

小豆に対する低温の影響について

II. 開花前後の低温と子実の肥大との関係*

野村 信史**

Effects of the Low Temperature on Adzuki Bean Plants

II. Relations between the low temperature, treated before and after flowering, and the thickening growth of grains

Nobufumi NOMURA**

小豆の子実の大きさは年次間、場所間のふれが大きく、冷害年または冷涼地帯で、しばしば大粒化する。この小豆子実の大粒化をもたらす要因を確かめるため、開花前後に低温処理を行ない、子実の大きさの日別の推移を調査し、二、三形質と粒大の関係をみた。小豆の子実通常、開花後 40 日ないし 50 日を経過して、成熟するのであるが、自然温度条件および低温条件のもとで調査した日別の粒大の推移のパターンは登熟日数とも関係して、大きく三つの型に分けることができた。開花前後の低温によって、もたらされた子実の大粒化は、稔実莢数の減少よりも、主として平均一莢粒数の減少によるものと考えられた。しかし、子実の大きさはまた登熟期間の積算温度とも関係が深いところから、登熟期間が遅れ、積算温度が不十分な場合には平均一莢粒数が減少しても、子実の大粒化は認められなかった。

緒 言

小豆に対する低温の影響は主として、生育抑制、開花・登熟の遅延、稔実莢数、子実収量の減少に認められ、障害の大きく現われるのは開花を中心とした時期で、特に開花始頃からの低温による減少が大きい。粒大については、低温条件のもとで、しばしば大粒化の傾向を示し、開花後の低温処理による大粒化現象が認められている^{1),2)}。そこで、粒の大きさに及ぼす低温の影響を要因別に究明するために、開花を中心とした前後の約 45 日を取り、15°C と 12°C の 2 段階の低温処理を与えて、粒大と粒大に関係する形質を 1965 年に予備的に調査し、1967 年に本調査を行なった。

なお、本研究の実施に当り、懇切な指導を賜った十勝農業試験場楠 隆場長、同前豆類第 2 科後木利三科長に厚く感謝の意を表する。また、原稿の校閲と有益な批判を賜った中央農業試験場稲作部長長内俊一博士に謝意を表する。

試 験 方 法

小豆早生品種「宝小豆」を用いて、十勝農業試験場に 1967 年に完成したファイトトロン³⁾の昼夜変温の二室において試験を行なった。一室は 15°C (昼間 15°C, 夜間 12°C) であり、一室は 12°C (昼間 12°C, 夜間 9°C) で、昼間と夜間の温度の切替えは、午前 5 時と午後 7 時に自動的に行なわれよう調整した。

「宝小豆」は 2,000 分の 1 a のワグナー・ポットに 2 本立として、1 処理 2 ポットで完全無作為配置法によった。

施肥量は 1 ポット当り硫安 4 g, 過石 5 g, 熔燐 5 g, 硫加 4 g で、ポットの上層約 20 cm の土壌と充分混和した。播種期は 5 月 29 日で、土壌は腐植に富む火山性砂壤土を用いた。

低温処理期間は第 1 図の通りであった。開花始は生育段階から 7 月 30 日を予想して、第 1 回は開花前 20 日から、14 日、10 日、7 日間の処理を行ない、第 2 回は開花前 10 日から 14 日、10 日、7 日、第 3 回目は開花始から 14 日、10 日、7 日間の処理で、第 4 回目は開

* 本報の一部は日本作物学会第 146 回講演会 (昭和 43 年 10 月) で発表した。

** 前北海道立十勝農業試験場 (現北海道立北見農業試験場 常呂郡訓子府町)

花後14日, 10日, 7日間の処理とした。低温処理をしている以外は室外において, 自然温度条件のもとで栽培した。降雨時は屋根をして, 雨水を防いだ。比較区としては, 播種後成熟期まで自然温度で栽培する区を設けた。

