

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*

野村 信史† 浅沼 興一郎††

THE EFFECTS OF LOW TEMPERATURE ON THE ORDER AND SPEED OF FLOWERING IN THE ADZUKI BEAN (*Phaseolus angularis* W. F. Wight)

Nobufumi NOMURA & Koh-ichiro ASANUMA

小豆の開花は、下部節位から上部節位に向かって規則正しく進み、ファイトトロンで生育時期別に、12日間15°Cの低温条件を与えても、この順序は変わらなかった。主茎の節位と開花期の間の関係は直線回帰方程式で示すことができ、開花速度を示す回帰係数は、主茎型の品種で収量と密接な負の相関を示した。また開花速度は低温によって影響されるため、収量の予想を可能にしたが、減数分裂期の低温では、それ以外の要因によってさらに減収した。

I 緒 言

北海道東部十勝地方の小豆の一般栽培においては、開花を始める時期と収量の関係はきわめて密接であり、開花始の遅延が減収につながる事が報告されている⁹⁾。また実験的にも、開花前1か月から開花始まで、生育時期別に12日間の15°C低温処理によって、開花が遅れ、これが減収の一要因になっていることや、早期開花が優勢で、それらの着莢率が高いこと、逆に開花の遅延は登熟不良、粒の生育停止をもたらすことはすでに著者^{4) 6) 7) 8)}の1人が発表したところである。

ここでは小豆の開花順序を代表的な3品種について調査するとともに、生育時期別に15°Cの低温処理が開花順序と開花速度に及ぼす影響を検討

し、小豆の開花速度と収量の関係について若干の考察を行なった。

本文に入るに先立ち、ご校閲と有益なご批判を賜った中央農業試験場畑作部長長内俊一博士に深く感謝する。

II 材料および方法

小豆品種の熟期の異なった小粒種3品種、「茶殻早生」、「宝小豆」、「門葉1号」を用い、これらを1/2,000 a ワグナー・ポットに、1ポットあたり6粒ずつ、1963年6月3日播種し、初葉展開後間引いて2本立てとした。

低温処理は十勝農試のファイトトロンの昼夜定温15°Cのガラス室内で行なった。処理期間は12日間として、Table 1に示したとおり、播種直後から生育時期別に処理を行ない、開花始めの8月上旬までに計4処理区を設けた。

この期間の自然区の半旬別の気温の推移はFig. 1のとおりである。第1処理期間6月3日から6月15日までの自然区の平均気温は11.7°Cで、処

† 中央農業試験場

†† 元十勝農業試験場(現香川大学農学部)

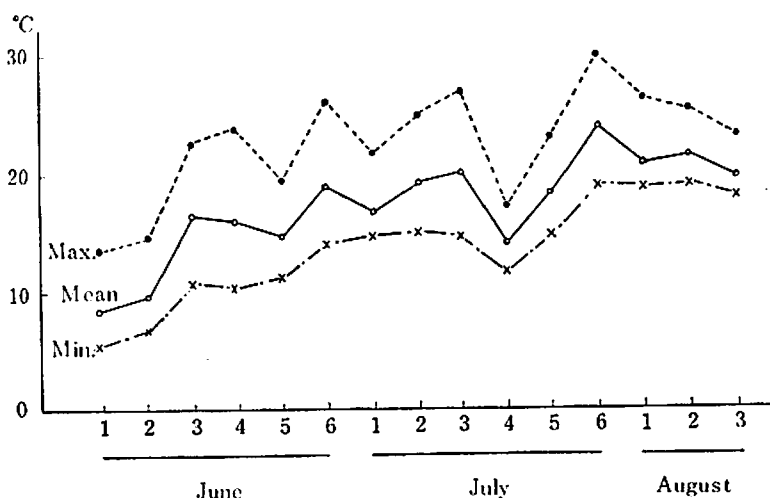
* 本報の一部は札幌農林学会(昭和38年11月)で発表した。

Table 1 The various series in the low temperature treatment and the flowering date of three varieties (1963)

Treatment No.	Period of 15°C treatment	Flowering date					
		Chagarawase		Takara shozu		Maruba No. 1	
		First	Last	First	Last	First	Last
0	Natural temp.	2.0	19.0	2.7	24.3	9.9	25.6
1	June 3-15	0.5	23.0	2.0	25.5	0.5	25.5
2	July 8-20	3.3	25.5	1.8	26.5	4.0	26.0
3	July 15-27	2.9	31.0	5.0	27.0	13.3	27.0
4	July 27-Aug. 10	3.5	19.0	5.0	27.3	9.9	34.0

Number in the table indicates means of 4 plants at 2 pots and number of days after August first.

