、低地温に対しては菜豆が弱く、低気温に対しては大豆と小豆が弱いが、とくに小豆は気温の影響が著しく大きかった。また、低気温下で地温を高めた場合、地上部の生育はおう盛になるが、根部の生育は変わらず、子実収量の増加も認められなかった。

I 緒 言

筆者らは豆類の耐冷性に関する一連の研究をすすめているが、前報¹⁾において豆類の低温と遮光とに対する反応の品種間差異を検討した。それによれば、大豆では「北見白」および「カリカチ」が「コガネシロ」および「Harosoy」に比して低温と遮光の両処理に対して強く、小豆は供試した4品種ともに両処理に対して弱いが、ことに低温に対して弱かった。菜豆は低温よりも遮光によって減収となるが「常富長鶉」は両処理に対して著しい抵抗性を示すことを明らかにした。

気温と地温とに対する反応についての報告はいくつかある。

青森県農業試験場藤坂支場(1967)²⁾は、水稻について気温が10~15°Cと低くとも、水温を20°C前後まで高めることにより生育はすすみ、不稔歩合も減少するとした。

佐藤ら³⁾(1968)は気温と地温との組合せに対

する牧草の生育反応から、気温が低すぎ(9°C、17°C)たり、高すぎる(23°C、28°C)ときには地温を気温よりそれぞれ高めるか、低めることにより草丈が伸長し、出葉速度が早まり、葉面積が大きくなることを報告している。

豆類に関しては、ADEIPE & ORMROD(1970)⁴⁾、APPLE & BUTTS(1953)⁵⁾、佐々木(1954)⁶⁾、SINGH & MACK(1966)⁷⁾などの報告があるが、耐冷性を前提とした気温、地温についての報告はみあたらない。

ここでは特性の異なる豆類(大豆、小豆および菜豆)を用い、低気温と低地温に対する反応を検討し、若干の知見を得たのでその概要を報告する。

II 材料および方法

本試験に用いた材料は、大豆「北見白」、小豆「宝小豆」、菜豆「大正金時」および「大手亡」の4品種であり、いずれも北海道の基幹品種である。これらの主要特性をTable 1に示す。

1968年と1969年の両年とも5月23日に1/2000

[†] 十勝農業試験場

Table 1 Characteristics of varieties

Variety	Flowering date	Maturity	Plant height (cm)	Seed weight (gr/100 seeds)	Seed yield (kg/10 a)
Soybean (Kitami-shiro)	July 26	Oct. 7	75	24.6	254
Adzuki bean (Takara-shōzu)	July 30	Sept. 22	40	12.8	200
Common bean (Taishō-kintoki) (Otebo)	July 14	Sept. 2	40	63.7	165
	July 21	Sept. 17	120	31.6	167

a の樹脂製ポットに播種し、発芽後2本立とし処理期間以外は戸外の自然状態で生育させた。処理方法は Table 2 と Fig. 1 に示したとおりである。

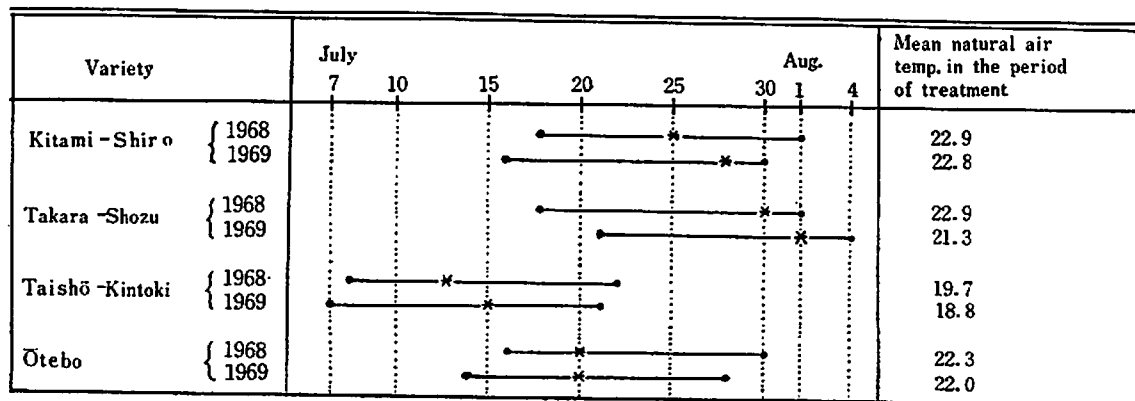
低気温処理は、昼間 15 °C、夜間 12 °C の低温室に搬入した。T₀ 区の自然気温—自然地温は戸外の自然状態にて生育させた。T₁ 区の低地温は、戸外において水槽に約 13 °C の水を溢流させ地温

