秋から春にかけての気象要因が一番茶の収量に 及ぼす影響について

静岡県茶業試験場

倉 貫 幸 一

Effects of Meteorological Factors and the Yield of First Crop of Tea Leaf

Yukikazu KURANUKI

Shizuoka Tea Experiment Station

1 は じ め に

茶栽培農家にとって、一番茶は農家収入の大部分を占めている。そのため一番茶の摘採期と収量を予測することは、摘採計画等を立て経営を安定させる上で極めて重要である。

著者は、前報¹⁾で気温、降水量の気象要因とチャの萌芽期、摘採期との関係について報告したが、収量については、現在までのところ施肥や整枝等の栽培技術との関係について多くの研究がなされているにもかかわらず、気象との関係についての研究は少ない²⁾。

気象要因と収量との関係については、1年生の作物で多くの報告^{3,8)}があり、永年性作物のカンキツでも多くの研究⁹⁻¹²⁾がなされ、それらの結果は生産の現場で役立っている。

そこで、一番茶の収量に与える気象の影響が明らかにできれば、より効果的な増収技術の開発と生産安定化のための対策に有効と考えられたので、当場の気象観測と作況園の調査結果を分析した。その結果、気象要因と収量との関係について二、三の知見が得られたので報告する。

2 材 料 と 方 法

気象要因と収量との関係を分析するために、当場の1965年から1985年までの20年間（1973年を除く）の、9月から4月の日最高・日最低気温の半旬平均値と降水量の半旬合計値と当場の作況調査園（やぶきた）の一番茶の収量を用いた。

分析には相関、径路係数と重回帰分析を用いた。

前報と同様に径路係数分析は、各月の最高、最低気温の半旬ごとの12要因を月ごとに、降水量の各月の半旬ごとの6要因を2カ月間ごとのグループに分けて一番茶収量との関係について行った。重回帰分析を行うための収量との関連の高い気象要因の選択には、各々の径路係数分析の残余が小さいグループから直接効果の高いものを中心に選んだ。最終的に収量との関連の高い要因を用いて、重回帰分析を行い予測式の策定にあたった。

3 結 果

分析で取り上げた気象要因の半旬ごとの20年間の平均と、標準偏差は図1のとおりである。

最高気温は9月から徐々に低下し、1月第1、3半旬で最低となり、2月第3半旬までは低い温度で前後し、その後4月までに徐々に上昇した。標準偏差は2月中旬から3月上旬に最も大きくなった。

最低気温の推移は最高気温と同様であり、1月下旬から2月上旬に零下になることが多かった。標準偏差も最高気温の場合と同様の推移を示すが、その値は大きく、特に2月から3月で大きかった。

降水量は9、10月の秋と、3、4月の春に多く、気温の低い1月を中心に、12月～2月が少なかった。標準偏差は気温に比べて大きく、しかも降水量の多い時期に大きかった。

当場作況園における20年間の10a当たりの平均収量は640 kgであり、標準偏差は99 kgであった。

収量と各月の半旬ごとの気象要因との相関係数を

図1 最高・最低気温の半月平均と降水量の半月合計の20年間の平均値と標準偏差。

(注) 折れ線は平均値を示し、折れ線からの棒グラフは標準偏差を示す。

示したのが図2である。その結果、正の相関は10月第4半旬、12月第4半旬、4月第3半旬の最低気温と3月第5半旬の降水量とが収量と高い相関があり、10月第3、第4半旬、12月第1半旬、4月第1、5半旬の最高気温、12月第1半旬の最低気温、10月第4半旬、3月第3半旬の降水量と収量にやや高い相関を示した。負の相関は1月第1半旬の最高気

図2 最高・最低気温、降水量と収量との相関係数の経時的な変化

温、3月第4半旬の降水量が収量と高い負の相関を示し、4月第4半旬の最高気温がやや高い相関を示した。

相関係数の経時的な推移は、最高気温で9月～10月に負から正に変わり、12月までは正の関係が多く、12月中下旬に正から負へ移行した。そして2月には負の相関を示すことが多く、3月中旬頃に正から負