Fig. 1 The gradient of mean temperature at every 5 days (1963)



理温度が3.3°C高かったが、第2処理期間は17.5°Cで、2.5°C、第3処理期間は16.9°Cで1.9°C、第4処理期間は22.2°Cで7.2°Cといずれも低かった。

Ⅲ 試験結果および考察

1 主茎ならびに分枝上の各節位における開花の様相

開花については、主茎を調査すると同時に、主茎の下位2~3節に第1次分枝が発生するので、それらについても調査した。そのほか、初葉発生の各葉腋から分枝が、また第1次分枝発生部位に第2次分枝を形成する場合もあるが、きわめてまれなので、ここでは調査の対象としなかった。

花についてみると、主茎および分枝の各節から

葉を生じ、その葉腋に必ず一花房を形成する。田崎(1957)¹²⁾によれば、一花房は9節まで伸び、3~4節まで開花するのをみた。その間の開花の間隔はおよそ3~5日であった。高橋(1917)¹¹⁾は、花房の一節原には通常2単花を対生し、対生花の中央部はふくれてこぶ状をなし、花外蜜線となるとしている。著者らは、その部分にまれではあるが花を1個着生することを観察した。

主茎と分枝について、花梗の同一節原の2単花の開花日をTable 2に示した。

Table 2によれば、3品種ともに同日、または1日差が約70%で、あとは2日差がほとんどを占め、3日を隔てて開花するものはきわめて少ない。つまり、左右の2単花はほとんど同じ日に開花するとみられる。

Table 2 Percentage of differences of the flowering date between the right and left single flower on the same node

Difference of flowering date	Percentage of frequency		
	Chagarawase	Takara shozu	Maruba No. 1
0 or 1	69.7	69.5	66.7
2	18.2	27.8	28.2
3	9.1	2.8	5.1
4	3.0	0.0	0.0

2 主茎および分枝上の開花順序

無処理の開花順序を主茎と分枝についてみたのが、Table 3 および Table 4 である。いずれも各品種 2 ポット 4 個体の平均値をもって示した。

Table 3 によれば、最初の開花節位、平均開花日および開花日数には品種間差異が認められるが、

どの品種も下部節位から上部節位に向かって、ほぼ一定の日数で開花していくことは確かである。

各節位に生じた、花房の第 1 番花のついた節原(通常最下節)における 2 単花の平均開花期(y)と、節位(x)(第 1 本葉展開節を第 1 節とする)との関係を品種別にみると、 $y=ax+b$ の直線回帰式をあてはめることができる。求めた方程式は Table 3 の下欄に示した。

ここで、開花日の実測値と計算値はかなりよく一致し、その差はほとんど 1 日以内である。また回帰係数は t 検定の結果、いずれも 1% 水準より高い有意性が認められた。

つぎに、主茎の式をもとに品種間差異をみると、極早生の「茶殻早生」は分枝数が少ないので、最初が開花する主茎節位が低く、1 節位を上昇する日数が平均 2.4 日であるのに対して、晩生

Table 3 The actual flowering date on the main stem and the difference between the actual value and the predicted value which was calculated from the linear regression equation under the natural condition (1963)

No. of node	Flowering date					
	Chagarawase		Takara shozu		Maruba No. 1	
	Actual value	Difference	Actual value	Difference	Actual value	Difference
1	—	—	—	—	—	—
2	2.0	1.5	—	—	—	—
3	3.0	0.0	2.7	0.6	—	—
4	4.5	-1.0	5.5	0.2	—	—
5	7.0	-0.9	7.8	-0.6	9.9	0.3
6	9.5	-0.9	11.5	-0.1	11.6	-1.2
7	12.5	-0.3	14.0	-0.8	16.9	0.8
8	15.0	0.3	17.5	-0.5	19.9	0.6
9	19.0	1.3	22.3	1.2	22.3	-0.3
10	—	—	24.3	0.0	25.6	-0.2
Equation	$y=2.45x-4.37$		$y=3.18x-7.47$		$y=3.25x-6.64$	