調査形質のうち, (1) 子実収量は風乾して脱粒したポット当りの子実の重量 (g) をもって示し, (2) 稔実粒数は眉豆を除いたポット当りの全粒数で, (3) 稔実英数

はポット当りの整粒一粒以上を含んだ英数であり, (4) 1,000粒重は子実重量÷稔実粒数×1,000 (g) で示した。(5) 平均一英粒数は個体毎に全英別の英内粒数を数えて, ポット当りの平均一英粒数として示した。その他開花日別の稔実英の平均一粒重については, 毎日開花した花を模式図に記入し, 成熟後風乾して, 英当りの粒重をケミカルバランスで秤量して, 開花日別に英当り平均一粒重で表わした。

1967年の気象についてみると, 平均気温の推移を第2図に示したが, 7月中旬から8月中旬にかけ, 高温に経過し, 9月中, 下旬に若干低温となり, 他の時期は大体平年並であった。日照時数については第3図のとおりで, 8月の日照時数が平年に比べて多くなり, 9月は中, 下旬が少なかったが, 概ね, 高温, 多照という気象経過であった。

試験結果

1. 収量形質に及ぼす低温処理の影響

小豆子実の大きさに関係深いと考えられた形質が, 低温処理の時期, 長さおよび低温の程度によって受ける影響を第1表に示した。

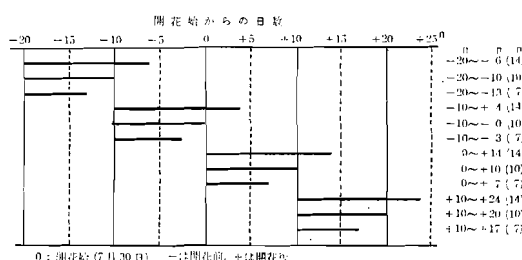
子実重は15°C処理では7日間の処理を除いて, 減少が大きく, 12°C処理では14日, 10日間のいずれの処理も統計的に有意な減少を示し, また7日間処理はこれらに比べて程度はやや軽い, 統計的に有意な減少を示した。稔実粒数は子実重とほぼ同様の傾向を示した。秩実英数は処理期間の長い, 14日間の処理で減少が大きく, 12°C処理では15°C処理とは異なって, 10日間の処理でも統計的に有意な減少がみられた。

1,000粒重は上記の形質とは異なり, 若干個体間のふれが大きく, 無処理と比べて開花後10日から7日間の処理で有意に大粒となり, 12°Cの開花始から14日間の処理で有意に小粒となった。

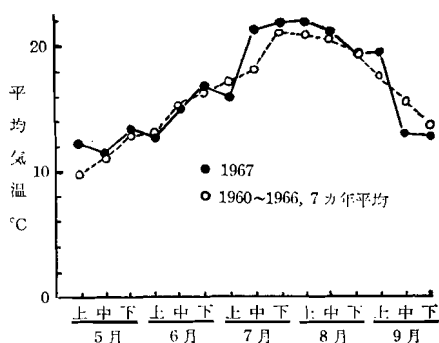
平均一英粒数は低温処理日数の長さによる影響よりも処理を始める時期の影響が大きく, 開花始からの処理によって, 平均一英粒数が有意に減少し, 処理期間が14日間と長くなると開花前10日からの処理によって平均一英粒数は減少した。

成熟期は15°C開花後10日間処理および7日間処理を除いて, 15°C, 12°Cいずれの低温処理によっても遅延現象が認められた。

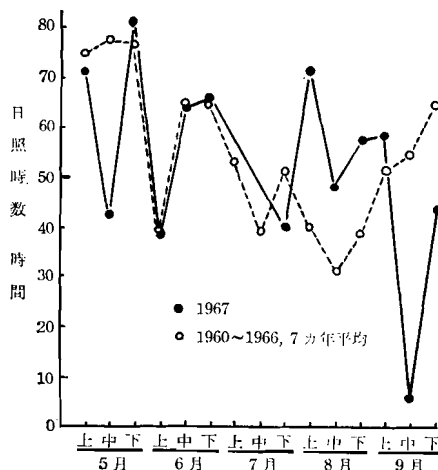
子実の大きさは, 個体によって若干ふれたが, 傾向としては明らかに低温処理により大粒化を示したので, 粒大と各形質間の関係を知るために全区についてコミにして求めた相関係数を第2表に示した。



