

りんごの満開期と果実の発育予測に関する研究

峰 岸 恒 弥†

STUDIES ON THE PREDICTION OF FULL BLOOM TIME AND FRUIT DEVELOPMENT IN APPLE

Tsuncya MINEGISHI

りんごの満開期の早晩に及ぼす温度条件として、いつの気温がどの程度影響するか、また収穫量を推定する目的で、時期別の果実の大きさと収穫期の果実の大きさの関係、および各月の気象とその月の果実発育量との関係について検討した。北海道における満開期の予測について、最も重大な時期として4月上旬から開花期直前1か月間の積算温度の計算法と、さらに収穫期の果実の大きさは、6月30日の果実の発育量を測定することによって推定できることを明らかにした。

I 緒 言

ここ20数年間の空知地方における、りんごの不作あるいは凶作⁹⁾の主原因は、気象および病害虫の発生であり、特にモニリヤ病による被害が最も大きく、発生年数も多い。しかし、ここ3~4年間はモニリヤ病に対する防除効果の高い画期的な農薬の出現と、集団による徹底防除が功を奏して、その被害はほとんどなくなった。この反面、強力な殺虫剤の連用過用散布による訪花昆虫の極端な減少、開花時期の異常気象等による結実不良となる年数が多くなっている。このような現状から、養蜂を導入して授粉を行ない結実の確保に努めているが、その導入は本州からの輸送であることから、的確な開花期を予測する必要がある。

りんごの開花期を的確に予測しうようになれば、一般栽培管理上の作業計画に好都合のみならず、病害虫防除の適期は握と結実確保により、生産安定に資するところが大きい。

一方、一般栽培で収穫期における果実の大きさは品質に影響するばかりでなく、生産量につながるものであり、できる限り早い時期にそれを予測

できれば、計画的な出荷・販売に役立ち、営農計画の作成上参考となることが多い。りんごの生産予測法について福島¹⁰⁾はりんごの生産を支配する要因を解析し、これを基本として生産量予測法を論じている。果実の発育に影響を及ぼす大きな要因としては、気候土質であるが、栽培技術による影響も大きい。すなわち結果枝の長さ¹¹⁾、1果当たりの果そうの葉数、種子数の多少¹²⁾¹³⁾、結果母枝の傾斜角度¹⁴⁾、および枝齡¹⁵⁾、あるいは開花期の早晩¹⁶⁾¹⁷⁾など生態的な要因との関連が深いことが知られている。

本報告は満開期に影響を及ぼす温度条件を究明し、予測時期、正確度さらに満開期の早晩と果実発育の関係、果実の時期的大きさと収穫期の大きさの関係を明らかにして、りんご栽培の安定に資することを目的としたものである。

本研究の実施とりまとめに当たりて指導くださった中央農業試験場園芸部長、赤羽紀雄博士ならびにご協力をいただいた小賀野隆一研究職員、館下定男技師（現空知北部地区農業改良普及所）に深く謝意を表する。

II 試験方法

1. 試験場所および年次

空知郡江部乙町、中央農業試験場江部乙りんご

† 中央農業試験場

試験地は場において、1959年より1968年まで行なった。

2. 供試品種と樹齢

樹齢25年生（1959年当時）の品種「旭」および「国光」の同一樹について調査した。果実の体積は球形と仮定し、次の算式を用いた。

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

V = 果実体積

$$r = (\text{横径} + \text{縦径}) \frac{1}{4}$$

3. 気象観測

1959年より1962年までは、岩見沢測候所江部乙区内観測所の露場観測値によった。1963年以降は試験場所は場の露場観測値である。試験場所と江部乙区内観測所の周囲には、同品種、同樹齢のなし「身不知」の樹があり、発芽から落花に至る生育経過は全く一致しており、両地点の気温はかなり類似しているものと思われる。

4. りんごの生態調査

りんごの生態調査は次の基準によった。

発芽期：頂芽の先端が破れ、青みの現われた芽が1樹当たり2～3芽認められたとき。
展葉期：1樹当たり1葉正しい葉形が認められた

とき。

開花始め：1樹当たり2～3花開花したとき。

満開期：中心花および側花が70～80%開花したとき。

落花期：中心花および側花が70～80%落花したとき。

III 試験結果

1. 開花期の予測

(1) 開花期

「旭」および「国光」の年次別開花状況は、Table 1のとおりである。開花期の10か年平均値は「旭」では開花始めが5月22.1日、満開期が5月26.6日、落花期が6月2日であり、「国光」では、それぞれ5月26.3日、6月1.8日、6月7.7日であった。10か年間における満開期の最早と最晩の差は、「旭」16日間、「国光」14日間であり、年により著しい差がみられた。また10か年平均の開花始めから落花期までの日数は「旭」12日間、「国光」13日間であり、その最長日数は両品種とも15日間であった。

Table 1 Bloom time of McIntosh Red and Ralls Janet apples at Ebeotsu Apple Branch Station for 10 years

Year	McIntosh Red				Ralls Janet			
	Bloom beginning date	Full bloom date	Petal fall date	From bloom beginning to petal fall (days)	Bloom beginning date	Full bloom date	Petal fall date	From bloom beginning to petal fall (days)
1959	May 17	May 21	May 27	11	May 23	May 29	June 4	13
1960	May 30	June 4	June 10	12	June 4	June 10	June 17	14
1961	May 22	May 27	June 2	12	May 26	June 1	June 8	14
1962	May 15	May 20	May 26	12	May 21	May 27	June 3	14
1963	May 21	May 25	May 31	11	May 24	May 30	June 7	14
1964	May 21	May 27	June 2	13	May 23	May 31	June 6	15
1965	May 31	June 5	June 11	12	June 2	June 10	June 14	13
1966	May 27	May 29	June 6	11	May 29	June 5	June 11	14
1967	May 20	May 23	May 29	10	May 23	May 29	June 2	11
1968	May 17	May 23	May 31	15	May 26	June 1	June 5	11
(days)	± 1.6	± 1.7	± 1.7	± 0.4	± 1.5	± 1.6	± 1.6	± 0.4
Average	May 22.1	May 26.6	June 2.0	11.9	May 25.3	June 1.8	June 7.7	13.3
Extent	May 17 ~May 31	May 20 ~June 5	May 26 ~June 11	10~15	May 21 ~June 4	May 27 ~June 10	May 2 ~June 17	11~15
Difference (days)	14	16	16	5	14	14	15	4