表1 9月～4月までの各月の最高・最低気温と収量との径路係数分析の直接効果と残余

要因	半月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
最高気温	1	0.3733	0.3001	0.2227	0.5127	-0.3148	-0.0979	-1.3291	-0.1960
	2	-0.9313	0.2618	0.0775	0.4445	0.2681	-0.0817	-0.6980	-0.2745
	3	-0.2117	0.3057	-0.0751	-0.3094	-0.7098	0.1553	0.5187	0.2156
	4	1.0609	0.4179	0.4427	-0.2412	0.6417	-0.3906	-1.9840	-0.3054
	5	0.4455	0.3487	-0.1483	-0.1550	-0.4132	0.0988	2.1239	0.6730
	6	-0.1331	-0.2450	-0.6840	-0.5436	-1.2082	-0.3569	0.7358	-0.2337
最低気温	1	0.2791	0.3133	-0.0365	-0.1941	0.3137	-0.3169	1.3503	-0.0216
	2	1.0108	-0.2319	0.0173	-0.2680	0.2769	0.2162	1.3702	0.0257
	3	-0.4296	-0.4855	0.5609	-0.0141	0.4587	0.1658	-0.8168	0.5066
	4	-0.7666	0.3027	-0.7054	0.7991	-0.7928	-0.0424	0.6637	0.0872
	5	-0.6558	0.6086	0.4114	0.1561	0.0774	0.1427	-0.2991	-0.6843
	6	0.3457	-0.4343	0.2537	0.0221	0.8569	0.3101	0.4212	-0.1284
残余		0.3030	0.2725	0.5468	0.3651	0.3598	0.6321	0.4948	0.2462

表2 9月～4月までの各月の2ヵ月間の降水量と収量との径路係数分析の直接効果と残余

要 因	半 旬	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
降 水 量	1	-0.5467	-0.2792	-0.1156	-0.4286	0.0042	0.1137	-0.3709	-0.5199
	2	0.4503	-0.5221	0.0798	0.4356	-0.4532	-0.0781	0.1501	0.3486
	3	-0.2021	-0.1552	0.3290	0.3573	0.5863	-0.6684	0.2315	0.1800
	4	-0.0048	0.5808	-0.2065	0.6222	0.0542	-0.1238	-0.8177	-0.2072
	5	-0.2338	0.7739	0.3527	0.2030	0.0416	0.1540	0.9745	-0.5747
	6	-0.1034	0.3990	0.1763	-0.0106	0.0002	-0.4323	0.1247	-0.4585
残 余		0.3154		0.5416		0.5837		0.2219	

に移り高かった。

最低気温は、10月～12月中旬は負の関係が多いが、その関係は最高気温の場合よりやや小さく、その後、最高気温よりも早く2月下旬～3月上旬に負から正へ移った。しかし4月後半になると負の関係がやや高かった。

降水量については、9月後半～10月前半にかけて負の関係が多く、その後10月後半～12月下旬は正の関係が多かった。12月下旬～3月上旬は正の関係も認められたが、負の関係がやや多い傾向にあった。3月中旬の相関は高いが正負の変化が大きかった。そして3月下旬～4月は正の関係が多かった。

最高・最低気温の径路係数分析の結果は表1に示すとおりである。その結果、残余は4月、10月と9月が小さく、逆に2月、11月と3月が大きかった。

降水量についての径路係数分析の結果は表2に示すとおりである。残余は3月～4月と9月～10月が小さく、1月～2月と11月～12月が大きかった。

9月～翌年の4月までの各半月ごとの最高・最低気温の要因96と、降水量の要因48の計144から収量との関連の高いものを選ぶ過程については前報と同様である。

最終的に、表3に示す収量と関連の高い19の要因を取り上げて分析した。その結果、径路係数分析の残余は小さく、重回帰分析の結果、11の説明変数による寄与率が99%と高く、分散分析の結果も0.1%の水準で有意であった。

