農業気象 (*J. Agr. Met.*) 46 (3): 131–136, 1990

モモ、ニホンナシ産地の気候好適度の比較・評価の試み

高 谷 悟

(気象庁・沖縄気象台)

A Method for Evaluating Agroclimatic Suitability of Peach and Japanese Pear Cultivation Regions

Satoru TAKAYA

(Okinawa Meteorological Observatory, Japan Meteorological Agency)
1-15-15, Hikawa, Naha 900, Japan

Rain/temperature quotient (RQ) was calculated using monthly weather data for the growing period in order to take into consideration effects of seasonal variation in air temperature and rainfall on fruit production. The RQ dependence of yields of peach and Japanese pear in major fruit producing prefectures was approximately expressed by quadratic equation. It was found that the maximum yields of peach and Japanese pear are obtained at nearly 6 and 8 of RQ values, respectively.

A new agroclimatic index—climatic suitability index (CSI)—was introduced to evaluate agroclimatic suitability of individual prefectures for fruit cultivation. CSI was defined as a growing period mean of the deviation of monthly RQ from $RQ_{\max}$ which is the RQ at the maximum yield of fruit. Linear relationship was found between long-time average of fruit yield and CSI for major fruit producing prefectures, showing that CSI can be used to evaluate the agroclimatic suitability of each prefecture for fruit cultivation. Weather data were treated to make clear the spatial distribution of CSI over Japan. Major producing areas of peach and Japanese pear were found to locate in the area with CSI above 70–80. CSI distribution map is also applied to evaluate regions suitable for the cultivation of grape (European, North-China, and American species) apple, cherry, persimmon, chestnut, and so on.

Key words: Climatic suitability, Fruit cultivation, Japanese pear, Peach, Rain/temperature quotient.

キーワード: 雨量係数, 果樹栽培, 気候好適度, ニホンナシ, モモ

1. はじめに

わが国における果樹栽培の気候的にみた適地の条件については、『果樹農業振興特別措置法・施行規則』の制定(農林省; 1961)当時までは、各地方の年平均気温及び4～10月の合計雨量等により判断していた(小林; 1954, 永沢; 1958)。このような生育期間の合計雨量に

よる産地の気候比較では、①気温の比較的高い西南日本と夏でも冷涼な北日本では、蒸発散量あるいは必要水量に差がある影響が考慮されていない、②梅雨期の多雨と夏の少雨期など雨量の季節による偏り、過不足の影響が相殺されてしまう、などの問題があった。

これに対し、高谷(1965)は主要な果樹産地の気候をクライモグラフにより比較・解析した結果、栽培分布に関係深い気候条件として、雨量係数(RQ)と温量指数(WI)を組合わせて、果樹栽培のための気候区分を行っ

1989年7月26日 全国大会にて発表

1989年9月7日 受領, 1990年9月14日 受理

ている。

本研究では、果樹生産にとっての気候的適地の判定法をさらに改良するため、生育期間の気象要素の季節変化を考慮して、雨量係数の梅雨期の多雨、夏の少雨等による偏りの程度から、適地を判定する方法を考案した。これを用いて、モモ、ニホンナシの産地間の気候の好適度の比較・評価を試みたので報告する。なお、モモ、ニホンナシに限らず果樹には種類ごとに品種が多くあり、品種によって生態的特性や単位面積当りの平均的収量にも差がある等の問題もある。しかし、本報告は、果樹を植物として、種類ごとの大まかな気候的適地の判定及びその指標化を目指したものである。

2. 資料及び解析方法

(1) 解析資料

モモでは山梨、福島、長野、山形、岡山、香川、和歌山、新潟、愛知、宮城、ニホンナシでは鳥取、茨城、千葉、福島、長野、埼玉、栃木、新潟、福岡、愛知の主要生産10県について、農林水産省の作物統計(1975～1987)の栽培面積(結果樹)と収穫量から県平均の10a当り平均収量を求めた。一方、気象資料については最寄りの気象官署(各県の地方気象台、長野県では日本ナシ産地に近い飯田測候所)、及び全国の気象官署の気候資料{気象庁; 累年気候表(1971～1980)、気象庁年報(1981～87)、日本気候表(1951～1980)}を用いた。

(2) 解析方法

a) 雨量係数(RQ)

雨量係数(RQ)は、岩崎(1974)によれば、月雨量を月平均気温で除したものとされており、生育期間(4～10月)のRQは次式で求めた。

$$RQ = 1/n \sum R_i / T_i \quad (1)$$

ここで R_i 、 T_i は生育期間の*i*番目の月の月雨量(mm)と月平均気温(℃)、*n*は生育期間の月数(7)。

この式は前に示した高谷(1965)の式の定義と若干異なるが、結果はほぼ同じとなる。本報告では、産地によるRQの月別の変動の違いを解析するなどのため、月別の値を用いた。