(2) 開花期間の長短と気温の関係

開花期間中の最高気温の平均、および平均気温と開花期間との関係を Table 2 に示した。開花期間の長短は、開花期中の最高気温および平均気

温と密接に関係し、強い相関関係のあることが認められた。(すなわち開花期中の気温が高ければ開花期間は短縮され、逆に気温が低い場合は開花期間が長びく結果を示すものである)

Table 2 Relation between days from bloom beginning to petal fall and air temperature of its period in McIntosh Red apples

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	Correlation coefficient (r)
Mean of daily Max. temp. (°C)	22.4	16.5	18.6	17.6	19.5	17.7	19.0	19.4	22.8	15.1	- 0.847**
Mean of daily Mean temp. (°C)	16.9	15.0	13.0	13.7	14.1	13.7	13.7	14.5	15.8	10.5	- 0.836**
Bloom beginning to petal fall (days)	11	12	12	12	11	13	12	11	10	15	

** Significant at 1% level

(3) 満開期に影響を及ぼす時期

満開期に影響を及ぼす気温の初めの時期について検討を加えた。用いた気温は、斎藤¹⁰⁾によれば、1月1日以降開花直前まで、最高気温6℃以上の日について、最高気温から6℃を引いた積算温度が、開花期の早晩と密接に関係のあることを認めており、筆者もこれと同様な積算方法を用いた。本調査地においては、1月、2月の日最高気温が6℃以上に達した日は過去10年間全くなかった。したがって3月1日以降の気温で検討し

た。3月1日を起点とした積算温度は Table 3 に示すとおりで、一定期間における積算温度は年による差がきわめて大きい。積算温度と満開期の関係を検討した結果は Table 4 のとおりである。温度の積算期間が長いほど温度の積算値が高くなることは当然で、満開期の早晩に及ぼす影響も強くなる。3月の温度積算値がきわめて少ないことからみて、満開期の早晩に影響する気温は、4月中旬以降が大きく関係し、3月はほとんど影響していないものと考えられる。

Table 3 Accumulated temperatures for constant periods started from March 1

Year	March 1 to March 20	March 1 to March 31	March 1 to April 10	March 1 to April 20	March 1 to April 30	March 1 to May 10	March 1 to May 20
1959	0	10.8	86.6	122.0	245.8	358.6	483.0
1960	0.8	0.8	13.0	30.6	79.4	176.5	265.5
1961	0	0	5.5	44.6	134.6	242.4	347.1
1962	0	0	24.4	96.8	214.0	323.4	450.2
1963	7.3	13.7	35.4	96.1	173.1	264.1	402.3
1964	0	5.7	26.5	94.4	120.2	245.3	376.0
1965	0	0	8.8	33.3	59.5	137.9	255.5
1966	4.8	5.4	15.6	28.6	85.1	168.2	274.0
1967	1.7	6.8	10.9	47.9	138.1	266.3	367.0
1968	3.3	10.9	31.2	107.4	196.1	317.1	425.9
Mean	1.3	5.4	25.8	70.2	144.6	250.0	360.2

Temperature reduced 6°C from the maximum one over 6°C

Table 4 Relation between accumulated temperature for the indicated periods which start March 1 and full bloom date

Year	Full bloom date		Accumulated temperatures						
	McIntosh Red	Ralls Janet	March 1 to March 20	March 1 to March 31	March 1 to April 10	March 1 to April 20	March 1 to April 30	March 1 to May 10	March 1 to May 20
1959	May 21	May 29	0	10.8	86.6	122.0	245.8	358.6	483.0
1960	June 4	June 10	0.8	0.8	13.0	30.6	79.4	176.5	265.5
1961	May 27	June 1	0	0	5.5	44.6	134.6	242.4	347.1
1962	May 20	May 27	0	0	24.4	96.8	214.0	323.4	450.2
1963	May 25	May 30	7.3	13.7	35.4	96.1	173.1	264.1	402.3
1964	May 27	May 31	0	5.7	26.5	94.4	120.2	245.3	376.0
1965	June 5	June 10	0	0	8.8	33.3	59.5	137.9	255.5
1966	May 29	June 5	4.8	5.4	15.6	28.6	85.1	168.2	274.0
1967	May 23	May 29	1.7	6.8	10.9	47.9	138.1	266.3	367.0
1968	May 23	June 1	3.3	10.9	31.2	107.4	196.1	317.1	425.9
Correlation Coefficient (r)	McIntosh Red		- 0.073	- 0.482	- 0.537	- 0.758*	-0.912**	-0.935**	-0.927**
	Ralls Janet		- 0.062	- 0.432	- 0.393	- 0.659*	-0.783**	-0.836**	-0.846**

Temperature reduced 6°C from the maximum one over 6°C

*, ** Significant at 5 and 1% level respectively

(4) 満開期の早晩と積算温度

最高気温 6°C 以上の日について、最高気温から 6°C を引いた温度の積算期間を 1 か月に限定して、どの時期の気温が満開期と密接に関係するかを検討した。1 か月別の積算温度は Table 5 に