第1図 低温処理期間



第2図 旬別平均気温の推移 (芽室町字新生)



第3図 旬別日照時数の推移 (芽室町字新生)

第1表 収量形質に及ぼす低温処理時期、長さおよび低温の程度の影響

処理 日数 (日)	処 理 期 間 (日)	子実重* (g)		稈実粒数*		稈実莢数*		1,000 粒重 (g)		平均 1 莢粒数	
		15°C	12°C	15°C	12°C	15°C	12°C	15°C	12°C	15°C	12°C
14	-20~-6	19	10	141	70	22	13	127	133	7.14	6.89
	-10~+4	16	11	127	102	27	19	116	122	5.79	5.70
	0~+14	3	5	12	48	9	10	117	83	4.50	4.78
	+10~+24	19	5	142	48	23	13	128	98	6.55	4.35
10	-20~-10	22	11	178	78	32	13	123	133	6.29	6.90
	-10~0	24	17	180	117	28	23	128	126	6.86	6.58
	0~+10	14	11	114	84	29	19	114	123	4.74	4.87
	+10~+24	28	13	204	82	33	20	138	144	6.47	4.82
7	-20~-13	25	27	192	209	32	34	126	125	6.79	7.16
	-10~-3	29	22	217	163	35	30	130	124	5.65	6.62
	0~+7	29	22	201	165	35	30	141	127	5.96	5.80
	+10~+17	27	22	162	137	32	27	166	157	5.26	5.47
0	無 処 理	35		243		37		119		7.02	
l. s. d.	5%	9		61		9		28		1.01	
	1%	12		83		12		38		1.34	

注) * ポット当りで示した。

第2表 1,000 粒重と収量形質との相関係数

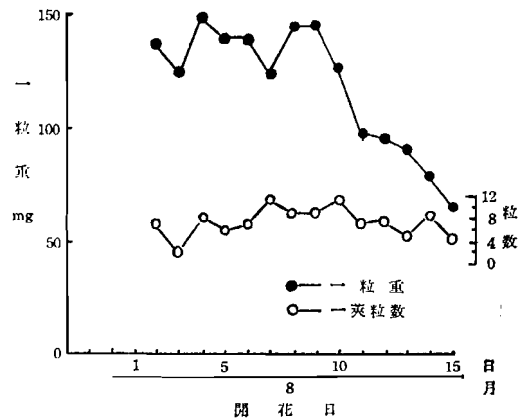
総実莢数	子実数	稈実粒数	平 均 1 莢粒数	成 熟 期
全 体				
0.353	0.488*	0.313	0.251	-0.449*
7 日 間 低 温 処 理				
-0.407	-0.245	-0.604°	-0.793*	0.208

注) ° 10%, * 5% 水準で有意

1,000 粒重と子実重との相関係数は 0.488 で、成熟期との間では、-0.449 で、いずれも 5% 水準で統計的に有意であった。しかし、稈実粒数、平均一莢粒数との関係では有意ではなかった。子実の大きさは成熟期との関係が負の符号で示されるように、開花・成熟期の遅延によって登熟が不良となっており、このために子実は小粒となるので、特に登熟が不良となった 14 日間ないし、10 日間の低温処理区を除いて相関係数を計算すると、子実重、全粒数とは負の値で有意性はなく、成熟期との関係は正でこれも有意性はなかった。稈実莢数とは 10% 水準で、平均一莢粒数とは 5% 水準で統計的に有意であった。