生育期間の雨量の替りにRQを用いた理由は、月雨量が同じでも気温に高・低があれば、蒸発散量などに差がでてくるので、作物への影響は変わってくる。また、好適気候条件の表示法としても、生育期間の合計雨量よりも各地における値のずれが小さく、ほぼ一定になる(後述)などのためである。

b) 気候好適度指数(CSI)

モモ、ニホンナシの収量とRQの関係を調査・解析して、収量が最も多くなるRQ(RQ_{max})を求め、その値を

好適気候とみなして、それと各産地の気候を比較し、好適度の評価を試みた。すなわち、各産地の平年の気候について、生育期間の各月のRQの、 RQ_{max} に対する+・-の偏差の絶対値を総計し、好適気候からの偏りの程度から、好適度を求める指数(CSI)を考案した。

$$CSI = \{1 - 1/n \sum_{i=1}^n |(RQ_i / RQ_{max} - 1)|\} \times 100 \quad (2)$$

ここで、 RQ_i は生育期間の*i*番目の月のRQ、 RQ_{max} は収量最大時のRQ、*n*は生育期間の月数(4～10月で7)。

この指数を利用して、モモ、ニホンナシの産地の気候の好適度を定量的に比較し、また、モモ及びニホンナシの収量が最大となる RQ_{max} 、6及び8の場合のCSIを(2)式で全国について求めた。

3. 結果及び考察

(1) 収量と生育期間の雨量係数(RQ)の関係

モモ、ニホンナシの代表的生産県各3県の1975～1987年の収量とRQの関係をグラフにすると、Fig.1 a, bのようになった。モモ、ニホンナシともに、3県の収量レベルに数百～千数百kg/10aの差がある。しかし、RQと収量の間では、全体的にはFig.1に点線で示した2次曲線の関係が認められる。ただし、茨城県のニホンナシのように、年により曲線から約500～1000kg/10aもばらつく場合もある。

グラフの点線で示した各県の収量 Y (kg/10a)とRQの関係式を求めると次のような2次式が得られた。( )内は2次曲線に対する各年の収量の偏差の平均を示す。

$$\text{モモ: 山梨 } Y = 2450 - 110(RQ - 5.9)^2 (\pm 128)$$

$$\text{福島 } Y = 1850 - 50(RQ - 5.7)^2 (\pm 109)$$

$$\text{岡山 } Y = 1060 - 20(RQ - 5.5)^2 (\pm 59)$$

ニホンナシ:

$$\text{長野 } Y = 4100 - 50(RQ - 8.8)^2 (\pm 178)$$

$$\text{茨城 } Y = 3430 - 110(RQ - 7.3)^2 (\pm 254)$$

$$\text{鳥取 } Y = 2820 - 50(RQ - 7.5)^2 (\pm 195)$$

これらの式から、 RQ_{max} としては3県平均で、モモでは5.7、ニホンナシでは7.9となる。

このような2次式の関係は、羽生・内島(1970)や内島(1987)によって、北日本の水稻収量と出穂後40日間の日照時間、平均気温、あるいは作柄指数と7～8月の平均気温の間で求められている。また、中川(1982)は果樹について、作柄の変動は6～7月の多雨の影響が大きいことを示している。これらの例からみても、前述の2次式の関係は妥当と考えられる。

以上の解析から、モモ、ニホンナシの収量とRQの関係は、筆者が先に調査した生育期間の合計雨量の場合

Fig. 1. Relationships between fruit yield and rain/temperature quotient (RQ) in three major producing prefectures.

(高谷; 1989) と似た傾向ではあるが、 RQ の方が産地によるずれが小さい。関係式からは RQ_{max} としてモモで 5.7、ニホンナシで 7.9 が得られたが、グラフにばらつきがあることを考えると、モモとニホンナシの収量が最大となる年の RQ (RQ_{max}) は、近似的に次のようにおくことができる。

$$\begin{aligned} \text{モモ} & RQ_{max} \simeq 6 \\ \text{ニホンナシ} & RQ_{max} \simeq 8 \end{aligned}$$

(2) 収量と気候好適度指数 (CSI) の関係

モモ、ニホンナシの主要生産 10 県について、平年の気候における生育期間各月の RQ の RQ_{max} に対する +, - の偏差、偏差の幅を求めると、Table 1 のようになる。これらの値は各県の好適気候からの偏りの程度を示す目安になると考えられる。