示すとおりであり、この積算温度と満開期との関係は Table 6 のとおりである。

これによると、満開期の早晩に及ぼす影響は、4 月 21 日から満開期に接近するほど大きいことが認められた。したがって空知地方の場合は、4

Table 5 Accumulated temperatures for various 30 days

Year	March 11 to April 10	March 21 to April 20	April 1 to April 30	April 11 to May 10	April 21 to May 20
1959	86.1	121.5	235.0	271.2	361.0
1960	12.8	29.8	78.6	163.5	234.9
1961	5.5	44.8	134.6	236.9	302.5
1962	24.4	96.8	214.0	299.0	353.4
1963	35.4	88.8	159.4	228.7	306.2
1964	26.5	94.4	114.5	218.8	281.6
1965	8.8	33.3	59.5	129.1	222.2
1966	10.8	23.2	79.7	152.6	244.6
1967	10.1	46.2	131.3	255.4	319.1
1968	31.2	104.1	185.2	285.9	318.5
Mean	25.2	68.3	139.2	224.1	294.1
Extent	5.5~86.1	23.2~121.5	59.5~235.0	129.1~285.9	222.2~361.0
Difference	80.6	98.3	175.5	156.8	138.8

Table 8 Relation between full bloom date and accumulated temperatures for various 30 days

Year	Full bloom date		Accumulated temperatures				
	McIntosh Red	Ralls Janet	March 11 April 10	March 21 April 20	April 1 April 30	April 11 May 10	April 21 May 20
1959	May 21	May 29	86.1	121.5	235.0	271.2	361.0
1960	June 4	June 10	12.8	29.8	78.6	163.5	234.9
1961	May 27	June 1	5.5	44.6	134.6	236.9	302.5
1962	May 20	May 27	24.4	96.8	214.0	299.0	353.4
1963	May 25	May 30	35.4	88.8	159.4	228.7	306.2
1964	May 27	May 31	26.5	94.4	114.5	218.8	281.6
1965	June 5	June 10	8.8	33.3	59.5	129.1	222.2
1966	May 29	June 5	10.8	23.2	79.7	152.6	244.6
1967	May 23	May 29	10.1	46.2	131.3	255.4	319.1
1968	May 23	June 1	31.2	104.1	185.2	285.9	318.5
Correlation Coefficient (r)	McIntosh Red		- 0.540	- 0.753*	- 0.908**	- 0.938**	- 0.964**
	Ralls Janet		- 0.400	- 0.655*	- 0.869**	- 0.874**	- 0.906**

Temperature reduced 6°C from the maximum one over 6°C

*, ** Significant at 5 and 1 % level respectively.

月中旬から開花期直前までの積算温度によって満開期を予測することが最も正確度が高いといえる。

(5) 積算温度と満開期

これまでの気温の積算法として、最高気温から 6°C を引いた積算温度を用いたが、本調査地において以上のような積算方法を採用すると、3 月中に 6°C を越す年は 10 年間に 4 度である。

以上のことから、積算温度の高さと満開期の関係を検討するにあたっては、4 月 1 日を起点としたのである。気温の積算方法を次の 5 種とした。

a 最高気温 8°C 以上の日について、最高気温から 8°C を引いた温度を積算する。

b 最高気温 7°C 以上の日について、最高気温から 7°C を引いた温度を積算する。

c 最高気温 6°C 以上の日について、最高気温から 6°C を引いた温度を積算する。

d 最高気温 5°C 以上の日について、最高気温から 5°C を引いた温度を積算する。

e 最高気温 0°C 以上の日について、最高気温を積算する。

以上 5 種の各年における一定の時期別積算温度

と満開期との相関係数を求めると Table 7 のとおりである。

これによれば、「旭」、「国光」とともに、いずれの時期においても、0°C 以上の場合には関係が低く、5°C 以上 8°C 以上までを用いた場合に関係が高い。特に 6°C 以上、7°C 以上および 8°C 以上の 3 種で相関が高い。したがって空知地方においては、府県でいうように 6°C という気温に必ずしも拘泥しなくてもよい。

(6) 満開期の予測

最高気温の積算法別による満開期との関係を Table 8, Fig 1 に示した。過去 10 年間の満開時期をみると、最も早い時期は「旭」5 月 20 日、「国光」5 月 27 日であり、満開期の平均は「旭」5 月 26 ~ 27 日、「国光」6 月 1 ~ 2 日である。満開期の予測にあたっては、その平均時期よりも、最も早い時期を目標とし、さらにこれよりも 7 ~ 10 日前に予測することが実用上からみて必要である。以上のことから、満開期を予測する気温の積算期間は、「旭」4 月 1 日より 5 月 10 日まで、「国光」4 月 1 日より 5 月 20 日までの期間とすることが妥当と思われる。

Table 7 Relation of accumulated temperatures calculated with various base temperatures to full bloom date in McIntosh Red and Ralls Janet apples

Year	Full bloom date		Accumulated temperatures above					
			8 °C			7 °C		
	McIntosh Red	Ralls Janet	From April 1 to May 20	From April 1 to May 10	From April 1 to April 30	From April 1 to May 20	From April 1 to May 10	From April 1 to April 30
1959	May 21	May 29	382.6	277.4	185.4	427.6	312.4	210.4
1960	June 4	June 10	193.9	124.9	47.8	227.4	148.4	61.3
1961	May 27	June 1	267.9	183.0	95.2	305.2	210.3	112.5
1962	May 20	May 27	358.5	251.7	162.3	404.2	287.4	188.0
1963	May 25	May 30	300.4	182.2	111.4	346.8	216.4	135.4
1964	May 27	May 31	285.3	174.7	69.6	326.0	205.3	90.2
1965	June 5	June 10	185.3	87.7	29.3	219.9	112.3	43.9
1966	May 29	June 5	193.4	108.4	45.1	229.6	134.6	61.5
1967	May 23	May 29	285.3	204.6	96.4	321.6	231.2	113.0
1968	May 23	June 1	323.1	234.3	133.3	369.0	260.2	159.2
Correlation McIntosh Red			— 0.928 ^{**}	— 0.929 ^{**}	— 0.903 ^{**}	— 0.927 ^{**}	— 0.934 ^{**}	— 0.906 ^{**}
Coefficient Ralls Janet (r)			— 0.853 ^{**}	— 0.822 ^{**}	— 0.772 ^{**}	— 0.848 ^{**}	— 0.843 ^{**}	— 0.775 ^{**}