Table 4 Flowering date on the branches of 3 varieties under the natural condition (1963)

No. of node	Chagarawase	Takara shozu		Maruba No. 1		
	First branch	First branch	Second branch	First branch	Second branch	Third branch
1	8.5	13.5	14.0	14.3	13.8	15.6
2	14.5	19.5	18.0	17.0	18.8	20.8
3	19.5	26.5	—	—	22.4	24.7
4	24.0	—	—	—	—	—

種の「円葉 1 号」では分枝数が多いので、最初の開花節位が高く、節位を上昇する日数は平均 3.2 日、「茶殻早生」よりおよそ 1 日多く要している。

熟期がこれら 2 品種の中間にある「宝小豆」は、最初の開花節位は「茶殻早生」に近く、上昇に要する日数は「円葉 1 号」に近い。

Table 4 に示したように、分枝については開花数が少ないので直線回帰式を確定できないが、開花日と節位の間には主茎と同様の傾向は明らかである。

開花順序について、ほかの豆類では小林 (1952)¹⁾ が落花生で、また佐藤 (1955)¹⁰⁾ は棉で報告している。いずれも下部から上部に向かって規則的な開花を示す。

3 開花順序および開花速度に及ぼす低温処理の影響

小豆の各生育時期に低温処理を行なった小豆の開花順序を、前項 3 で述べたと同じ方法をもって求めた回帰方程式を Table 5 に示した。回帰係数

について t 検定を行なった結果はいずれも 1% 水準より高い適合度を示した。

これらの式からみられるように、各生育時期別の 15°C の低温処理は開花順序を変えずに、自然温度区の小豆と同様に下位節より一定の開隔をもって上位に開花が進んでいる。しかし開花が 1 節進むのに要する日数を示す回帰係数は、低温処理によって差がみられる。すなわち「茶殻早生」では第 1 処理区で 0.5 日の遅れ、第 2、第 3 処理区で影響なく、第 4 処理区で 1.3 日の遅れであり、「宝小豆」では第 1 処理区は 0.4 日早く、第 2、第 3 処理区は各々 0.7 と 0.4 日遅れて、第 4 処理区では変わらない。「円葉 1 号」は第 1 処理区は 0.6 日早く、第 2 処理区では変わらず、第 3、第 4 処理区で 0.4 と 0.3 日遅れた。

このように品種によって開花の上昇度に差がみられるが、その反応の様相をみると「宝小豆」と「円葉 1 号」は良く類似した。上昇度の差は、開花始めに 10 日程度の差があるため、開花速度に影響

Table 5 The linear regression equations of flowering date (y) and (x) on Adzuki bean plants with 15°C temperature for 12 days at various growing stages (1963)

Treat- ment number	Regression equation of main stem	Standard deviation	Regression equation of first branch	Standard deviation	Regression equation of second branch	Standard deviation	Regression equation of third branch	Standard deviation
Chagarawase								
0	$y=2.45x-$	4.37	$y=5.13x+$	3.80	0.240	—	—	—
1	$y=2.92x-$	8.23	$y=5.45x+$	4.74	0.919	—	—	—
2	$y=2.36x-$	0.28	$y=3.26x+$	10.23	0.352	—	—	—
3	$y=2.68x-$	3.28	$y=4.93x+$	4.55	0.452	—	—	—
4	$y=3.75x-$	5.71	$y=5.30x+$	12.70	—	—	—	—
Takara shozu								
0	$y=3.18x-$	7.47	$y=6.50x+$	6.83	0.289	$y=4.00x+$	10.00	—
1	$y=2.83x-$	5.57	$y=3.00x+$	4.70	0.221	$y=4.65x+$	1.43	0.375
2	$y=3.87x-$	1 0.46	$y=4.09x+$	7.85	0.270	—	—	—
3	$y=3.53x-$	5.31	$y=3.60x+$	14.67	1.416	—	—	—
4	$y=3.20x-$	1.47	0.038	—	—	—	—	—
Maruba No. 1								
0	$y=3.25x-$	6.64	$y=2.70x-$	9.50	—	$y=3.20x+$	11.93	0.404
1	$y=2.68x-$	5.42	$y=4.20x-$	10.33	0.400	$y=4.90x+$	3.75	0.491
2	$y=3.05x-$	4.28	$y=5.00x-$	10.00	—	$y=5.40x+$	6.90	—
3	$y=3.60x-$	7.20	$y=6.00x-$	16.00	—	$y=7.00x+$	13.00	—
4	$y=3.51x-$	3.42	$y=4.00x+$	20.00	—	$y=8.00x+$	18.00	—