Table 1 から、モモの場合、 RQ_{max} に対する各月の RQ の偏差幅は、上位 4 県では小さく下位の県で大きい傾向が認められる。下位の県で偏差幅が大きくなるのは + の偏差が大きい(雨量が多く、 RQ が大きくなる)ためであることが示されている。ニホンナシの場合は、 RQ 偏差幅は上位県と下位県でそれほど大きな差はないが、埼玉、栃木がやや小さく、長野、千葉でやや大きくなっている。

モモ、ニホンナシの主要生産 10 県の最近の平均収量 ($\text{kg}/10 \text{ a}$) と CSI の関係をグラフにすると、Fig. 2 a, b のようになった。

一部ずれの大きい県もあるが、全体としては収量と CSI はよい比例関係が認められる。収量 Y ($\text{kg}/10 \text{ a}$) と CSI の関係式を求めると、次のようになった。

$$\begin{aligned} \text{モモ} & Y = 31 \cdot CSI - 733 \quad (\pm 189) \\ \text{ニホンナシ} & Y = 63 \cdot CSI - 2315 \quad (\pm 166) \end{aligned}$$

モモの場合、岡山、香川 2 県でずれが大きい、これらの県は花崗岩の風化土壌で耕土の浅い傾斜地果樹園が多いことなどから、県平均収量が低いと考えられる。

日本ナシでは、長野県だけ CSI が小さい割に収量が高い。しかし、これは飯田測候所が伊那谷と木曽谷からの気流が合流する場所にあり、メッシュ降水量気候値(東京管区気象台; 1988)からみても、付近のニホンナシ産地に比べて雨量が多い場所にあること、また、伝統的に栽培技術のレベルが高く、園地が伊奈谷の河岸段丘で排水が良いことなどのためと考えられる。

これらの結果から、 CSI の考え方はモモ、ニホンナシ産地の気候の好適度を表すのに有効であると考えられる。

(3) 気候好適度指数 (CSI) の分布

モモ、ニホンナシの RQ_{max} をそれぞれ 6 と 8 とした場合 CSI の全国分布を求めると、Fig. 3 a, b のようになった。

Fig. 3 a をみると、 $RQ_{max} = 6$ とした場合の CSI が 80 以上のところは、香川、山梨、長野、福島、山形の各地方に限られる。70 以上のところは上記各地の他に、岡山、群馬、埼玉、宮城、青森、北海道・渡島、空知、十勝などの地方が加わる。

これらの各地は、モモのほか、比較的乾燥気候に適する欧州・華北原産系のブドウ(Wagner; 1974)、リンゴ、

Table 1 Monthly RQ , their deviations and ranges of growing season in normal year to maximum yield RQ ($RQ_{\max}$) for Peach and Japanese Pear.

