

短根ニンジンの収量と気象条件に関する重回帰分析

誌名	農業気象
ISSN	00218588
著者	北村, 一男
巻/号	29巻2号
掲載ページ	p. 103-107
発行年月	1973年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



短根ニンジンの収量と気象条件 に関する重回帰分析

北村 一男

(埼玉県園芸試験場)

A Study on the Relationship between the Weather Elements and Carrot Yield by Using
of Multiple Regression Techniques

Kazuo KITAMURA

(Saitama Horticultural Experimental Station, Kuki, Saitama Prefec.)

1. はしがき

ニンジンには β -carotin の含量が多く、内外で重要な野菜であるが、栽培が容易で、適地の幅が広い短根ニンジンが生産の大半を占めている。ニンジンの品質・収量には気象が最も影響する^{7),11)}ので、収量と気象の関係を求めれば、それにより或る地方の作期をきめ、またそれまでの気象から、先に作付けた地方の収量を予測して、作付量を加減することにより、需給の安定に役立てることができる。

大後²⁾らの研究は、回帰式における独立変数を決めるに当たって重要そうな要素を選び、単相関か、回帰によって一つ一つ検討するか、あるいは豊作・凶作のときの特色ある気象要素について論ずるという静的なやり方であった。最近のこの方向の研究は¹²⁾、電子計算機が使えるようになった為、重回帰分析が主になり、多数の要素を同時に考えることが可能になったが、やはり重要そうな要素だけを選んでいく場合が多い。また³⁾、いくらか動的な解釈をするために、連続した時期の要素を入れるようにすることも行なわれているが、そのときでも変数増減法である要素にかかる係数が小さいと、その要素を考察から除いてしまっているのが普通である。この計算では少し考え方を変え、さらに一層の動的な解釈を目標に、全生育期間を3つに分け、各気象要素は、多かれ少かれ各期間について収量に影響を及ぼすと考え、各期間の各気象要素を全部最後まで独立変数とした。

そして回帰係数を増加(生長)と減少(呼吸)の部分に分けて考えた。このとき、3つの期間の係数を連立して計算した。

2. 計 算

(1) 用いたデータ

埼玉園試入間川支場^{5),6)}・茨城園試¹⁰⁾での品種比較試験・栽培試験で得た収量と、其処で観測した気象要素を使った。

品種比較試験の場合、収量の多いほうから数品種の平均をとった。1品種に限らなかったのは、正確性を犠牲にして、一般性を持たせるためである。品種⁸⁾の主流は黒田五寸系(長崎系)であるが、愛知系も混っている。

昭和37~39年と昭和41年以降では栽植密度が異なり、収量がかなり違う。それで、それぞれの期間について平均をとり、それに対する割合を求めて、その割合に対する回帰を計算した。

気象要素として、月別の平均最高気温・平均最低気温・降水量を用いた。ここでいう月とは播種してから期間で計算している。播種期は4月上旬~8月上旬である。

野菜では昼温と夜温を別々に考えなければならないことがわかってきたので、最高気温で昼温を、最低の気温で夜温を代表させて、昼夜を平均した気温を用いなかった。

(2) 重回帰分析¹²⁾

収量割合を従属変数にとり、独立変数を次の4つの場合にとって、重回帰分析をした。回帰係数・重相関係数および回帰式から得られた推定値の標準偏差は第1表のとおりである。