2. 自然状態における開花日と粒大の推移

粒の大きさと開花日との関係を見ると、無処理区では第 4 図に示したように、最初に着生した莢は、8 月 2 日に開花したもので、8 月 10 日までに着生した莢の子実の平均一粒重は、125 mg から 149 mg の間で推移し、8 月 11 日以降に着生した莢について平均一粒重を求めると 97 mg 以下と急に小さくなっている。



第4図 自然温度区の日別の平均一粒重と平均一莢粒数の推移

この粒大の推移を平均一莢粒数との関係からみると(第4図), 開花日別の平均一莢粒数の推移は明らかに, 粒大の推移とは異なって, 莢の着生日の早晚による平均一莢粒数の増減は認められなかった。この関係を相関係数で示すと第3表のとおりで, 開花日と平均一莢粒数との相関係数は -0.211 と統計的な有意性はなく, 開花日と平均一粒重との相関係数は -0.736^{**} であった。

第3表 自然温区における開花月と平均1莢数および平均1粒重との相関係数

形 質	平均1莢粒数	平均1粒重
開 花 日	-0.211	-0.736^{**}

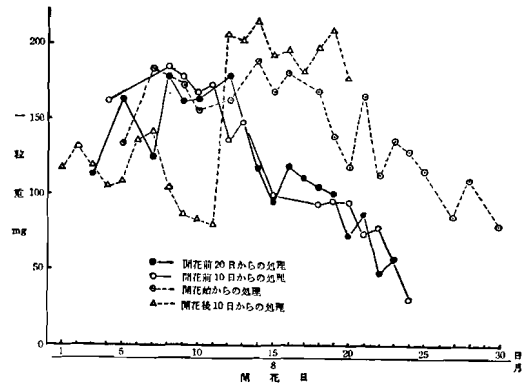
注) $**$ 1% 水準で有意

このように個体の子実の大きさを決定する要因は, 開花日であり, 低温処理によって障害を受けた場合は平均一莢粒数と稔実莢数と関係する。

3 低温処理区における開花日と粒大の推移

低温処理をしたものについて, 開花日別に平均一粒重の推移をみたものを, 第5図から第7図までに示した。

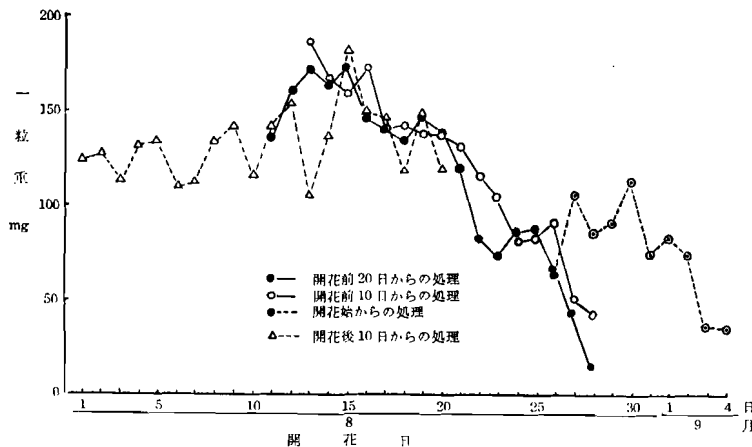
平均一粒重の毎日の推移を7日間処理についてみると, 第5図のとおりで, 開花前20日からの処理と開花前10日からの低温処理による一粒重の推移はほぼ類似していて, 8月3日ないし, 8月4日に初めての莢の着生をみて, その後の10日間に着生した莢の子実の平均一粒重は100 mg から180 mg の間で推移するのに比べ, 開花後10日を過ぎて着生した莢の子実の平均一粒重は100 mg を最高にして, 順次減少する。