Accumulated temperatures above

6 °C			5 °C			0 °C	
From April 1 to May 20	From April 1 to May 10	From April 1 to April 30	From April 1 to May 20	From April 1 to May 10	From April 1 to April 30	From April 1 to May 20	From April 1 to April 30
472.2	347.0	235.0	520.2	385.0	263.0	767.4	410.2
264.7	173.8	78.6	306.1	207.1	100.0	643.8	337.6
347.1	241.6	134.6	391.6	276.9	159.1	733.6	401.1
450.2	323.4	214.0	392.2	255.8	241.3	745.4	389.5
388.6	250.4	159.4	432.6	284.4	183.4	672.1	322.9
370.3	239.6	114.5	416.6	275.9	140.8	659.4	291.4
255.5	137.9	59.5	291.5	163.9	75.5	574.2	201.4
268.6	160.8	79.7	306.8	191.8	98.7	537.2	229.7
360.2	274.3	131.3	407.6	296.9	158.7	655.5	306.6
415.0	306.2	185.2	462.8	344.0	213.0	706.0	362.6
— 0.926 ^{**}	— 0.941 ^{**}	— 0.908 ^{**}	— 0.819 ^{**}	— 0.797 ^{**}	— 0.912 ^{**}	— 0.719 [*]	— 0.657 [*]
— 0.846 ^{**}	— 0.854 ^{**}	— 0.869 ^{**}	— 0.761 [*]	— 0.722 [*]	— 0.793 ^{**}	— 0.654 [*]	— 0.561 [*]

*, ** Significant at 5% and 1% level respectively

2. 果実の発育予測

(1) 果実の月別発育量

各年における果実の月別発育状況を Table 9 に示した。9 か年平均の月別果実の発育量は「旭」、「国光」とも、8 月が最も大きく、肥大の最盛期ともいえる。つまり「旭」は全発育量に対して 38 %、「国光」では 34 %である。8 月については 9 月であり、「旭」は全発育量の 32 %、「国光」は 26 %である。8 月と 9 月の 2 か月間で果実の発育量は、全発育量に対して「旭」70 %以上、「国光」60 %以上に達した。「旭」および「国光」とも、開花後から 6 月末までの発育量が最も少なく、全発育量の 5 %程度である。

(2) 各月の果実の大きさと収穫期の大きさ

「旭」および「国光」とも、7 月 1 日の果実の大きさと収穫期の大きさの間には、有意な関係が存在し、一方収穫期の大きさと 6 月中を含む各月におけるそれとの相関の強さは、収穫期に接近した月の果実の大きさほど、収穫期の果実の大きさに強い相関のあることは当然であるが、一応 Table 10, 11 では収穫期の果実の大きさの程度は、7 月 1 日の果実の大きさを測定することによって推定できることを示したものである。

(3) 満開期の早晚および満開後 6 月 30 日までの積算温度と 7 月 1 日の果実の大きさの関係

各月の果実の大きさと収穫期の大きさに関係のあることは、前項で示したとおりであるが、すでに 7 月 1 日における果実の大きさと収穫期の大きさとの間にも関係が存在するということは、果実の初期発育の良否が、収穫期における果実の大きさの程度にかなり大きい影響を与えていることになろう。そこで、満開期の早晚および満開後 6 月 30 日までの積算温度が、7 月 1 日までの果実の発育にいかなる影響を与えているかについて検討を加えた。積算温度と果実の関係については、気温の積算方法を次の 3 種にして検討した。

a 満開期から 6 月 30 日まで、毎日の最高気温を積算する。

b 満開期から 6 月 30 日まで、毎日の平均気温を積算する。

c 満開期から 6 月 30 日まで、毎日の最低気温を積算する。

以上の結果によれば、「旭」および「国光」とも、満開期の早晚と 7 月 1 日の果実の大きさとの間には有意な関係が認められた (Table 12)。また満

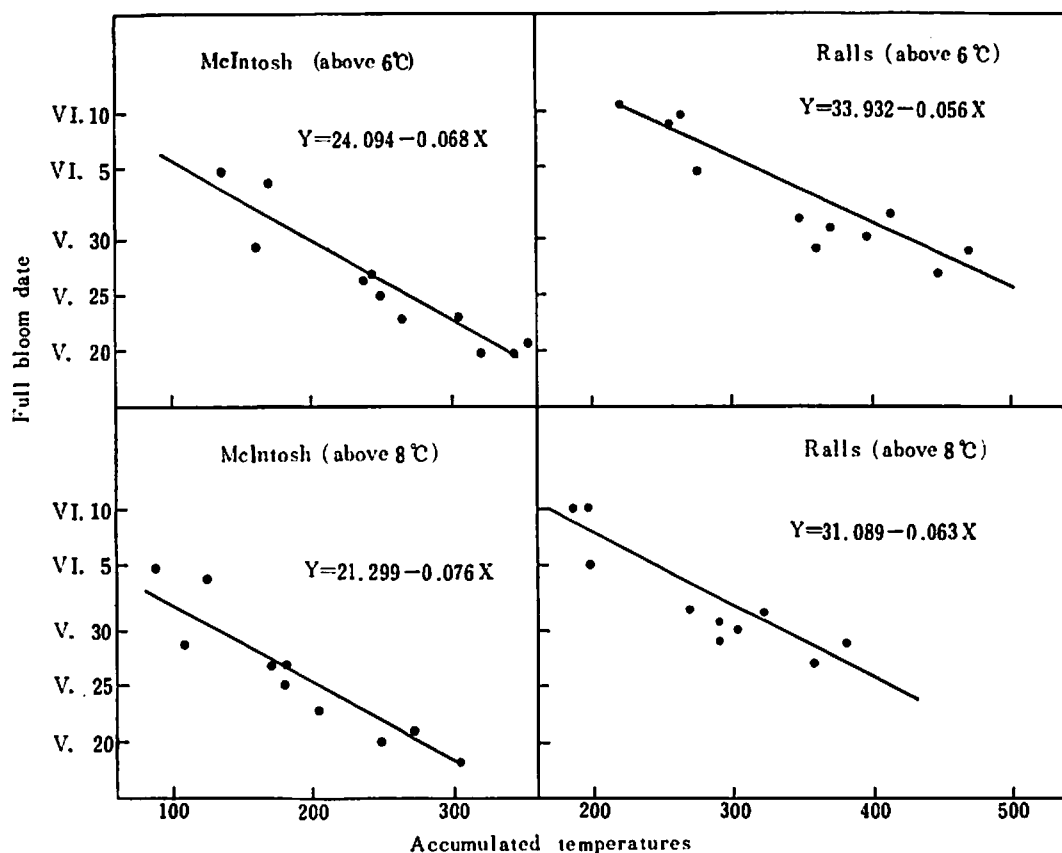
Table 9 Fruit volume (cm³) and its increment per month of McIntosh Red and Ralls Janet apples at various periods, 1959-1967