ケースⅠ：1ヶ月目・2ヶ月目・3ヶ月目の気象要素およびその2乗を独立変数にとる。

Ⅱ：1ヶ月目・2ヶ月目の気象要素およびその2乗を独立変数にとる。

Ⅲ：1ヶ月目の気象要素およびその2乗を独立変数にとる。

Ⅳ：1ヶ月目・2ヶ月目・3ヶ月目の気象要素を独立変数にとる。2乗の項は含まない。

第1表 重回帰式の回帰係数・重相関係数及び回帰式から得られた推定値の標準偏差

項目 場合	1ヶ月目			2ヶ月目			3ヶ月目			1ヶ月目			2ヶ月目			3ヶ月目			相関係数	推定値の標準偏差	
	定数	平均最高気温	平均最低気温	降水量	平均最高気温	平均最低気温	降水量	平均最高気温	平均最低気温	降水量	平均最高気温の2乗	平均最低気温の2乗	降水量の2乗	平均最高気温の2乗	平均最低気温の2乗	降水量の2乗	平均最高気温の2乗	平均最低気温の2乗			降水量の2乗
I	-19.42209	-1.33714	+0.51546	+0.00734	-0.08502	+1.67147	+0.00741	+1.67282	+0.05254	-0.00403	+0.02973	-0.02620	-0.00003	-0.00562	-0.03106	-0.00001	-0.04187	+0.01146	+0.00001	0.968	0.25
II	-22.72681	-1.75320	+0.74476	-0.00293	+0.03841	-0.76575	+0.00465				+0.03366	-0.02239	-0.00000	-0.00040	+0.02278	-0.00001				0.826	0.38
III	-11.56196	-1.00434	+0.32075	-0.00597							+0.01854	-0.00743	-0.00001							0.669	0.41
IV	-5.12994	+0.00337	-0.06659	-0.00148	-0.13722	+0.19558	+0.00228	-0.30797	+0.26607	+0.00011										0.887	0.28

場合は第1表と同じ。**：1%水準で有意

たとえばIVのケースについて示すと

収量割合=5.12994+0.00337(1ヶ月目平均最高気温)
 -0.06659(1ヶ月目平均最低気温)-0.00148(1ヶ月目降水量)
 -0.13722(2ヶ月目平均最高気温)+0.19558(2ヶ月目平均最低気温)+0.00228(2ヶ月目降水量)
 -0.30797(3ヶ月目平均最高気温)+0.26607(3ヶ月目平均最低気温)+0.00011(3ヶ月目降水量)……(1)
 のようになる。

(3) 回帰係数の生長(増加)・呼吸(減少)に関する部分への分解

ニンジンの収量に大きく関係するのは、光合成・生長・転流・呼吸等であるが、簡単にするために、増加に作用するものは生長に、減少に作用するものは呼吸に含ませて、この2つの項目について計算する。2次回帰を含まない場合について考察する。

記号を次のように設定する。

Y: 収量割合, i : 期($i=1$:前期(1ヶ月目), $i=2$:中期(2ヶ月目), $i=3$:後期(3ヶ月目)), g_i : i 期の生長割合, r_i : i 期の呼吸割合, T_{id} : i 期の平均最高気温, T_{in} : i 期の平均最低気温, P_i : i 期の降水量,

$a_{idg} + b_{idg} T_{id}$: T_{id} の g_i に対する寄与
 $a_{ing} + b_{ing} T_{in}$: T_{in} の g_i に対する寄与
 $a_{ipg} + b_{ipg} P_i$: P_i の g_i に対する寄与
 $a_{idr} + b_{idr} T_{id}$: T_{id} の r_i に対する寄与
 $a_{inr} + b_{inr} T_{in}$: T_{in} の r_i に対する寄与
 $a_{ipr} + b_{ipr} P_i$: P_i の r_i に対する寄与
 したがって

$$g_i = (a_{idg} + b_{idg} T_{id}) + (a_{ing} + b_{ing} T_{in}) + (a_{ipg} + b_{ipg} P_i)$$

$$r_i = (a_{idr} + b_{idr} T_{id}) + (a_{inr} + b_{inr} T_{in}) + (a_{ipr} + b_{ipr} P_i)$$

となり

$$Y = \sum_{i=1}^3 (g_i - r_i)$$

$$= \sum_{i=1}^3 ((a_{idg} + a_{ing} + a_{ipg}) - (a_{idr} + a_{inr} + a_{ipr}))$$

$$+ \sum_{i=1}^3 (b_{idg} - b_{idr}) T_{id} + \sum_{i=1}^3 (b_{ing} - b_{inr}) T_{in}$$

$$+ \sum_{i=1}^3 (b_{ipg} - b_{ipr}) P_i \dots \dots \dots (2)$$

となる。

(1)式と(2)式を比較して、同じ気象要素にかかる係数を等しいとおくと、

$$\sum_{i=1}^3 ((a_{idg} + a_{ing} + a_{ipg}) - (a_{idr} + a_{inr} + a_{ipr})) = 5.12994$$

$$\begin{cases} b_{1dg} - b_{1dr} = 0.00337 \dots \dots \dots (3) \\ b_{2dg} - b_{2dr} = -0.13722 \dots \dots \dots (4) \\ b_{3dg} - b_{3dr} = -0.30797 \dots \dots \dots (5) \\ b_{1ng} - b_{1nr} = -0.06659 \dots \dots \dots (6) \\ b_{2ng} - b_{2nr} = 0.19558 \dots \dots \dots (7) \\ b_{3ng} - b_{3nr} = 0.26607 \dots \dots \dots (8) \\ b_{1pg} - b_{1pr} = -0.00148 \dots \dots \dots (9) \\ b_{2pg} - b_{2pr} = 0.00228 \dots \dots \dots (10) \\ b_{3pg} - b_{3pr} = 0.00011 \dots \dots \dots (11) \end{cases}$$

