早期収量予想法について

—— 早掘地帯における甘藷の氣象感應試験から ——

原 三 郎

(農林省神奈川統計調査事務所)

On the early estimation of the yield of sweet potatoes-based
on the experiments of the meteorological influences on
sweet potatoes in the early-grubbing region.

S. HARA

(KANAGAWA AGRIC. STATISTICS AND SURVEY OFF.)

1. はしがき

筆者は本誌第6巻第2号で、早掘地帯における甘藷の増・減産のもたらされる機構について報告したが、ここにその後の試験を加え 1948~1952 の氣象要素並びに生育過程と収量との関係を解析し、早期収量予想を試みた。使用せる氣象要素は、(1) 気温^{*}、(2) 最高気温、(3) 最低気温、(4) (降水量)、(5) 地表温^{*}、(6) 地温^{*}、(7) 地温[°](14時)、(8) 最高地温[°]、(9) 最低地温[°]、(10) 10 ㎝地温^{*}(^{*}=10 時、[°]=5 ㎝)の月平均値で、生育要素は(1) 坪当総藷重量、(2) 同地上部生体重量(つる重)(3) 同総茎長(つる長)、(4) 同総葉数、(5) 同総藷数を選んだ。

2. 結果の概要

(1) 氣象要素対収量相関における生育時期との関係 甘藷の生育過程を月毎に分析して収量との

第1図 甘藷の総藷重量(10月26日)と
氣象要素との生育時期別相関

相関を求め第1

図及び第1表を得た。ここに使用の M.A. は相関係数(r)の絶対値につき平均し、M.B. はその正・負を関係せしめて平均したものので前者は収量予想の立場から相関の値には正負の差はないと考え、後者はある要素

第 1 表

	M		σ		C.V.	
	A	B	A	B	A	B
(1) 5 月	0.70	"	0.22	"	31	"
6 月	0.78	"	0.20	"	26	"
7 月	0.66	0.57	0.17	0.37	25	65
8 月	0.33	-0.07	0.30	0.45	92	607
9 月	0.46	0.28	0.14	0.41	30	145
10 月	0.43	-0.27	0.25	0.43	59	157
(2) 1	0.52	0.43	0.24	0.40	46	95
2	0.43	0.42	0.36	0.37	85	89
3	0.50	0.32	0.24	0.48	49	150
4	0.44	0.06	0.27	0.54	62	878
5	0.65	0.33	0.21	0.65	33	198
6	0.65	0.47	0.26	0.56	41	120
7	0.58	0.39	0.17	0.51	30	131
8	0.54	0.43	0.27	0.44	51	102
9	0.69	0.22	0.35	0.80	51	361
10	0.61	0.25	0.28	0.66	46	263

の収量との相関は生育過程を通じ一定でなく、且つ正・

負の交錯するためにその関係度は時に過小・過大視される場合を考慮し積算的平均の意味である。

これによれば、氣象要素は 8・10 月に、また 4・5・9・10 氣象要素に負の相関が介在し、6・5・7・9 月の順にまた 1・2・3・6・7・8 素に少い。これは M.A.・M.B. と一致する。

甘藷の増収は 5・6・7・9 月の高温、8・10 月の低温、8 月の多雨、及び 7・9・10 月の少雨によつてもたらされる。但し 10 月の 1・7・8、8 月の 6 素はそれぞれやや正相関、8 月 9・2・3 素は無相関、9 月 9 素は高い負相関を示した。

即ち当地方の 8 月は統計的に高温・小雨で甘藷を早魃に導き葉を萎凋せしめ栄養生長と塊根の肥大を抑制し、また切干歩合を急増せしめるから早掘を経営的に可能ならしめると首肯できるわけである。従つて 8 月