を与える時期が異なっているものと考えられる。すなわち両品種ともに開花1か月前より開花直前までの低温処理が、回帰係数を大きくしているのに対して、開花してからの低温処理では開花の上昇速度は自然温度区と変わらない。

これらに対して「茶殻早生」は異なった反応を示し、開花1か月前から開花直前までの低温処理は開花速度に影響せずに、開花を始めてから低温条件下におかれて、開花速度が遅延する。このために「茶殻早生」については、「宝小豆」と比べて開花始が早くても、開花後の低温によって開花速度が遅れて登熟の遅れとなり、「宝小豆」と似た成熟期となる。(昭和42年、43年度十勝農試成績概要)

4 開花速度と収量との関係

開花期と収量との関係は負の有意な相関関係にあることはすでに報告されている⁹⁾。前項3で、求めた回帰係数の大きさは、開花速度を示すもので、同じ節から開花が始まっても係数が大きければ、開花が遅延することになり、開花期と同様に、収量とは負の関係を持つこととなる。実際に回帰係数と小豆の子実重との関係はFig. 2に示したとおりである。

「茶殻早生」で子実重と回帰係数との相関係数を求めると -0.822 で10%水準で有意であり、第3処理区を除くと -0.992 で1%水準で有意になる。「宝小豆」では2つの群に分けることができ、自然温度区と第1処理区、第2処理区の間では相

関係数は 1.000 となる。「円葉1号」は全体をこみにして -0.621 と有意性はみられない。

「茶殻早生」の第3、第4処理区、「宝小豆」の第3、第4処理区、「円葉1号」の第4処理区は減数分裂期にあたっていて¹²⁾、収量に及ぼす影響としては開花の遅延によるもののほかに、平均1英粒数の減少、着実数の減少など、収量決定要素への影響があつて⁹⁾、収量を予想以上に減少させたものと考えられる。「円葉1号」については収量が分枝に依存する割合が大きく、主茎の開花について計算した回帰係数の大きさと収量との関係ははっきりしない。

このように小豆の開花の時期は温度の高低、日照時間の長短等の環境因子により変動することはよく知られている¹³⁾¹⁴⁾。しかし、これらの条件のもとで開花順序や開花速度の変化についての研究はない。この実験で生育時期別に 15°C 、12日間の低温処理によっても開花順序は変わらなかった。小豆の開花順序は発生的に定まっていた、低温によって変化するものとは思われない。

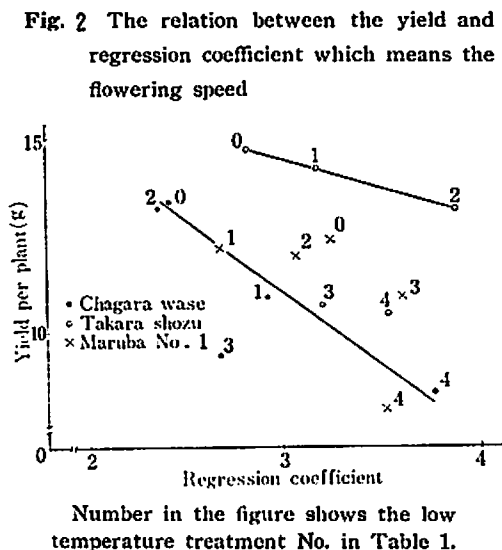
主茎の開花節位(x)と開花期(y)の関係を直線回帰方程式で表わすと回帰係数は開花の速度を表わし、これは収量と高い負の相関を示した。しかし分枝の多い「円葉1号」では相関関係がやや低くなった。「茶殻早生」、「宝小豆」については減数分裂期の 15°C 低温処理を除けば開花の速度から収量の予測が可能となる。この減数分裂期にかかる12日間 15°C 低温処理区では、平均1英粒数、着実数の減少があつて⁹⁾、回帰係数から推定される収量以上に減収が大きくなる。