を 13±1 °C に制御した。T₂ の自然地温は低温室で T₁ 区と同様の水槽に 23~25 °C の温水を流し、この中にポットを浸漬させた。この場合、ポット内には浸水しないように考慮した。

処理期間は全処理とも、開花始前7日より2週間であるが、開花始の推定に若干誤差が生じたものがあつた (Fig. 1 参照)。

Table 2 Methods of treatment

Exp. No.	Treatment		Notice
	Air temp.	Soil temp.	
T ₀	natural	natural	1. Both treatments were continued two weeks during flowering period. 2. Low soil temperature (T ₁) was regulated by 13 °C water baths in which pots were immersed. 3. Low air temperature (T ₂ , T ₃) means 15 °C (daytime)—12 °C (night). 4. Natural soil temperature (T ₂) was regulated by 23~25 °C water baths in which pots were immersed.
T ₁	natural	low	
T ₂	low	natural	
T ₃	low	low	



—●—: The period of treatment.

* : The flowering time of T.

Fig. 1 The period of treatment and the flowering time of four varieties

施肥量は、N, P₂O₅, K₂O をポット当たりそれぞれ 1.25, 2.0, 1.0 g としたが、1969 年の供試

土壌は瘠薄であつたので、N を 1.5 g とした。1 処理当たりのポット数は兩年とも 5 ポットで、

うち 2 ポットは処理終時にサンプリングした。また、処理直前のサンプリング用として、各品種 7 ポットを別に用いた。

III 試験結果

1 処理期間中の生育

供試品種の草丈、葉数、分枝数、莖葉と根部の

乾物重および葉面積について、処理直前と処理終了時に調査し、これら各形質に及ぼす気温と地温の影響をみた (Table 3)。

まず、「北見白」についてみると、標準区 (T₀ 区) に比べて、自然気温低地温区 (T₁ 区) は、草丈と分枝数はほとんど差がなかったが、地上部と根部の乾物重および葉面積は低下した。ことに根

Table 3 Plant characteristics at the beginning and the end of the treatment (1968)

Variety	Time	Plant height (cm)	No. of nodes on main stem	No. of branches per plant	Dry matter (gr/plant)		Leaf area (cm ²)	
					Shoot	Root		
Kitami-shiro	Beginning of treatment	35	6.6	3.3	3.1	1.9	523	
	End of treatment	T ₀	61	12.0	5.7	12.2	6.1	1,970
		T ₁	61	10.4	5.5	11.7	3.9	1,660
		T ₂	44	8.8	5.0	7.7	2.7	1,268
		T ₃	46	8.4	4.7	6.4	3.2	1,118
Takara-shōzu	Beginning of treatment	10	4.6	1.4	2.1	—	384	
	End of treatment	T ₀	20	8.4	3.0	6.0	—	1,266
		T ₁	19	7.5	2.7	6.0	—	994
		T ₂	12	5.9	2.5	3.5	—	787
		T ₃	13	6.0	2.7	3.1	—	605
Taishō-kintoki	Beginning of treatment	19	3.0	1.3	3.0	1.9	453	
	End of treatment	T ₀	27	3.0	3.5	6.0	3.8	801
		T ₁	25	3.0	2.7	4.6	2.7	588
		T ₂	25	3.0	3.2	5.3	3.0	694
		T ₃	24	3.0	2.8	4.9	3.3	639
Ōtebo	Beginning of treatment	23	4.9	2.9	3.5	3.0	715	
	End of treatment	T ₀	74	10.3	5.7	13.0	6.6	2,404
		T ₁	56	9.3	5.0	9.4	6.4	1,535
		T ₂	51	8.3	4.8	6.9	3.2	1,773
		T ₃	44	8.3	4.3	4.3	4.9	1,094

部重の低下が大きかった。

低気温区 (T₂ および T₃ 区) は、自然温区 (T₀ および T₁ 区) に比して生育が著しく悪くなった。低気温区での自然地温区 (T₂ 区) と低地温区 (T₃ 区) とを比較すると、葉数、分枝数、地上部乾物重および葉面積は T₂ 区がややまさったが根部乾物重は T₂ 区が劣った。