Year	McIntosh Red				Ralls Janet				
	July. 1	Aug. 1	Sept. 1	Oct. 1	July. 1	Aug. 1	Sept. 1	Oct. 1	Nov. 1
1959	15.07	69.63	151.50	217.72	13.85	45.50	103.32	138.83	167.49
1960	4.71	56.54	116.76	184.54	4.41	32.01	87.01	117.69	132.13
1961	14.29	77.04	165.66	233.40	12.05	46.12	103.18	143.74	166.02
1962	14.49	66.01	140.11	213.81	13.71	40.87	101.96	154.61	171.93
1963	10.19	71.70	167.85	230.20	8.78	37.45	85.33	125.40	147.75
1964	10.53	72.11	166.02	229.75	6.79	38.61	88.91	127.56	149.75
1965	5.77	55.11	145.06	224.35	2.66	31.29	78.58	116.47	147.41
1966	8.03	60.45	140.44	217.72	3.91	33.25	85.19	128.08	156.36
1967	10.24	55.21	113.33	165.29	7.06	32.62	27.92	120.85	148.43
Average Inc. per month (cm ³)	9.91	65.82	148.43	218.60	8.14	37.52	89.61	130.36	154.14
Inc. rate per month (%)	9.91	55.91	82.61	70.17	8.14	29.32	52.09	40.75	23.78
	4.5	25.6	37.8	32.1	5.3	19.1	33.8	26.4	15.4

Table 8 Relation between full bloom date and accumulated temperatures calculated with various base ones

Variety	Period of accumulating temperature	Base temperature (°C)	Correlation Coefficient (r)	Formula of predicting full bloom date
McIntosh Red	From			
	April 1 to April 30	0	- 0.657*	
	April 1 to May 10	5	- 0.797**	
	March 1 to May 10	6	- 0.935**	
	April 1 to May 10	6	- 0.941**	$Y = 24,094 - 0.068X$
	April 11 to May 10	6	- 0.938**	
	April 1 to May 10	7	- 0.934**	$Y = 22,865 - 0.073X$
	April 1 to May 10	8	- 0.929**	$Y = 21,299 - 0.076X$
Ralls Janet	April 1 to May 20	0	- 0.654*	
	April 1 to May 20	5	- 0.761*	
	March 1 to May 20	6	- 0.846**	
	April 1 to May 20	6	- 0.846**	$Y = 33,932 - 0.056X$
	April 21 to May 20	6	- 0.906**	$Y = 42,215 - 0.097X$
	April 1 to May 20	7	- 0.848**	$Y = 32,346 - 0.059X$
	April 1 to May 20	8	- 0.853**	$Y = 31,089 - 0.063X$

X : Accumulated temperature Y : Full bloom date which starts May 20.

Fig. 1 Relation between accumulated temperatures calculated with various base ones and full bloom date in McIntosh Red and Ralls Janet apples

(From April to May 10 in McIntosh and from April 1 to May 20 in Ralls Janet)

Table 10 Relation between size of McIntosh Red apples at various periods and size at harvest (ultimate size)

Year	Fruit volume (cm ³)			
	Harvest time (Oct. 1)	July. 1	Aug. 1	Sept. 1
1959	217.72	15.07	69.63	151.50
1960	184.57	4.71	56.54	116.76
1961	233.40	14.29	77.04	165.66
1962	213.81	14.49	66.01	140.11
1963	230.21	10.19	71.70	167.85
1964	229.75	10.53	72.11	166.02
1965	224.35	5.77	55.21	145.06
1966	217.72	8.03	60.45	140.44
1967	165.29	10.24	55.21	113.33
Correlation Coefficient (r)		0.701*	0.706*	0.899**

*, ** Significant at 5% and 1% level respectively

Table 11 Relation between size of Ralls Janet apples at various periods and size at harvest (ultimate size)

Year	Fruit Volume (Cm)				
	Harvest time (Nov. 1)	July 1	Aug. 1	Sept. 1	Oct. 1
1959	167.49	13.85	45.50	103.32	138.83
1960	132.13	4.41	32.01	87.06	117.69
1961	166.02	12.05	46.12	103.18	143.74
1962	171.93	13.71	40.87	101.96	154.61
1963	147.75	8.78	37.45	85.33	125.40
1964	149.19	6.79	38.61	88.91	127.56
1965	147.41	2.66	31.29	78.58	116.47
1966	156.36	3.91	33.25	85.19	128.08
1967	148.43	7.06	32.62	79.92	120.85
Correlation coefficient (r)		0.747*	0.775*	0.775*	0.899**