	Month Prefecture	Apr.	May	June	July	Aug	Sep.	Oct.	Deviation		Range
									+	-	
Peach	{ $RQ_{\max}=6$ }										
	Yamanasi (Kofu)	6.8 +0.8	5.6 -0.4	7.0 +1.0	5.4 -0.6	5.0 -1.0	6.8 +0.8	7.3 +1.3	+3.9	-2.0	5.9
	Fukushima	6.4 +0.4	5.0 -1.0	6.2 +0.2	6.5 +0.5	5.0 -1.0	7.8 +1.8	7.4 +1.4	+4.3	-2.0	6.3
	Nagano	6.5 +0.5	5.1 -0.9	7.2 +1.2	6.3 +0.3	4.1 -1.9	6.3 +0.3	5.8 -0.2	+2.3	-3.0	5.3
	Yamagata	6.5 +0.5	4.6 -1.4	5.2 -0.8	7.2 +1.2	5.7 -0.3	6.1 +0.1	6.7 +0.7	+2.5	-2.5	5.0
	Okayama	9.2 +3.2	7.1 +1.1	8.7 +2.7	7.3 +1.3	3.7 -2.3	7.2 +1.2	5.8 -0.2	+9.5	-2.5	12.0
	Kagawa (Takamatsu)	7.9 +1.9	6.0 0	7.5 +1.5	5.8 -0.2	3.8 -2.2	8.6 +2.6	6.2 +0.2	+6.2	-2.4	8.6
	Wakayama	9.5 +3.5	7.3 +1.3	9.7 +3.7	6.6 +0.6	4.5 -1.5	8.6 +2.6	6.8 +0.8	+12.5	-1.5	14.0
	Niigata	8.9 +2.9	5.7 -0.3	5.9 -0.1	8.1 +2.1	6.0 0	7.2 +1.2	9.8 +3.8	+10.0	-0.4	10.4
	Aichi (Nagoya)	11.4 +5.4	9.0 +3.0	9.7 +3.7	8.5 +2.5	6.4 +0.4	9.2 +3.2	7.2 +1.2	+19.4	0	19.4
	Miyagi (Sendai)	8.2 +2.2	7.3 +1.3	9.1 +3.1	7.2 +1.2	6.4 +0.4	8.8 +2.8	8.1 +2.1	+13.1	0	13.1
Japanese Pear	{ $RQ_{\max}=8$ }										
	Tottori	9.4 +1.4	6.9 -1.1	8.2 +0.2	9.5 +1.5	5.0 -3.0	11.2 +3.2	8.6 +0.6	+6.9	-4.1	11.0
	Ibaraki (Mito)	9.5 +1.5	9.2 +1.2	8.9 +0.9	5.5 +2.5	5.1 -2.9	8.2 +0.2	10.1 +2.1	+5.9	-5.4	11.3
	Chiba	8.1 +0.1	5.3 -2.7	5.7 -2.3	4.8 -3.2	3.8 -4.2	7.1 -0.9	10.1 +2.1	+2.2	-13.3	15.5
	Fukushima	6.4 -1.6	5.0 -3.0	6.2 -1.8	6.5 -1.5	5.0 -3.0	7.8 -0.2	7.4 -0.6	0	-11.7	11.7
	Nagano (Iida)	13.8 +5.8	9.6 +1.6	12.2 +4.2	10.0 +2.0	7.3 -0.7	9.5 +1.5	9.1 +1.1	+16.2	-0.7	16.9
	Saitama (Kumagaya)	6.6 -1.4	6.8 -1.2	8.3 +0.3	5.8 -2.2	5.8 -2.2	8.6 +0.6	8.6 +0.6	+1.5	-7.0	8.5
	Tochigi (Utsunomiya)	9.1 +1.1	8.8 +0.8	9.8 +1.8	7.0 -1.0	7.7 -0.3	9.7 +1.7	8.7 +0.7	+6.1	-1.3	7.4
	Niigata	8.9 +0.9	5.7 -2.3	5.9 -2.1	8.1 +0.1	6.0 -2.0	7.2 -0.8	9.8 +1.8	+2.8	-7.2	10.0
	Fukuoka	10.2 +2.2	7.8 -0.2	12.4 +4.4	10.2 +2.2	6.5 -1.5	8.0 0	5.6 -2.4	+8.8	-4.1	12.9
	Aichi (Nagoya)	11.4 +3.4	9.0 +1.0	9.7 +1.7	8.5 +0.5	6.4 -1.6	9.2 +1.2	7.2 -0.8	+7.8	-2.4	10.2

オウトウなどの主要な産地である(気象庁観測部;1985)が、気候的にもよく適していることが示されている。また、これら以外の CSI 60~50 までのところでも、モモその他の散在的な栽培があるが、収量の年による変動が大きいことなどからも、気候の好適度はやや劣っていると考えられる。

Fig. 3b をみると、 $RQ_{\max}=8$ での CSI が 80 以上のところは $RQ_{\max}=6$ の場合よりかなり広くなり、愛媛、香川、岡山、大阪、奈良、愛知、長野(松本平)、群馬、栃木、埼玉、千葉、茨城、新潟(佐渡)、福島、山形、宮

城、青森(八戸)、北海道・渡島、胆振、日高、十勝の地方となる。70 以上は九州南部、四国、近畿・東海・房総の太平洋沿岸、中部山岳地帯の多雨地方を除き、ほぼ全国的に広がる。これら各地はニホンナシのほか、カキ、米国原産系のブドウ、クリなどの産地が分布しており、換言すれば、これらが日本の気候によく適していることを示していると考えられる。ここで注目すべきことは、千葉、長野県(伊那谷)地方はニホンナシの代表的産地であるが、 CSI はそれぞれ 72 と 70 で、気候的にはやや劣っているとみられることである。これは千葉では 7、8

Fig. 3. Distribution maps of climatic suitability index (CSI) in cases of (a) $RQ_{\max} = 6$ and (b) $RQ_{\max} = 8$.

Fig. 2. Relationships between fruit yield and climatic suitability index (CSI) in ten major producing prefectures.