「宝小豆」の生育は「北見白」と同じ傾向にあり、低気温による生育低下が低地温のそれより大きかった。

矮性菜豆の「大正金時」は、低気温、低地温ともに大きな影響を受けなかった。しかし、自然気温低地温区 (T₁ 区) での低下が大きく、他の品種と異なる反応を示した。

半蔓性の「大手亡」の各形質は大豆・小豆と同様、低温の影響を受けたが、気温低下による葉面積の減少がきわめて大きかった。

ここで低気温下 (T_2 および T_3 区) での地温の高低による豆類の生育反応をみると、4品種ともに高地温区 (T_2 区) の地上部重、葉面積など地上部

の生育は低地温区 (T_3 区) に比しておう盛になったが、根重はこれとは逆に高温区で減少した。

2 成熟期における調査結果

つぎに、成熟期における諸形質を標準区 (T_0 区) に対する百分比で示した (Table 4)。

(1) 総節数

Table 4 Effects of the treatments on some characters (T_n/T_0 , %)

Variety	T_0		T_1		T_2		T_3	
	1968	1969	1968	1969	1968	1969	1968	1969
(1) Total number of nodes per plant								
Kitami-shiro	100(42.3)	100(39.0)	86	97	96	111	95	102
Takara-shōzu	100(27.2)	100(19.1)	80	92	85	80	83	78
Taishō-kintoki	100(9.2)	100(8.0)	81	104	102	141	107	123
Ōtebo	100(34.7)	100(34.1)	83	85	96	95	90	91
(2) Number of pods per plant								
Kitami-shiro	100(59.0)	100(32.8)	87	88	67	81	73	87
Takara-shōzu	100(22.0)	100(15.5)	85	57	65	39	77	28
Taishō-kintoki	100(10.3)	100(7.5)	50	53	68	87	83	93
Ōtebo	100(20.3)	100(17.0)	83	76	87	87	85	84
(3) Average number of seeds per pod								
Kitami-shiro	100(1.82)	100(1.69)	104	112	85	82	91	84
Takara-shōzu	100(7.41)	100(6.18)	104	112	66	68	70	89
Taishō-kintoki	100(3.21)	100(2.20)	103	142	93	128	87	123
Ōtebo	100(3.28)	100(3.06)	96	119	93	74	89	82
(4) Seed weight (gr/100 seeds)								
Kitami-shiro	100(21.8)	100(24.0)	100	95	118	86	104	99
Takara-shōzu	100(12.8)	100(10.3)	95	84	115	127	130	121
Taishō-kintoki	100(48.1)	100(56.3)	110	93	115	84	118	82
Ōtebo	100(27.3)	100(22.4)	99	96	104	125	107	112
(5) Seed yield (gr/plant)								
Kitami-shiro	100(22.4)	100(13.2)	93	91	63	55	70	71
Takara-shōzu	100(20.1)	100(9.2)	84	55	50	35	73	29
Taishō-kintoki	100(16.0)	100(8.9)	60	73	77	82	89	93
Ōtebo	100(18.1)	100(11.1)	79	87	82	84	81	80

Notice: Figures in parenthesis are actual values in T_0

豆類の生育量の指標として、成熟期における総節数(主茎節数+分枝節数)を調査した (Table 4-(1))。

年次により多少異なるが、自然気温低地温区 (T_1) は4品種とも総節数が減少した。すなわち、1968年は対標準比が80~86%, 1969年は85~104

%であった。1969年の「大正金時」は処理終了後著しく回復し、標準区以上の総節数となった。

低気温区 (T_2 , T_3) でも両年で総節数の対標準比が異なり、1969年が1968年に比して高くなった。品種間では、「宝小豆」が最も劣り、ついて

「大手亡」が悪かった。「大正金時」は兩年とも標準区以上の値を示したが、これは T_1 区同様処理終了後の分枝発生によっている。

(2) 着 英 数

開花始からの処理の影響は、収量構成形質の中で着英数に最も大きく現われた (Table 4-(2))。

大豆「北見白」は戸外で地温を下げると (T_1 区)、標準区に比べ、2 か年の平均で約 12 % の着英減となった。低気温区 (T_2, T_3) の着英減は、 T_1 区に比して大きい、低温室内で地温を暖めた区 (T_2) は、低気温低地温区 (T_3) よりも着英数が下まわった。