第5図 15°C, 7日間処理区の日別の平均一粒重の推移

開花始からの処理では, 低温処理期間中の開花数は極めて少なく, 処理を終った8月10日からの開花が多くなり, また莢の着生するのが認められたので, この日から10日間の8月19日までの期間をとり, この間に着生した莢の平均一粒重をみると, 160 mg から190 mg の間で推移し, この期間の無処理区の平均一粒重よりはるかに大きいのが特徴的で, 主たる着莢期間は前期二処理に比べると約5日から7日間の遅れを示した。従って, この粒大の推移を前記二処理に5ないし7日ずらして合わせると丁度これらの処理と同様の推移をしていることが解る。

開花後10日目からの低温処理については, 処理を始める以前の粒大の推移と処理を始めた後の粒大の推移は明らかに異なり, 処理を始める以前の粒大の推移は無処理区と類似しているのに対して, 処理を始めてからの粒大は180 mg から215 mg の間で推移した。これは, 無処理のものに比べ30 mg 以上大きく, 主と

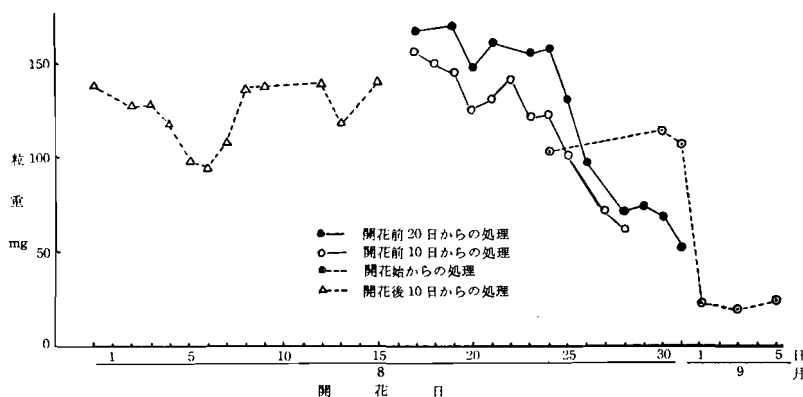


第6図 15°C, 10日間の処理区の日別の平均一粒重の推移

して平均一莢粒数の極端な減少によってもたらされたものと考えられた。

10日間の低温処理を行なうと、第6図に示したように、開花前20日から開花前10日からの10日間の処理によって、開花期、莢の着生時期が凡そ10日遅れたので、その粒大の推移は第5図における7日間の処理の粒大の推移の同一時期に比べて、10日遅れた推移と類似していた。

開花始からの10日間の処理では処理期間中、開花初期の花がいずれも脱落して、処理を終って開花したものが莢として着生した結果、登熟に要する温度の不足から大半の子実は平均一粒重が100 mg以下となって、小粒化した。



第7図 15°C, 14日間処理群の日別の平均一粒重の推移

開花始から14日間の低温処理を行なうことによって着莢の時期は無処理のものに比べて凡そ、24日の遅れとなり、10日間処理の場合と同様に登熟期間の温度が充分ではなく、いずれも平均一粒重は100 mgを切って、極端に小粒となった。しかし、この場合でも莢の着生の早いものの粒大は相対的に大きく、遅くに着莢したものの子実は小粒化する現象が認められた。

開花後10日から14日間低温処理をしたものでは、処理を始める以前に開花・着莢したものうち、処理直前に開花・着莢したものの子実の肥大は不良となり、小粒化し、処理を始めた後に開花・着莢したものは数が少なく、粒大はほぼ無処理区並となった。ただし、平均一粒重が100 mg程度以下のものは、ほとんどなく、個体当りの1,000粒重は無処理区に勝った。

論 議

1. 低温によって大粒化する条件

小豆の子実は開花後40日ないし50日を経過して、完熟することが知られていて⁶⁾、登熟日数が40日を切

開花後10日から10日間の低温処理を行なった結果は、同一時期の7日間の低温処理と比べて処理期間中の開花・着莢数がやや少ないために粒大のふれが大きく、また処理後も低温の影響が残っていて、極端な大粒化は認められなかった。