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively

Table 12 Relation between full bloom date and fruit size of McIntosh Red and Ralls Janet apples on July 1

Year	McIntosh Red		Ralls Janet	
	From full bloom to July 1 (days)	Fruit Vol. on July 1 (Cm ³)	From full bloom to July 1 (days)	Fruit Vol. on July 1 (Cm ³)
1959	41	15.07	33	13.85
1960	26	4.71	20	4.41
1961	35	14.29	30	12.05
1962	42	14.49	35	13.71
1963	37	10.19	32	8.75
1964	35	10.53	31	6.79
1965	25	5.77	20	2.66
1966	33	8.03	25	3.91
1967	39	10.24	33	7.06
Correlation Coefficient (r)	0.871**		0.825**	

** Significant at 1% level

開後 6 月 30 日までの積算温度と 7 月 1 日の果実の大きさとの間には、最低気温の積算温度と「旭」の果実の大きさとの間に有意な関係が存在しないほかは、他のいずれの気温の積算温度も「旭」および「国光」の果実の大きさとの間に有意相関が認められた。特に最高気温の積算温度との間に密接な関係が存在した (Table 13)。

(4) 気温および降水量と果実発育の関係

「旭」および「国光」について、7 月以降の各月の最高気温の積算温度および降水量と各月の果実の発育量の関係を調査した結果は、Table 14・15 のとおりで、各月の最高気温の積算温度・降水量との間には有意な関係が認められない。つまり 6 月中までの最高気温および平均気温と果実発育量とは関係するが、7 月以降の最高気温とそれとは関係しないということがいえる。

Table 13 Relation between summation of daily maximum, daily minimum or daily mean temperature from full bloom time to July 1 and the size of McIntosh Red and Ralls Janet apples on July 1

Year	Daily maximum				Daily mean				Daily minimum			
	McIntosh Red		Ralls Janet		McIntosh Red		Ralls Janet		McIntosh Red		Ralls Janet	
	Temp. Sum (°C)	Fruit Vol. (cm³)	Temp. Sum. (°C)	Fruit Vol. (cm³)	Temp. Sum. (°C)	Fruit Vol. (cm³)	Temp. Sum. (°C)	Fruit Vol. (cm³)	Temp. Sum. (°C)	Fruit Vol. (cm³)	Temp. Sum. (°C)	Fruit Vol. (cm³)
1959	896.8	15.07	706.7	13.85	681.3	15.07	542.7	13.85	515.2	15.07	423.2	13.85
1960	599.5	4.71	467.0	4.41	489.2	4.71	383.1	4.41	360.4	4.71	278.0	4.41
1961	768.6	14.29	671.6	12.05	569.5	14.29	506.3	12.05	429.7	14.29	380.4	12.05
1962	871.5	14.49	733.8	13.71	680.7	14.49	574.7	13.71	456.3	14.49	392.5	13.71
1963	750.4	10.19	650.9	8.75	591.8	10.19	512.5	8.75	415.1	10.19	370.8	8.75
1964	658.0	10.53	637.8	6.79	467.1	10.53	488.0	6.79	233.6	10.53	347.7	6.79
1965	559.0	5.77	487.8	2.66	416.7	5.77	355.8	2.66	311.3	5.77	266.3	2.66
1966	677.7	8.03	545.4	3.91	518.0	8.03	418.3	3.91	388.0	8.03	322.3	3.91
1967	806.5	10.24	656.6	7.06	637.0	10.24	527.5	7.06	523.3	10.24	184.0	7.06
Correlation Coefficient (r)	0.891**		0.926**		0.780*		0.905**		0.534		0.732*	

*, ** Significant at 5% and 1% level respectively.

Table 14 Relation between summation of daily maximum temperature and increment of fruit volume in McIntosh Red and Ralls Janet apples in each month

Year	July			August			September			October	
	Sum of daily Max. temp. (°C)	Inc. of fruit vol. (cm³)		Sum of daily Max. temp. (°C)	Inc. of fruit vol. (cm³)		Sum of daily Max. temp. (°C)	Inc. of fruit vol. (cm³)		Sum of daily Max. temp.	Inc. of fruit vol. (cm³)
		Mc-Intosh	Ralls		Mc-Intosh	Ralls		Mc-Intosh	Ralls		
1959	757.0	54.56	31.65	820.7	81.87	57.82	643.4	66.22	35.51	511.6	28.66
1960	788.2	51.82	27.60	877.0	60.22	55.05	675.0	67.78	30.63	466.3	14.44
1961	813.8	62.75	34.07	816.5	88.62	57.06	669.1	67.74	40.56	447.7	22.28
1962	782.8	51.52	30.16	737.5	74.10	61.09	641.2	73.70	52.65	421.4	17.32
1963	760.7	61.51	28.68	783.8	96.15	47.88	592.7	62.35	40.07	456.0	22.35
1964	688.1	61.58	31.82	736.9	93.91	50.31	567.3	63.73	38.65	392.5	21.63
1965	693.5	49.34	28.63	789.3	89.95	47.29	619.6	79.29	37.87	460.5	30.94
1966	703.9	52.42	29.34	765.2	79.99	51.94	585.3	77.28	42.82	480.7	28.28
1967	785.8	44.97	25.56	795.3	58.12	47.30	586.4	51.96	40.47	440.3	27.58
Correlation Coefficient (r)		0.003	0.014		0.429	0.347		0.379	0.015		0.415

Table 15 Relation between precipitation and increment in fruit volume of McIntosh Red and Ralls Janet apples in each month