小豆「宝小豆」の T_1 区に着英数の対標準比は大豆「北見白」とほぼ等しかったが、低気温の影響は大豆に比してきわめて大きく、 T_2, T_3 区の対標準の着英数比はそれぞれ約 50 % であった。

矮性菜豆の「大正金時」は T_1 区で着英数が最も減少し、低気温区 (T_2, T_3) では対標準比が 78 ~ 88 % となり、大豆、小豆とは異なる反応を示し

た。半蔓性菜豆の「大手亡」は $T_1 \sim T_3$ 区で大差なかったが、 T_1 区で最も低い値となった。

(3) 平均 1 莢内粒数と 100 粒重

平均 1 莢内粒数は、1969 年の「大正金時」を除いて、ほぼ類似の傾向にあった。すなわち、 T_1 区は T_0 区に比し、やや莢内粒数が増したが、低気温により減少した。その減少程度は、小豆「宝小豆」と菜豆「大手亡」で大きかった (Table 4-(3))。

100 粒重は、着英数や平均 1 莢内粒数の補償作用として決まる面が大きく、また、その年の秋季の天候にも左右される形質である。

そのため、本試験の場合も一定の傾向は認められなかった。しかし、一般に着英減の程度の大きい処理区では大粒化の傾向にあったといえる (Table 4-(4))。

(4) 子 実 重

子実重は兩年に大きな差があり、 T_0 区でみると 1969 年の子実重は供試 4 品種とも 1968 年のその約 50 % であった。これは、材料と方法の項

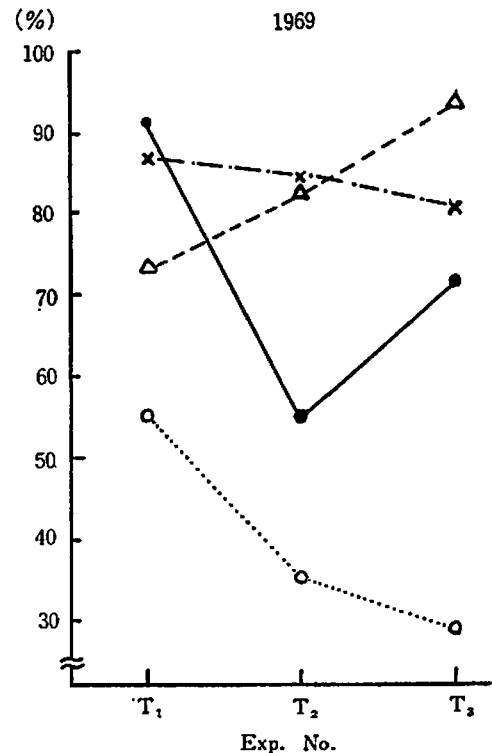
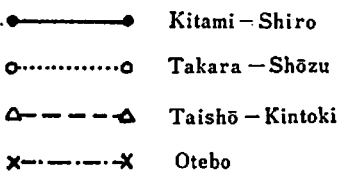
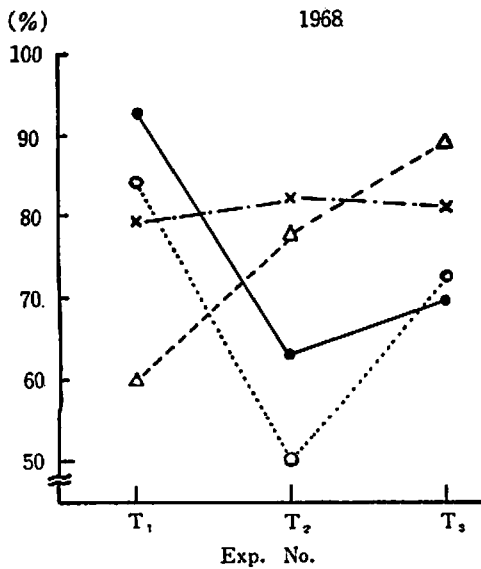


Fig. 2 Effect of the treatments on seed yield (T_n/T_0 , %)

で述べたように、1968年の供試土壌に比し1969年のそれが瘠薄であったことによる。Nを増施したが、なお不足であったと思われる。しかし、処理による子実重の変動は小豆「宝小豆」を除いて兩年でよく一致していた (Table 4-5), Fig. 2)。

大豆「北見白」は T_1 区での減収率が供試4品種中最も少なく、対標準比が兩年とも90%程度の値となった。低気温による子実重の減少は小豆と菜豆との中間にあったが、低気温下で地温を暖めた場合その効果はマイナスになった。