の降水量は最高温限界点を調節して低温に導き旱魃萎凋を調節して塊根の肥大を直線的に導くのに役立つと考えられ、1951年の実験ではこの時期の灌水によつて増収している事実によつても明らかである。故に当地方(砂丘地帯)の8月気温は高温限界となると考えることができる。また10月の高温はかえつて地上部の栄養生長を助長し、所謂つるぼけ(蔓に貯えられた澱粉の諸への移行集中を障害する現象)の原因となり塊根の肥大を遅延させるためと考えられる。

相関係数の気象10要素間の変動は生育過程からみると、 $\sigma.A.$ では9・7・6・5・10・8月の順位で $\sigma.B.$ は6・5・7・9・10・8月の順位、両者の総括では6・7・9・5・10・8月の順となり6月は各気象要素と収量との相関係数の変動が最も少く8・10月は大である。次に気象要素別に生育時期による変動をみると $\sigma.A.$ で7, 5, 1, 3, 6, 4, 8, 10, 9, 2素、 $\sigma.B.$ では2, 1, 8, 3, 7, 4, 6, 5, 10, 9素、総括は1, 7, 3, 8, 5, 2, 4, 6, 10, 9素、また $\sigma.B.-\sigma.A.$ では2, 1, 8, 3, 4, 6, 7, 10, 5, 9素の各順位である。

またM.A., M.B.から σ を引いて一相対的収量関係度一みると生育過程ではやはり6月が最高で5・7月が次ぎ8・10月が低い。気象要素では1, 6, 7素高く10・9・4素が低い。変異係数でみるとC.V.A.では7・6・9・5・10・8月、C.V.B.では6・5・7・9・10・8月、総括で6・7・5・9・10・8月の月順位；気象要素ではC.V.A.—7, 5, 6, 10, 1, 3, 8, 9, 4, 2素、C.V.B.—2, 1, 8, 6, 7, 3, 5, 10, 9, 4素の順で総括すれば1, 6, 7素は小さく、4, 9素は変動が大きい。次にM. σ .C.V.を総合すると6・7・5・9・10・8月、1・6・7, 8, 5, 3, 2, 10, 9, 4素の順位である。即ちこれによつて当地の甘藷収量予測は6月を中心に1, 6, 7素を選ばばよいことが考えられるが各気象要素は共に5~7月に相関が高いのでこの時期のみを比較すると、M.A.は9, 6, 5, 10, 8, 7, 1, 2, 3, 4素の順となり、1, 7素は中位以下となり9素は逆に最も高くなる。即ち前者は全生育過程を通じた積算の相関性は高いが特定生育時期においては中位であり後者はこれと逆の結果を示した。尙2素の6月、4素の8月の如く特定時期の幅の最も短いもののあることに注意すべきである。またM.A'はM.A.にM.B.はM. σ .C.V.の総括と傾向が近似することが認められた。これにより気象要素によつて収量を予測する場合全生育過程にわたつて積算的に対応させるにはM.B.(r)の高い6, 7, 1, 8素、生育の早期にはM.A., M.A'(r)の高い9, 6, 5素が使用さるべきと考えられる。

第2表 生育月別順位×気象要素別順位
(気 象 要 素)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	総括
5	24	36	14	40	18	1	45	9	2	6	2
6	3.5	1	27	50	13	4	16	3.5	15	19.5	1
7	10	13	4	30	2	9	36	24	1	26	3
8	25	45	48	1	8	36	9	20	60	42	6
9	8	10.5	40	60	27.5	17.5	35	22	4	45	4
10	48	60	18	9	42	12	36	54	10	1	5
	4	9	8	10	3	1	6	5	2	7	

収量予測の時期と使用すべき気象要素との関係を掴む目的で月別・気象要素別にそれぞれ順位を施しその両者を組合わせると第2表の如く月別に収量と関係高き気象要素の選び方を知ることが出来る。

第2図 早堀地帯における甘藷の發育過程(1948~1952)