14日間の低温処理による粒大の推移は第7図に示したように、第5図における7日間の低温処理に比べて、開花前20日からと、10日からの14日間の低温処理により、2週間以上着莢始が遅れた。粒大の日別の推移についてくわしくみると、開花始後10日間の粒大は115 mgから170 mgの間で推移し、その後は90 mg以下となり小粒化した。この粒大の推移は7日間処理の場合の2週間、時期が遅れた場合の推移に類似した。

る場合、即ち個体の中で後期に咲いた花が着莢した場合は小粒化する⁵⁾。このように子実の大きさは1)開花の早晚、2)登熟期間の積算温度の多少によって決まり、その他3)平均一莢粒数の多少、4)稔実莢数の多少、等も関係してくる。開花の順序は分枝を除いた下位節から順次上方に咲き進み⁴⁾、早期開花の着莢率が高いこと³⁾から平年では開花を始めた日によって、粒大が大体決まる。

本実験から大粒化する条件を詳細にみるために、まず第2表の1,000粒重を要因、水準別にまとめると第4表のようになる。

第4表から、処理時期では開花後10日が最大で、開花始からの低温処理によって最小となり、低温処理期間は短いほど大粒化する。一方、15°Cと12°Cの温度処理の違いは小さいとみられる。つまり、大部分が無処理区の1,000粒重の119 gより大粒であるが、要因、水準によって内容を異にし、大粒となる条件が存在すると考えられた。

先に自然条件で開花日と一粒重との間に負の高い相

第4表 低温処理要因, 水準別の1,000粒重

要 因	水 準	1,000粒重 (g)
低温処理の時期	開花前 20日	128
	開花前 10日	124
	開 花 始	118
	開花後 10日	138
低温処理の期間	7 日	137
	10 日	129
	14 日	116
低 温 の 程 度	12°C	125
	15°C	130

第5表 低温処理における開花期
前半の1粒重 (mg)

処理期間	処 理 時 期		
	開花前20日	開花前10日	開花始
15°C 7日	156	173	155
15°C 10日	154	155	(99)
15°C 14日	156	130	(82)
無 処 理	122		

注) () 内数字は開花始から4日間, 他は8日間の平均値。

関 ($r = -0.736^{**}$) をみたが (第3表), この関係が低温条件でも成り立つかどうか, 要因, 水準別に開花期の前半の1,000粒重を第5表のようにまとめてみた。

この表から明らかなように, 開花始に受けた低温が10日, 14日間と長い場合には, いかに早く咲いた花でも小粒化する。逆に開花前の低温ならば, いずれも大粒化している。また開花後に受ける低温の場合には, その期間が短いほど大粒化したが, 自然温度条件下で示された粒の肥大の推移の形と異なって, 開花初期に着生したものより低温処理後に着生した莢の子実の肥大が大きかった (第5図, 第6図, 第7図)。

2. 子実の肥大推移からみたパターン

開花日ごとに追跡した粒大の推移は大きく, A, B, Cの3つの型に分けることができた。

A型: この型は第4図の自然温度条件で表われる型で, これ以外開花前20日および開花前10日から行なった低温処理でも極めて良く適合した (第5図, 第6図, 第7図)。この場合, 開花し莢の着生後約10日間

が大粒で, その後小粒化する型である。

B型: 開花始からの低温処理にみられる型で, 処理期間の短い場合は開花・着莢が遅れるだけでA型に近い形をとる (第5図)。これに対して, 処理期間が長い場合には, 開花・着莢数が少なく, 登熟期間が著しく短縮されて, 子実の肥大のカーブは小型となる。1,000粒重も小さいが, 開花の早晚による粒大の差異が大きく, 特に開花の遅いものは極めて小粒化する。