Year	July			August			September			October	
	Precipitation (mm)	Inc. of fruit vol. (cm ³)		Precipitation (mm)	Inc. of fruit vol. (cm ³)		Precipitation (mm)	Inc. of fruit vol. (cm ³)		Precipitation (mm)	Inc. of fruit vol. (cm ³)
		McIntosh	Ralls		McIntosh	Ralls		McIntosh	Ralls		Ralls
1959	142.5	54.56	31.65	137.7	81.87	57.82	122.0	66.22	35.51	44.2	28.66
1960	66.1	51.82	27.60	46.0	60.22	55.05	47.7	67.78	30.63	25.4	14.44
1961	282.2	62.75	34.07	119.5	88.62	57.06	127.5	67.74	40.56	92.6	22.28
1962	133.1	51.52	30.16	292.3	74.10	61.09	137.3	73.70	52.65	99.5	17.32
1963	106.1	61.51	28.68	140.9	96.15	47.88	210.6	62.35	40.07	142.1	22.35
1964	116.1	61.58	31.82	162.8	93.91	50.31	123.9	63.73	38.65	83.5	21.63
1965	98.2	49.34	28.63	76.8	89.95	47.29	309.8	79.29	37.87	57.9	30.94
1966	102.4	52.42	29.34	186.9	79.99	51.94	208.7	77.28	42.82	78.8	28.28
1967	132.5	44.97	25.56	45.7	58.12	47.30	206.8	51.96	40.47	61.1	27.58
Correlation coefficient (r)		0.430	0.395		0.299	0.259		0.245	0.224		- 0.405

IV 考 察

積算温度と満開期との相関は、用いる最高気温とその積算期間の長短によって異なるが、いずれの積算方法をとっても、積算期間の長いほど、強くなる傾向が認められた。

本調査地における3月中に日最高気温が6℃以上に達する日が稀であることからみて、3月の気温が満開期の早晩に及ぼす影響はきわめて少ないものと判断される。したがって積算温度を求める時期の起点は、北海道においては4月1日でよいと考えられる。SISLER¹⁰⁾は「デリシャス」の開花期の早晩と気象の関係を調査し、2月1日以降最高気温43°F以上の日について、その積算温度の合計がおおよそ1,000°Fに達すると満開となり、気象の中では気温の影響が最も強く、晴れおよび曇りの日数、あるいは3月1日時の積雪量の多少などとは、ほとんど関係がないといっている。また斎藤¹⁰⁾は、3月下旬から4月下旬までの期間について、日最低気温0℃以上、日最高気温0℃以上、6℃以上および10℃以上の積算温度

と満開期との間の関係を調査した結果、最高気温6℃以上の気温を用いる場合の相関が最も強く、最低気温0℃以上の気温の場合が最も低く、最高気温10℃以上と0℃以上の場合はその中間であるとしている。筆者の結果もこれと同様な傾向にはあるが、積算する気温は、日平均気温よりも日最高気温を用いる方が望ましく、日最高気温が6℃以上、7℃以上8℃以上のうち、いずれの日最高気温を用いてもよいという結果になったが、積算期間が短く、その最高気温に達する日数が少ないほど計算上容易であることを考えれば、最高気温8℃以上の日を選ぶことが適当であろう。

なお気温以外に、満開期の早晩に影響を与えているものとしては、花芽の大小、結果枝の長さ、樹体の栄養状態等の生態的な要因との関係も考えられるので、これら生態的な要因との関係については今後の試験によって明らかにしたい。

一方、果実発育について、福島⁹⁾によると、果実の月別発育量は8月が最も大きく、全発育量の30%を占め、ついで9月、7月、10月の順であり、開花期から6月30日までの発育量は全発育

量に対して、「紅玉」11%、「国光」8%であると報じている。月別の発育量順位は筆者の結果と一致するが、月別の発育量の割合は若干相違している。これは調査地の気象条件や開花期が異なるので当然の結果であろう。

各時期の果実の発育量と収穫期の大きさとの関係について、BATJER ら²⁾ はりんご「Winesap」を用い、満開後35日目の果実の大きさと収穫期の大きさとの間には高い相関があると報告している。筆者の場合の7月1日は満開後から30～35日であり、BATJER らの結果と全く一致している。したがって、収穫期における果実の大きさは、果実の発育初期、すなわち7月上旬までの発育量の多少に大きく影響されるものである。宮下ら³⁾は、果実の生育期間が一定であっても開花期が異なる場合には、果実の重量が同一であるという期待は少なく、果実の発育量は単なる生育日数との関係ばかりでなく、開花期の早晚それ自体と強く関係しており、開花期の早い果実ほど発育量が大きいと報じている。筆者の結果においてもこれと全く同様であるが、さらに満開後6月下旬までの最高気温、あるいは平均気温の積算温度の多少が果実の発育量に関係し、この積算温度が高ければ果実の発育に好影響を与える結果を示した。7月以降の最高気温および降水量と果実発育量との間には、ほとんど関係が認められない。福島⁴⁾によれば、7月以降の各月の最高気温と果実発育量との間には有意な関係がみられず、7月および8月の最高気温と果実発育量との間には負の相関があると報じ、本結果とやや相違した。これは本調査地の7月および8月の日最高気温の平均が23～25℃であるのに対し、福島⁴⁾の調査地はこれよりも数度高く、果実の発育適温が18～23℃であることから考えて、府県では夏期の最高気温が果実発育をかえって害し、これが負の相関となったと思われる。このことは北海道においても明瞭な関係がでてこなかったことによってもうなづける。

さて、果実発育の成績を総合すれば、6月30日までの果実の大きさと収穫期の果実の大きさと関係し、さらに満開期の早晚と6月30日までの

果実の大きさとが関係あることを示した。したがって、満開期の早晚によって収穫期の果実の大きさの推定がつきうることになり、宮下ら³⁾の報告と一致することを裏付けるものである。