4 考 察

チャの収量と気象については、淵之上[†]が狭山地方の秋の気象条件と一番茶の収量について分析を行い、9月～11月、10月～11月と11月の最低気温積算値と11月の平均気温の積算値等で正の相関を得ている。本報での相関分析の結果から、収量と正の

相関が高い時期は最高気温では10月、12月上・中旬と3月前半、最低気温では10月、12月と3月前半、降水量では10月下旬～12月と3月であり、10月から12月の秋から冬にかけての気温との関連性が高いことは淵之上の結果と同様であるが、静岡地方では秋だけでなく春の気温との関連性も高いことがうかがえる。

相関係数の推移から、最高気温は9月下旬～10月

表3 9月～4月の関連の高い気象要因と収量との径路係数、重回帰分析の結果

月	半 旬	要 因	径路係数の 直接効果	偏回帰係数
9	4	最高気温	-0.7305	1.9336
9	4	最低気温	0.4495	
10	2	降水量	0.5419	0.3474
10	5	降水量	-0.3397	
11	6	最高気温	0.4957	
12	1	最高気温	-0.0090	
12	6	最高気温	0.1829	
12	6	最低気温	-0.3453	
1	4	最高気温	2.5922	83.1106
1	6	最高気温	-0.7092	-12.0000
1	3	最低気温	1.5885	36.1126
1	4	最低気温	-1.8417	-53.4667
2	4	最高気温	-1.1750	-30.2261
2	6	最高気温	-0.5192	-19.4664
1	3	降水量	1.1234	5.3773
2	3	降水量	-3.2648	-10.9258
3	1	最高気温	-1.8615	-47.0034
3	1	最低気温	0.6996	21.1504
4	2	降水量	1.2955	1.2426
残 余			0.0000	
定 数				976.1141
分散分析のF値				39.15***
寄 与 率 (%)				98.8

注) ***は0.1%水準で有意である。

† 淵之上弘子：茶技協講演要旨，Feburary 1978，p. 16.

上旬, 12月中・下旬と3月中旬に正と負が入れ替わる時期があり, 最低気温については10月上旬, 12月下旬と2月下旬に同様な時期がある。降水量についても10月中旬, 12月下旬と3月下旬に同様な時期がある。

12月下旬頃は, 前報¹⁾の萌芽期についてと同様な変換点, つまり茶樹の自発休眠から強制休眠に移る時期がそれに当たるものと考えられ, 2月下旬～3月上旬は茶樹の耐寒性が低下し始める時期であると考えられる。その後は気温の影響を強く受け, 気温が高く, 降水量が多くなれば, 多収につながるものと考えられ, 前報の萌芽期が早くなる条件と同様の関係が存在しているものと考えられる。

1月と2月に3つの調査した気象要素が萌芽期の分析結果と異なり, 共通して負の相関が多く, 最高気温でその傾向が特に強い。この時期はすでに強制休眠に移行したと考えられる時期であり, 最高気温が高いと耐寒性が低下するものと考えられる。従ってこの時期の低温による障害を少なくし, 一番茶の収量を低減させないためにも春先まで最高気温が低く保たれることが必要条件の1つであるものと考えられる。

そして4月後半になれば, 最高・最低気温が高いと収量の増加が期待できなく, 特に最低気温でその傾向が強いものと考えられる。

各月の気象要因の径路係数分析の結果から, 9月, 10月と4月の気温と9～10月と3～4月の降水量の効果が大きく, 相関分析と同様に秋と春の気象の影響の大きい。

最高・最低気温と降水量の半月ごとの推移に径路係数の直接効果の高いものを記したものが図3である。

最高気温と最低気温との関係から, 9月～4月の期間を9月中旬～11月中旬, 11月下旬～4月前半と4月後半の3つの時期に, 降水量については9月～12月と1月～3月中旬, 3月下旬～4月前半と4月後半の4つの時期に分けられる。