第3表 順位による生育時期別生育要素
相関比較の対収量

No.	月日	生育	諸重	蔓重	蔓長	葉数	諸数
1	6. 17		28	85	60	2	27
2	22		48	28	68	7	80
3	7. 1		45	30	80	40	6
4	8		10	20	39	25	32
5	15		4	21	12	45	20
6	22		33	8	40	20	2
7	8. 1		48	2	4	75	9
8	11		85	48	1	2	12
9	26		39	3	16	12	65
10	9. 1		10	1	15	56	75
11	8		2	27	18	32	70
12	15		6	16	33	80	44
13	22		8	39	6	60	48
14	10. 1		3	10	36	24	50
15	8		7	33	8	44	85
16	15		9	18	14	65	28
17	26		1	64	42	85	2

第3図 甘藷の収穫期坪当総藷重量と生育過程との関係

(2) 生育時期別生長要素と収量との関係

甘藷の肥大は第2図の如く歴日を追い直線的に高まるがこれを第3図によつて収穫期総藷重量との相関をみると7月1日まではやや低く、その後急増し、8月に低下(8月11日頃最低)し、9月1日以降併行となる。葉数は全期を通じ低目であるが6月17日及び8月11日にやや高い。蔓重・蔓長は初め低いが8月1日まで漸時高まりその後変化がない。藷数は6月22日を除き初期に高く、8月26日以降は負の関係に逆転し収穫期に正の高い関係に戻っている。これを要素別・時期別に順位を附し両者の関係からみると第3表の如く生育初期には

第4図 甘藷の生育過程に於ける収量と生育との関係

葉数1・2・8節、藷数3・6・17節、藷重4・5節、その後は蔓重6・7・9・10節、蔓長7・8・13・15節、後期にいたりも重11~17節となっている。これを第4図でみると7月15日~8月1日は収量との相関が高く生育要素間の変動も少い。また生育要素中では蔓長・蔓重がすぐれている。いま生育全期を3期に分析すれば生育後期の藷重(試堀)が最もよく、中期の蔓長・蔓重がこれに次いでいる。

以上は収量の早期予測に如何なる時期と要素とが適するかを検討したが次に作況の発生機構について生育時期別生長要素の年間変動を第5図

でみると各生育要素は共に7月8日を中心に6月17日~7月15日に大なるを認めた。よつてこの時期にいたる間の気象条件とこの後影響にもとづく生育諸要素の生長量に支配されることが知られた。また「時期別×生育要素の変異係数」を更に時期別に平均して更に変動を計算すると第5図(2)の如くσは6月17日~7月22日に最も高く、C.V.では前者の中、7月1日~7月8日がやや少いが傾向的に一致し、9月15日~10月1日及び収穫期にも要素間の変動が高くなっていることが分る。

(3) 分散分析法による相関解析 いま気象要素間及び生育時期間の相関に差があるか否かを分散分析法により解析すれば、A.B共に気象要素間には有意差がみとめられないが、生育月間に高い確率で有意差が認められ、Aでは6・5・7月の順位に8・9・10月との間に、Bでは更に8月と9月及び9月と10月との間にもこれが認められる。次に5~7月を分析すると気象要素中雨量と他の要素との間に大差がみとめられ、また5, 6, 7月間にも有意差が認められるにいたりAでは5月と6月との間及び6月と7月との間に、Bでは更に5月と7月との間にも有意差がみとめられるにいたつた。

又甘藷の生育全過程—17節区分—ではrの有意差はないが、これを3期に区分すると初期と中期とに差が認められた。しかるに生育5要素間では葉数及び藷数がそれぞれ藷重・蔓重・蔓長との間に大なる有意差が認められまた藷数は葉数との間にも差が認められる。これを期に区分した場合をみると確率は0.1に下るが葉数といも重との間に、Bは藷数と藷重及び蔓重との間に差が認められた。

第5図(1) 生育諸形質の年次間変異係数と生育過程との関係 (1948~1952)