小豆「宝小豆」は、低気温の影響が大きかったが、低気温下での地温の暖冷による子実重の変化は兩年で著しく異なった。

矮性菜豆の「大正金時」は、気温と地温とに差のある場合 (T_1, T_2 区) に減収となり、ことに自然気温低地温区 (T_1) での減収程度が大きかった。一方、半蔓性菜豆の「大手亡」は処理による差がきわめて小さく、各処理区とも標準区の80%前後の収量であった。

IV 考 察

処理直後の植物体の繁茂の程度をその葉面積で見ると、大豆と小豆では T_0 区から T_3 区へと直線的に減少している。すなわち、地温の低下に比べ気温の低下による影響が大きく、また、気温の高低にかかわらず、地温上昇も葉面積の増大に効果があった。

一方、菜豆の2品種は大豆・小豆と異なり、 T_1 区の葉面積が T_2 区のそれより劣っている。しかし、地温上昇の効果という点では、供試4品種で一致している。すでに述べた、ADEDIPE & ORMROD (1970) のえん豆、あるいは、佐藤・伊東 (1968) の牧草においても地温上昇により乾物重が増加することをみている。

つぎに根重についてみると、低気温下 (T_2, T_3 区) で地温を上昇させたとき、地上部重の増加とは逆に大豆・菜豆 (小豆は未調査) とともに減少する結果となった。この根重減少がさきに見た大豆「北見白」と矮性菜豆「大正金時」の収量低下に影響したと考えられる。半蔓性菜豆「大手亡」はその

生育特性が「大正金時」と異なり生育期間が長く、栄養生長期と生殖生長期とのoverlapの期間が長いことから処理終了後、生育を回復したため、 $T_1 \sim T_3$ 区で収量に大差がなくなったと思われる。

ほ場栽培において冷涼地におけるマルチによる生育促進あるいは増収などの要因で最も大きいものは、地温上昇であろう⁴⁾。地温上昇が根部の活性を強め、その結果として生育を早め、収量を増加させると考えるのは妥当であろう。しかるに、本実験の結果では、地温上昇は地上部の乾物重増加に貢献したが、根部乾物重の増加は、気温の高低により異なっていた。すなわち、気温が高い場合には地温上昇により (T_1 区 \rightarrow T_0 区) 根重が増加したが、低気温下での地温上昇 (T_3 区 \rightarrow T_2 区) は根重の増加と結びつかなかった。この傾向は収量構成形質についても同様であった。

本実験の処理は開花始前約7日から2週間行なわれたが、この時期は栄養生長期と生殖生長期がoverlapしていて、処理の影響はその両面に及ぶ。かりにこの時期において、ある気温が定まれば、栄養生長にとって最適の地温が定まるであろう。しかし、この気温と地温の組合せが必ずしも生殖生長における最適組合せとはいえないであろう。さらに、収量構成形質間でもその影響のうけ方が変わっている。Table 5 にはそれら形質の分散分析表を示したが、この表からもうかがうことができる。すなわち、気温の効果はどの形質においても大きいが地温の効果はきわめて小さい。ところが、気温と地温との交互作用は着莢数において有意であり、その結果子実重においても有意になっている。

この試験は、冷害年における収量の減少を気温低下と地温低下の2面から現象的にとらえるため行なわれたものであるが、低気温下で地温を上昇させた場合は、豆類の地上部と根部との生育量が異なり、子実重にもその影響が現われたことから、地上部の生育適温と根部の生育適温との効果的な組合せについてはさらに検討を必要とする。

Table 5 Analyses of variance for some characteristics (F-value)

(1968)

Source of variation	d. f.	No. of pods per plant	Average No. of seeds per pod	Seed weight	Seed yield
Variety (V)	3	268.20**	529.94**	1181.63**	7.61**
Air temp. (A)	1	25.23**	83.24**	45.27**	18.51**
Soil temp. (S)	1	1.19	2.41	2.27	1.20
A×S	1	12.62**	n. s.	n. s.	12.78**
A×V	3	11.11**	34.29**	3.72*	4.55**
S×V	3	n. s.	2.12	3.62*	n. s.
A×S×V	3	1.21	n. s.	2.03	n. s.
Error	80	—	—	—	—

(1969)