前報¹⁾の萌芽期のように, 12月下旬～1月上旬の自発休眠を打破すると思われる気温の条件の存在をしめすものはないけれども, 他は萌芽期の場合と同じ条件であることから, 同様な気温条件で萌芽期が早くなり, 収量の増加も同時に達成できるものと考えられる。

以上の相関・径路係数分析の結果より, 収量と気象の関係から10月～11月上旬は翌年の一番茶とな

図3 気温と降水量の経時的変化と収量に効果の高い要因

(注) ↑は収量が増加するように働く要因が作用する方向を示す。

る芽の充実期, 11月中旬～2月までは耐寒性の関係が強い時期, 3月～4月前半は新芽の生育準備期, そして4月後半は新芽の生育促進期であると考えられる。

重回帰分析からの収量の予測式としては, 説明変数の数や分散分析の結果と再現性を考慮して, 次式が適しているものと考えられる。

$$Y = 970.2562 + 78.1301 X_1 - 11.9157 X_2 \\ + 36.0315 X_3 - 50.6482 X_4 - 28.8750 X_5 \\ - 14.5604 X_6 + 4.9906 X_7 - 10.8755 X_8 \\ - 43.0096 X_9 + 15.2774 X_{10} + 1.1313 X_{11}$$

Y: 収量 (kg/10a), X_1 : 1月第4半月最高気温, X_2 : 1月第6半月最高気温, X_3 : 1月第3半月最低気温, X_4 : 1月第4半月最低気温, X_5 : 2月第4半月最高気温, X_6 : 2月第6半月最高気温, X_7 : 1月第3半月降水量, X_8 : 2月第3半月降水量, X_9 : 3月第4半月最高気温, X_{10} : 3月第1半月最低気温, X_{11} : 4月第2半月降水量。

しかし, この式でもまだ説明変数の数が多いことから, より少ない説明変数での予測式の策定が必要であると考えられる。

5 要 約

気象と収量の関係を明らかにするために、当場の 9 月～4 月の気象観測の最高・最低気温と降水量の半月値と作況圖の収量調査の 20 年間の結果を用い、相関、径路係数と重回帰分析を行った。

1. 相関分析の結果、相関係数は最高・最低気温と降水量の 9 月～10 月に負から正に、12 月から 1 月に正から負に、2 月～3 月に負から正に移行し、更に最低気温だけは 4 月に正から負に移行した。
2. 径路係数分析の結果、4 月、10 月、9 月の気温と 3～4 月と 9～10 月の降水量との関連性が高く、秋と春の気象が大切であると考えられる。
3. 径路係数分析の直接効果が高い要因の影響の仕方から、気温について 9 月～4 月の期間を 9 月中旬～11 月中旬、11 月下旬～4 月前半と 4 月後半の 3 つの時期に、降水量については 9 月～12 月、1 月～3 月中旬、3 月下旬～4 月前半と 4 月後半の 4 つの時期に分けられる。
4. 収量と気象の関係から、10 月～11 月上旬は翌年の一番茶となる芽の充実期、11 月中旬～3 月中旬までは耐寒性の関連が強い時期、3 月下旬～4 月前半は新芽の生育準備期、そして 4 月後半は新芽の生育促進期であると考えられる。
5. 収量を予測するためには、表 3 の説明変数の中から 11 変数を取り上げ予測式を策定した。

最後に、気象観測と作況調査の貴重な資料の提供を頂いた当場栽培研究室の皆様と、本報の取りまとめに際し、有益なご指導と助言を頂いた農林水産省野菜・茶業試験場茶栽培部育種法研究室長 鳥屋尾忠之博士と前茶栽培部長の中山 仰博士に対して厚くお礼を申し上げる。

6 引 用 文 献

- 1) 倉貫幸一：茶研報, No. 65 : 27～37 (1987).
- 2) 塘 二郎, 渡辺 明, 三ッ井 稔：茶研報, No. 23 : 23～30 (1965).
- 3) 北村一男：農業気象, 29 (2) : 103～107 (1973).
- 4) K. MUNZKATA : Climate and Rice, International Rice Research Institute, pp. 187～207 (1976).
- 5) 星野和生, 吉川雅夫, 野口正樹, 池田澄男：野菜試験場報告, A. 3 : 1～29 (1977).
- 6) 野口正樹, 吉川雅夫, 星野和生, 池田澄男,

小林和彦：野菜試験場報告, A. 4 : 55～76 (1978).