(4) 甘藷の収量予測について 以上の結果を基礎にし収量予測式を計算し、推計値と実測値とをC.V.によつて比較すると 19 が最もよく、16, 13, 14, 17,

第5図(2)

5 の6式は2%以下で、1式を除き他の12式も3%前後であるから、本予測式の信頼度の高いことが知られる。

(5) 総合と考察 以上は甘藷の収量を早期に予知する方法を確立するための前提として甘藷の生育全期間にわたる気象条件と収量との関係、並びに栄養生長諸形

態と収量との関係について相関

係数によつて分析的に解析してきたが 1948~1952 における早掘地帯の甘藷と云う特定資料にものとずくものであつた。しかし気象要素並びに甘藷の栄養生長各態(要素)を通じて如何なる時期にその予想が叶えられるか、そして何故にその時期が最も叶うかについての知見を得たものと確信する。

だが一面本稿はその事実の羅列に過ぎないと云えるかも知れないのでここには十分なる論議と考察を避けて向後試験を果ねるに伴い解析の方法を研究しその結果を更に要約したい念願である。

ここに第1~第5図に示した結果について簡単に考察すれば次の如くである。

(1) 葉数(生育初期並びに

	$y=a+bx$	(x)	σ	C.V.
1	$\hat{y} = -5057.8 + 772.14x$	6月気温	793.37	7.4
2	" $-7674.3 + 799.6x$	6月最高気温	227.96	2.1
3	" $-291.522 + 563.631x$	6月地温5種	367.47	3.4
4	" $-5634.97 + 704.991x$	6月最高地温5種	398.36	3.7
5	" $-4897.5 + 389.966x$	6月最高+最低地温5種	208.87	1.9
6	" $-3624.569 + 337.53x$	6+7月地温5種	339.48	3.2
7	" $3039.0 + 321.56x$	7月地表温	408.85	3.8
8	" $-4746.28 + 741.7876x$	7月最低地温5種	318.02	3.0
9	" $9274.31 + 18.76x$	8月降水量	463.28	4.3
10	" $1137.4 + 2.373x$	15/7月総藷重	315.40	3.0
11	" $11561.708 + 194.287x$	22/7月上藷数	397.74	3.7
12	" $6590.4 + 0.9518x$	11/8月総莖長	345.59	3.2
13	" $5065.08 + 0.9135x$	1/9月地上部生体重	161.50	1.5
14	" $3687.38 + 97.15x$	・1/9月蔓重+藷重/2	195.93	1.8
15	" $4995.25 + 84.156x$	・1/9月蔓長+藷重/2 (・~指数)	235.99	2.2
$Y = \bar{Y} + b_1(X_1 - \bar{X}_1) + b_2(X_1 - \bar{X}_2)$				
16	$\hat{y} = 12303 + 358.21(X_1 - 25.0) + 217.32(X_2 - 44.22)$	(X ₁ 6月最高気温) (X ₂ 6月最高+最低地温5種)	152.69	1.4
17	" $12303 + 197.7(X_1 - 55.02) + 0.3222(X_2 - 47.18)$	(X ₁ 6月+7月地表温10時) (X ₂ 6月+7月地温5種10時)	205.6	1.9
18	" $12303 + 6818(X_1 - 235.8) - 242.45(X_2 - 3.96)$	(X ₁ 7月22日上藷重) (X ₂ 7月22日上藷数)	295.47	2.8
19	" $12303 + 0.5128(X_1 - 87.3) + 0.1995(X_2 - 86.96)/2$	(X ₁ 9月1日(蔓重+藷重)/2) (X ₂ 9月1日(蔓長+藷重)/2)	55.495	0.5