Source of variation	d. f.	No. of pods per plant	Average No. of seeds per pod	Seed weight	Seed yield
Variety (V)	3	190.45**	20.48**	191.64**	29.58**
Air temp. (A)	1	10.73**	3.86	n. s.	30.03**
Soil temp. (S)	1	9.14**	n. s.	n. s.	3.56
A×S	1	9.65**	n. s.	2.61	10.41**
A×V	3	7.08**	1.18	6.71**	6.00**
S×V	3	n. s.	n. s.	n. s.	1.66
A×S×V	3	n. s.	n. s.	1.37	n. s.
Error	48	—	—	—	—

* and ** indicate significance at the .05 and .01 level of probability, respectively

V 摘 要

豆類の冷害機構を解明して耐冷性品種育成に必要な基礎資料をうるため、豆類の3種4品種を用い、生育および子実収量に及ぼす気温と地温の影響を検討した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

- 1 処理終了時の調査によれば、自然気温下の場合は、低地温に比して自然地温では、葉面積、地上部乾物重および根部乾物重が増加したが、低気温下の場合は低地温に比して、自然地温は、葉面積と地上部乾物重は増加するものの、根部乾物重は逆に減少した。
- 2 収量構成形質に及ぼす処理の影響は種類と品種により異なった。すなわち、大豆「北見白」と小豆「宝小豆」は地温よりも気温の影響が大きかったが、菜豆「大正金時」(矮性)は気温と地温に差のある場合減収となり、菜豆「大手

亡」(半蔓性)は処理間の差が小さかった。

- 3 気温、地温に対する反応は各収量構成形質により異なったが、これらのことについて、豆類の生育特性、処理時期などから若干の考察を行った。

終わりに、本研究の遂行にあたり、十勝農業試験場楠陸場長には有益なご忠告とご鞭撻をいただいた。同豆類第2科後木利三科長には殊に懇切なるご指導とご教示をいただいた。さらに、豆類第2科の研究職員の方々にご援助をいただいた。記して、深甚なる感謝の意を表する。

引用文献

- 1) ADEDIPE, N. O. and D. P. ORMROD, 1970; Air and soil temperature effects on growth response of peas to phosphorus fertilization. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 95, 1, 111—114.
- 2) 青森県農業試験場藤坂支場, 1967; 水稲冷害に関する試験成績書.
- 3) APPLE, S. B. and J. S. BUTTS, 1953; Soil tem-

- perature studies. 1. The effect of soil temperature and phosphorus on growth and phosphorus uptake by pole beans. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 61, 325—332.
- 4) 宮田喜次郎, 1968; 準高冷地におけるそ業のポリマルチ栽培, 農及園, 43, 6, 973—978.
 - 5) 成河智明, 三浦豊雄, 松川 勲, 1970; 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) 佐々木信介, 1954; 大豆の生育に及ぼす地温およびその日変化の影響について, 日作紀, 23, 311—312.
 - 7) 佐藤 庚, 伊東睦泰, 1968; 気温, 地温の組合せに対するオーチャードグラスおよびベレニアルライグラスの生育反応, 日作紀, 38, 2, 313—320.
 - 8) SINGH, J. N. and H. J. MACK, 1966; Effects of soil temperatures on growth, fruiting and mineral composition of snap beans. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 88, 378—383.

Summary

This study was conducted to obtain the fundamental information for the breeding of cool-weather tolerant varieties in beans. With four varieties of beans, namely, soybean (Kitami-shiro), adzuki bean (Takara-shōzu), and common beans (Taishō-kintoki and Ōtebo), the influences of air and soil temperature on the growth and fruiting of bean plants were tested.

Experimental results obtained are as fo-

llows;

1. At the end of treatments, under natural air and soil temperature (T_0) leaf area and dry weight of shoot and root were larger than that under natural air and cool soil temperature (T_1). Under cool air and natural soil temperature (T_2) leaf area and dry weight of shoot were larger but dry weight of root was smaller than that that under cool air and soil temperature (T_3).

2. Differences among species of response to treatments for seed yield and some yield components were remarkable. Soybean (Kitami-shiro) and adzuki bean (Takara-shōzu) were more influenced by air temperature than soil temperature. However, dwarf common bean (Taishō-kintoki) was more damaged when the difference of temperature between air and soil was large (T_1 , T_2), and short viny common bean (Ōtebo) was a little influenced by the treatments.

3. Effects of air and soil temperature on the yield components differed with the growth habits of beans too, and it is necessary to study on some combinations of air and soil temperature and the time of treatments with more varieties.