摘 要

小豆の開花順序と開花速度について自然温度区と各生育時期における 15°C 、12日間処理区の小豆について調査した結果次のことが明らかとなった。

1) 小豆の開花順序は、主茎および分枝で、下部節位から上部節位に向かって、ある一定の間隔をもって進み、開花節位(x)と開花期(y)の間の関係は直線回帰方程式 $y=ax+b$ をもって示すことができた。

2) 小豆の自然温度区における開花速度には品



種間差があり、「茶殻早生」が早く、「宝小豆」、「円葉 1 号」はそれに比べて遅かった。

3) 各生育時期における 15°C 温度処理は、開花順序に対する影響はみられないが、開花の速度を変え、品種によりその反応は異なった。

4) 小豆の開花期と収量の間では負の関係があり、低温処理を行なった小豆の主茎について求めた回帰係数と収量の間には減数分裂期を中心とした低温処理を除いて有意に高い負の相関を示した。

引用文献

- 1) 小林 実, 1952; 落花生の開花順次, 日作紀, 21: 3~4, 278—279.
- 2) 中山 包, 1941-a; 稲の穂上に於ける花の発育と開花順序との関係に就て(予報), 農及園, 16: 7, 1224—1226.
- 3) ———, 1941-b; 同上(予報) 2, 農及園, 16: 8, 1389—1391.
- 4) 野村信史, 1962; 小豆の生育ならびに開花, 結実に及ぼす低温の影響(予報), 北農, 31: 4, 1—3.
- 5) ———, 浅沼興一郎, 佐藤久泰, 1965; 小豆, 菜豆, 豌豆の短日処理に対する反応の品種間差, 北農, 32: 7, 7—11.
- 6) ———, 1965; 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, 日本作物学会第 140 回講演会講演要旨(日作紀 34: 3).
- 7) ———, 1968; 同上, 第 II 報 開花を中心にしての前後の低温と粒の肥大との関係, 日本作物学会第 146 回講演会講演要旨(日作紀 58: 1).
- 8) ———, 1969; 小豆の結実率に及ぼす低温処理の影響についての一考察, 北農, 36: 2, 41—45.
- 9) 農林省帯広統計調査事務所, 1967; 十勝における主要作物の作柄判断, 16.
- 10) 佐藤久二, 1955; 棉の開花順序について, 農及園, 30: 6, 851—852.
- 11) 高橋良直, 1917; 小豆に関する形態的および遺伝的研究, 北農試報告, 7, 18.
- 12) 田崎隆郎, 1957; 小豆の生殖生理に関する研究 I. 花芽分化並びにその発育, 日作紀, 25: 3, 161—162.
- 13) ———, 1965; 小豆感光性の品種間差異とその分類, 日作紀, 36: 1, 14—19.
- 14) ———, 木間 久, 1965; 小豆の感温性の品種間差異, その検定方法についての考察, 日作紀, 36: 1, 20—24.

Summary

Early flowering is one of the desirable characteristics in considering the Adzuki bean culture in the cold area of East Hokkaido such as Tokachi and Abashiri districts. In this experiment, three varieties of Adzuki bean were tested with the phytotron at Memuro in 1963. The order and speed of flowering were observed under the natural temperature and low temperature of 15°C at four growing stages from seeding to flowering for 12 days, respectively (Table 1). The authors studied the varietal difference and the effects of low temperature on the flowering speed. Obtained results were summarized as follows:

1) The flowers on the main stem and branches opened from lower nodes to the higher nodes in successive order. The relationship between the position of the node (x) and the flowering date (y) were shown as a linear regression equation, $y=ax+b$, where the value of a denotes the flowering speed.

2) At the natural temperature, the varietal difference of flowering speed was found, namely, "Chagara wase" was fastest, and "Takara shodzu" and "Maruba No. 1" were rather slow.

3) At various growing stages, the flowering order was totally unaffected by the low temperature, but the flowering speed was greatly influenced. The difference of varietal responses to the flowering speed was remarkable.

4) Generally speaking, the relation between the flowering date and the yield was

highly negative. Especially, negative correlations were found between the flowering speed (the value of regression coefficient a) on the main stem and the three growing

stages except in the meiotic division (Fig. 1). These results suggest that information on the yield of Adzuki bean may be calculated by knowing the flowering speed.