月に雨が少なく(計約 210mm), RQ は 4~5 であり, 飯田では 4~6 月に雨が多く(計約 550mm), RQ は 12 前後となるためである。

また, 瀬戸内沿岸の前記各県が気候的にはニホンナシなどの最適地の一つとなっているが, これら各地は盛夏期の少雨・干ばつ傾向が強く, 灌漑が不可欠と考えられる(小林; 1970, 高谷; 1989)。

これらの図と, 筆者が前に求めた気候区分(高谷; 1965)と比較すると, モモ, 欧州系などのブドウ, リンゴ等の気候的適地として CSI 70 以上のところは, 瀬戸内沿岸の東部, 西部, 新潟(佐渡をふくむ), 青森, 北海

道でかなり狭まっている。CSI 60~50 まで広げるとほぼ同じ領域となる。ニホンナシ, カキなどの気候的適地として CSI 70 以上の地域では, 九州北部, 中国地方西部(瀬戸内沿岸及び山地), 北陸(石川, 新潟・上越)などが外れて狭まっている。この場合も CSI 60~50 まで広げれば全国的には同じ領域となる。

なお, 以上の調査・解析は気象官署だけのデータを用いたので, 各産地, 県内のより局地的な気候好適度等の調査には, 気象庁や各県で進められているメッシュ気候値などを利用して, 更に細かな分布等を求めることが望ましい。

4. ま と め

本報告では, モモ, ニホンナシについて, 生育期間の

RQ の年による変動と収量の関係を解析し、 RQ がモモでは 6 前後、日本ナシでは 8 前後の年に収量が多くなる 2 次式の関係があることを明らかにした。

この収量が最大となる雨量係数 ($RQ_{\max}$) と、各産地の平年気候の RQ の $+$ ・ $-$ の偏差の大きさから導いた、気候の好適度を求める指数 (CSI) を考案した。 CSI とモモ、ニホンナシの代表的生産 10 県の平均収量にはよい比例関係が認められ、 CSI が気候の好適度のめやすとして有効なことを確めた (産地による品種構成や品質等の違いと気象、気候の関係については、それらの具体的な資料により、今後の調査研究が望まれる)。

$RQ_{\max}$ が 6 の場合の CSI は、モモ以外にも、生育期間の RQ が 6~7 の地方に栽培されている欧州・華北系ブドウ、リンゴ、オウトウなど、また、 $RQ_{\max}$ が 8 の場合は、ニホンナシのほかにも、生育期間の RQ が 8~10 の地方に栽培の多いカキ、米国系ブドウ、クリなどの産地の気候好適度の判定にも準用できると考えられるので、その全国分布を求めた。この分布図と筆者が前に求めた、果樹栽培のための RQ による気候区分を比較した結果、気候区分で適地と推定した中に CSI のより大きい 70~80 以上の本当の適地を求めることが出来た。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、貴重な助言を頂いたお茶の水女子大学理学部内嶋善兵衛教授、岡山大学資源生物科学研究所木村和義教授に感謝の意を表します。

引用文献

- 羽生寿郎・内島立郎, 1970: 北日本における水稻気候生産性についての一考察. 農業気象, **25**, 241~246.
- 岩崎 尚, 1974: 農業気候, 2) 気候指数. 新編農業気象ハンドブック, 第一版, 養賢堂, p. 854, 35~40.
- 気象庁観測部, 1985: 農作物と気象. (農業気象通報の手引き, 資料編) p. 74.
- 小林 章, 1954: 果樹園芸総論, 第一版, 養賢堂, p. 464.
- 小林 章, 1970: 日本の風土と果樹園芸 (24~25). 第 3 章 土壌水分. 3, 果樹の生長と所要水量. 4, 生長周期と土壌湿度. 農業および園芸, **45**, 402~404, 713~716.
- 永沢勝雄, 1958: 果樹, 初版, 朝倉書店, p. 215.
- 中川行夫, 1982: 日本の作物生産とその変動. 3. 天候の変動と作柄指数. 4) 果樹類. (3) 天候と作柄変動. 世界の食糧と異常気象, 農林統計協会, p. 312, 133~137.
- 農林省振興局, 1961: 果樹農業振興関係法令通達集, p. 39.
- 高谷 悟, 1965: 果樹の適地適産に関する農業気候学的研究. 第 6 報 果樹栽培のための日本の気候区分, 研究時報, **17**, 494~499.
- 高谷 悟, 1989: モモ及びニホンナシ生産と雨量の変動との関係. 農業気象, **45**, (3) 155~158.
- 東京管区気象台, 1988: メッシュ降水量気候値表. 解説資料, 第 15 号, p. 117.
- Uchijima, T., 1987: The effect of climatic variations on altitudinal shift of rice yield and cultivable area in northern Japan. In "The impact of climatic variations on agriculture", eds by Parry, M. L. et al., IIASA.
- Wagner, P., 1974: Wines, grape vines and climate. *Sci. Amer.*, **230**, 106~114.