本結果は気温および降水量と果実発育量との関係であり、その他果実発育に及ぼす要因についても今後検討が必要と考えられる。

V 摘 要

1959年より1968年までの10か年間、「旭」および「国光」の開花期と満開期の早晚に及ぼす気温、さらに果実発育と気温の関係について検討した。その結果を要約すれば次のとおりである。

1 満開期の平均は「旭」5月27日、「国光」6月2日であるが、年により著しい差がみられ、最早と最晩の差は「旭」および「国光」とも15日間内外である。

2 開花期中の気温と開花期間の長短とは強い相関が認められ、開花期中の気温が高ければ開花期間は短縮される。

3 3月1日を起点として10日間隔に一定期間をとり、その期間中の最高気温6℃以上の日について、最高気温から6℃を引いた積算温度と満開期の早晚との間には、4月10日以前の各期間を除いたほかは強い相関が認められた。同様な積算方法で3月11日以降、積算期間を1か月に限定した各期間中の気温と満開期の早晚との関係では、満開期に接近する期間、すなわち4月中旬から開花期直前までの積算温度が満開期の早晚に与える影響が強かった。

4 4月1日より5月上中旬までの期間中、最高気温0℃以上の日の積算、最高気温5℃以上、6℃以上、7℃以上、8℃以上の日について、それぞれ5℃、6℃、7℃、8℃を最高気温から引いた残りの積算温度と満開期との関係では、「旭」および「国光」両品種は、0℃以上を除くほかの積算温度とそれぞれ有意相関が認められたので、必ずしも6℃以上に拘泥せず、むしろ8℃以上を採用した方がよい。

5 果実の発育量は「旭」および「国光」とも8月が最も大きく、全発育量に対して「旭」は38

%,「国光」34%である。8月について9月、7月の順に発育量が大きい。

6 7月以降の各月の果実の大きさと収穫期の大きさとの間には有意な相関が認められ、6月30日までの果実の大きさを測定することによって、収穫期の果実の大きさを予測することができる。

7 満開期の早晚および満開後6月30日までの日最高気温および日平均気温の積算温度は6月30日の果実の大きさと有意相関が認められた。しかし7月以降の各月の最高気温の積算温度および降水量と、その月の果実の発育量との間には有意な関係が認められない。

参考文献

- 1) 青森県りんご試験場, 1955; 開花期の早晚と結実に関する試験, 昭和30年業務年報, 48.
- 2) BATJER, L. P., H. D. BILLINGSLEY, M. N. WESTWOOD, et al, 1957; Predicting harvest size of apples at different times during the growing season, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 70, 46-47.
- 3) 江部乙果樹協会, 1963; 江部乙りんごの歩み.
- 4) 江渡達男, 宮崎徳蔵, 1956; りんごにおける着果程度と果実の品質並に花芽形成との関係, 農林省農業改良局研究部, 昭和30年度果樹試験研究年報, 240.
- 5) 福島住雄, 1958; 果実の肥大, 着色, 落果防止, りんご栽培全書(森英男編).
- 6) ———, 1965; りんごの生産を支配する要因と生産予測に関する研究, 青森りんご試験報告, 9, 1—35.
- 7) 細貝節夫, 1961; 花摘みと摘果, りんご栽培技術.
- 8) 宮下揆一, 相馬栄吉, 川村英五郎, 1962; りんごの生態と果実形質との関係, 第1報「旭」の生態と果重との関係, 北農試験報, 79, 5—11.
- 9) ———, ———, ———, 1963; ———, ———, 第2報「紅玉」および「デリシヤス」の生態と果重との関係, 北農試験報, 81, 1—6.
- 10) 斎藤泰治, りんごの生態学的研究, (未発表).
- 11) SISLER, G. P., and E. L. OVERHOLSER, 1944; Influence of climatic condition on date of full bloom of Delicious apple in the Wenatchee valley, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 43, 29-34.
- 12) 東城喜久, 遠山和幸, 1955; りんごの果枝及び花芽の状態と果実肥大との関係, 農林省農業改良局研究部, 昭和29年度果樹試験研究年報, 223.

Summary

Works on the relation of the temperature influenced to the full bloom date of apple varieties and the enlargement of fruit size, were done by using two varieties such as McIntosh Red and Ralls Janet. These data were picked up from the temperature for ten years, 1959 to 1968 results obtained were as follows:

(1) The average date of the full bloom was May 27 on McIntosh Red and June 2 on Ralls Janet but sometimes the remarkable difference in the full bloom date was found. Generally, there was the difference of 15 days in both varieties.

(2) A high correlation coefficient was shown between the temperature in the full bloom period and length of it. The higher the temperature, the shorter the length of the opening period.

(3) Except the constant period before April 10, there was a high correlation in the accumulated temperature added the leaved one, which was reduced 6°C from maximum temperature every ten days after March 1.

The accumulated temperature at the interval of a month after March 11, was related to the full bloom date. This relation was higher in coming closer to the bloom time.

(4) On the case of the maximum temperature above 0°C, 5°C, 6°C, 7°C and 8°C from April 1 to the beginning of May, the same calculation methods as (3) were used. According to the above results, there was all significant correlation except above 0°C. Therefore the maximum temperature above 6°C, did not always have to be used, but it is better to use the maximum temperature above 8°C. Because it is simpler in calculation than using the other temperature to

use 8°C.

(5) The degree of the growth of fruit size in the two varieties used was the highest in August. Its degree in August was 38 % on McIntosh Red, and 34 % on Ralls Janet in comparison with percentage of all growing processes. The rank of growth percentage in each month was September and July next to August.

(6) The significant correlation was found between the fruit size of each month after July and that of the harvest time. There-

fore if it would be wanted to know the yield at an early time, it would be able to presume the yield to some extent by measuring the fruit size at the end of June.

(7) A significant correlation was found between the full bloom date or the accumulation of maximum temperature till the end of June and the fruit size of the same time. But the accumulation of the maximum temperature and rainfall after July were not related to the fruit size of the same month.