C型: 開花後10日からの低温処理にみられる型で, 処理以前に開花したものはA型の前半に類似した肥大経過を示すが, 処理以後に着生した莢の子実の肥大が極端に大粒化する場合 (第5図) とそれほど大きくならない場合 (第6図, 第7図) がある。この違いは主として, 低温処理期間の長短によってもたらされる。開花後10日からの低温処理は, 丁度この時期に, それまでに着生した莢の子実の肥大が行なわれるべき期間に相当するため, 低温処理によって子実の肥大が充分行なわれず, 処理を終って着生した莢の子実の平均一粒重は平均一莢粒数の減少から大粒化した。この粒大と関係する平均一莢粒数を減少させる低温条件については, 著者らは先に生育時期別に昼夜15°Cの低温処理を行なって, 開花前後の低温が平均一莢粒数を減少させることを指摘したが, 今回の実験でも同様のことが実証された。

以上, 低温年にみられる子実の大粒化現象はファイトトロンを用いた本実験によって, 再現出来たが, 小豆子実の粒大は成熟期の著しい遅延のない限り, 稔実莢数の多少よりも, 平均一莢粒数の多少と強い関係がみられ, 平均一莢粒数を減少させる低温条件のもとで子実の大粒化を認めることができた。

引用文献

- 1) 野村信史 1964: 小豆の生育ならびに開花・結実に及ぼす低温の影響. 北農 31(4): 1-3.
- 2) ——— 1966: 小豆に対する低温の影響について. 第I報 生育時期別の低温が生育ならびに収量に及ぼす影響. 日作紀 34: 3.
- 3) ——— 1969: 小豆の結莢率に及ぼす低温処理についての考察. 北農 36(2): 41-45.
- 4) ———, 浅沼一郎 1970: 生育時期別の低温処理が小豆品種の開花順序と開花速度に及ぼす影響. 道農試集 20: 73-79.
- 5) 佐藤久泰 1970: 小豆の莢伸長ならびに子実の肥大経過について. 北農 37(10): 19-27.
- 6) 反田嘉博 1957: 小豆の子実の發育について. 日作紀 26: 45-46.

Effects of the Low Temperature on Adzuki Bean Plants

II. Relations between the low temperature, treated before and after flowering, and the thickening growth of grains

Nobufumi NOMURA*

Summary

It is well known that the size of grains of adzuki beans varies remarkably with some environmental conditions. We also recognize that the grains produced in a year of cool weather or in a cool region are often bigger.

The purpose of this investigation is to point out the factors that increase the size of grains in relation to the thickening growth of grains under natural and low temperature conditions. The low temperature treatments were kept at 15°C and 12°C for 7, 10, and 14 days under four different growth stages before and after initial flowering.

The results of these experiments are summarized as follows;

1. The size of grains of adzuki beans determined for 40 or 50 days after flowering. The changes in the thickening growth of grains under natural or low temperature conditions were divided into the three types of A, B, and C.

1) The A type was recognized in natural and low temperature treatment from 20 days and 10 days before initial flowering. The grains increased relatively in the size of grains for 10 days after first pod setting, but after that reduced in the size of grains.

2) The B type appeared in the low temperature treatment from initial flowering, and if the term of low temperature treatment was short, it resembled to the A type. In that case the thickening growth stage was delayed. When the term of low temperature treatment was longer, the gains were relatively smaller.

3) The C type appeared in low temperature treatment from 10 days after initial flowering. The thickening growth of grains which were not exposed to low temperature treatment was normal, but the grains in pod which were set in low temperature treatment increased in the size of grains according to some circumstances.

2. The phenomenon causing an increase in size of grains by low temperature treatment before and after initial flowering was mainly caused by the decrease in the number of grains in a pod. When a sufficient accumulated temperature cannot be got for ripening of the grains, the size of grains decreases, even if the number of grains in a pod was less.

* Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, Japan.