8月11日頃に収量と関係がみとめられるが(第3図)前者は甘藷の収量が初期の栄養生長の素状とよく関係するとなして当然であり苗の素質と収量との関係とみて差支えない。後者は第2図にみられるように葉数の増加は9月15日頃まで続きその後平行しているがその増加がmaxに達する時期の早・遅に関係して収量との相関を高めていると考えられるが相関の高さから云つて決定的なものではない)を除きつる長・重、いも重・数が共に平行的にその関係を急激に高めている7月1日~7月15~22日の間に着目すればその間は第4図の解析にてもわかるようにM. Ar, σ . Ar, C. V. Arの一致的關係からこの時期の気象要素が類推され合点してここが最も安定し、安全なる早期予想の時期となることがわかるが、これは何故か、またこれは第5図(1)のその間の年次間変動が著しくみとめられ、第5図(2)の変動の平均 Mx 及び Mx に対する年次間変動 σx , C. V. x の著しい事実により一致的にこの時期に著目せざるを得ず尙これに平行して第1図をみると降水量を除いて他の2要素がことごとく平行的に一致して5, 6, 7月に著しい相関

がみとめられる。以上の事実は季節的には梅雨の候に相当しその梅雨の程度と状態がその間における環境特に高温条件を支配する影響力をもつていると考えて差支えない。

(2) 甘藷の栄養生長の各形態からは7月15日~8月1日に相関が高くこれに反し気象要素では6月及び7月となつていて一致しないのは何故か。これについて著者は気象環境の良否は直ちに甘藷の各態を測定して叶えられるものではなくその表現は時日を要するものと考えられる。換言すれば環境の後影響によるものと考えられるから両者は一致していると論断して差支えない。

(3) 更に9月1日の栄養生長形態との相関が高くこれに対して気象要素はこの時期に低くなつていのは何故か、これは統計的に(常に)8月はしばしば高温限界点に達するためにその間の適雨の有無によつて対収量相関は更にその関係が修正され濃厚となる。換言すれば適雨によつて収量は増加し旱魃によつて減収となるからここで仕上げ(修正)されるとみて差支えない。

Résumé

In order to establish the method of early estimation of the yield of sweet potatoes, the author analysed the results of the experiments of meteorological influences, which were carried out at Ono Town, Nakagun, Kanagawa Prefecture from 1948 to 1952.

1) The crop of sweet potatoes increase with high temperature from May to July and in September, and by much rain in August.

2) Analysing the process of growth in each month, and examining M, σ and V among 10 meteorological elements in each period, the fact is found that the order of good time for yield estimation is June, July, May, September, October and August, and that the order with respect to the meteorological elements is 1, 6, 7, 8, 5, 3, 2, 10, 9, and 4.

1. air temp. at 10 hr. 2. max. air temp.. 3. min. air temp. 4. precipitation 5. temp. of soil surface at 10 hr. 6. soil temp. of 5 cm depth at 10 hr. 7. soil temp. of 5 cm depth at 10 hr. 8. max. soil temp. of 5 cm depth 9. min. soil temp. of 5 cm depth 10. soil temp. of 10 cm depth at 10 hr.

3) By the order, the most important meteorological element in each process of growth can be made clear.

4) The difference of the coefficient of correlation of each meteorological element to yield between adjoining month is the greatest is July and August, little in May and June, and in June and July.

5) The corpulence of sweet potatoes is parallel to the passage of calendar days. But when we observe the process of growth, we find that in the early stage of growth, the yield is closely related to the number of leaves, the number of potatoes, and the weight of potatoes, in the middle stage to the weight of stem, in the letter stage to the weight of potatoes.

6) To estimate the yield July 15~April 1 is the fittest, which can be said of the number and of the potatoes, the length and weight of the stem, and the number of leaves in common. All through the process of growth the correlation of both length and weights of the stem is highly fitted.

7) We can further confirm above results by the method of analysis of variance. Then we formed 19 expressions for estimating yield based on these facts and compared the estimated value with the observed value. The results were as follows.

The C.V. was less than 2% in 6 expressions (19, 16, 14, 17, 5) and 2~3% in other 10 expressions except expression 1 (6.4%).