- 7) 野口正樹, 星野和生, 吉川雅夫：野菜試験場報告, A. 9 : 47～62 (1981).
- 8) 星野和生：東海近畿農試研報, No. 23 : 1～136 (1972).
- 9) 池田鐘一, 小野貞芳：農業気象, 36 (3) : 199～203 (1980).
- 10) 池田鐘一, 岡田昭敏, 中西松太郎：農業気象, 36 (4) : 269～273 (1981).
- 11) 池田鐘一, 岡田昭敏, 小野貞芳, 井伊谷雄平：農業気象, 37 (1) : 39～46 (1981).
- 12) 農林技術会議事務局, 成果シリーズ, 136 (1982).

Summary

The relations between meteorological factors and the yield of first crop of tea leaf were analyzed by means of correlation coefficient, path coefficient and multiple regression. The data of meteorological factors were the pentad mean of maximum and minimum air temperature and the pentad sum of precipitation from September to April in past 20 years.

1. As a result of correlation analysis, the coefficient of the pentad mean of maximum and minimum air temperature and the pentad sum of precipitation changed minus to plus from September to October, plus to minus from December to January and minus to positive from March to April, respectively. It was calculated high positive correlations between yield and meteorological factors in Autumn and Spring, and slightly high negative correlations in Winter.

2. As a result of path coefficient analysis, yield was highly related to both air temperature of March, October and September, and precipitation from March to April and from September to October. Therefore the weather of Autumn and Spring were very important to the yield of the first crop.

3. On the basis of direct effect of every month in path coefficient analyses, the period from September to April was divided three periods with regard to air temperature ; namely, from mid

September to mid November, from late November to the first half of April and in the last half of April. And it was divided the four periods with regard to precipitation ; namely, from September to December, from January to mid March, from late March to the first half of April and in the last half of April.

4. From the relations between meteorological factors and the yield of first crop, following four phases were thought as the growth phase of tea plant from autumn to spring ; 1) the developing phase of autumn bud from October to the beginning of November, 2) the phase being related to cold weather from mid November to February, 3) the preparatory phase of new shoot from March to the first half of April, and 4) the growing phase of new shoot in the last half of April.

5. The yield was estimated by the following multiple regression formula equation.

$$\begin{aligned} Y = & 970.2562 + 78.1301 X_1 - 11.9157 X_2 \\ & + 36.0315 X_3 - 50.6482 X_4 - 28.8750 X_5 \\ & - 14.5604 X_6 - 4.9906 X_7 - 10.8755 X_8 \\ & - 43.0096 X_9 + 15.2774 X_{10} + 1.1313 X_{11} \end{aligned}$$

Y : the yield of first crop of green leaf in tea crop (kg/10a) ,

X₁ : 4th pentad mean of maximum air temperature in January,

X₂ : 6th pentad mean of maximum air temperature in January,

X₃ : 3rd pentad mean of minimum air temperature in January,

X₄ : 4th pentad mean of minimum air temperature in January,

X₅ : 4th pentad mean of maximum air temperature in February,

X₆ : 6th pentad mean of maximum air temperature in February,

X₇ : 3rd pentad sum of precipitation in January,

X₈ : 3rd pentad sum of precipitation in February,

X₉ : 4th pentad mean of maximum air temperature in March,

X₁₀ : 1st pentad mean of minimum air temperature in March,

X₁₁ : 2nd pentad sum of precipitation in March.
(Sept. 22, 1987).