(3)(4)(5), (6)(7)(8), (9)(10)(11)の3式ずつを連立して考える。6個の未知数に対して、3個の式なので何か条件をつけないと解けない。この計算に使った資料の範囲では、生長・呼吸ともに温度が高い程盛んになると思われる。降水量についても、灌水量¹⁾で、灌水量が多い程収量が増加する結果が得られているので、生長・呼吸ともに降水量が多いほど盛んになると仮定する。したがって、すべての未知数は正であると考える。

生長か呼吸どちらかに関係する係数は他より変化が少ない。これを簡単にするため理想化して、変化の少ないほうの係数は皆等しいとし、変化の多いほうの係数は等比級数で変化するとする。

こうすると、解があればただ一組であることが証明出来る。

得られた結果の解釈で、係数が等しいということは係

数の変化が他より少ないことを意味し、等比級数で変化
する方の係数についてはそれにより係数の大小を知ると
いう程度である。

しかし、これだけでも気象要素の影響を説明するの
に、いづらか動的にすることが出来る。

(3), (4), (5)から

$$b_{1dq} = b_{2dq} = b_{3dq} = 0.65874 \dots\dots\dots(12)$$

$$b_{1dr} = 0.65537 \dots\dots\dots(13)$$

$$b_{2dr} = 0.79596 \dots\dots\dots(14)$$

$$b_{3dr} = 0.96671 \dots\dots\dots(15)$$

(6), (7), (8)から

$$b_{1nq} = b_{2nq} = b_{3nq} = 0.29199 \dots\dots\dots(16)$$

$$b_{1nr} = 0.35858 \dots\dots\dots(17)$$

$$b_{2nr} = 0.09641 \dots\dots\dots(18)$$

$$b_{3nr} = 0.02592 \dots\dots\dots(19)$$

(9), (10), (11)から

$$b_{1pq} = 0.00436 \dots\dots\dots(20)$$

$$b_{2pq} = 0.00812 \dots\dots\dots(21)$$

$$b_{3pq} = 0.00595 \dots\dots\dots(22)$$

$$b_{1pr} = b_{2pr} = b_{3pr} = 0.00584 \dots\dots\dots(23)$$

となる。

3. 考 察

(1) 重回帰式のIのケース

回帰が1次でないかも知れないし、また気象の適値を
求めるのに都合がよいと考えて、2次の項も入れてみた。
重相関係数は0.968とかなり大きい。しかし、2乗
を入れないIVの場合もかなり高く、2次の項を入れた効
柄はそう大きくない。

この式から気象要素の適値を求めてみた。2次式なの
で、偏微分して、最高がデータの範囲内で決められ
れば、その値を適値とし、それ以外では、データの範囲の
境界点で収量を最高にする点を求めた。

第2表 短根エンジン栽培の気象の適値(暖地系品種)

気象要素 時期	平均最 高気温	平均最 低気温	降 水 量
	1ヶ月目	31°C	10°C
	高い程よい	(低い程よい)	(少い程よい)
2ヶ月目	25°C	22°C	350mm
	低い程よい	高い程よい	多い程よい
3ヶ月目	20°C	20°C	300mm
	低い程よい	高い程よい	多い程よい

()はIVから求めた傾向

得られた結果を第2表に示す。

1ヶ月目の平均最低気温・降水量以外は、使った資料
の境目の値である。すなわち、1次回帰式で、回帰係数
が正ならば、データの範囲で高いか、多いほどよく、係
数が負ならば、低い、少ないほどよいこととして決めたの
と同じである。また、1ヶ月目の平均最低気温・降水量
についても、データの範囲の最低値・最小値に近く、2
次の項を含まない式からきめる適値とあまり変らない。

結局、この場合は、気象の適値を求めるのには、2次
の項が入った式を用いても、1次の項だけの式を用いて
もあまり差がない。

埼玉県気象累年報⁹⁾の1897~1954年の58年の平均値を
使って、播種期別の平均収量割合(指数)を計算したの
が第3表である。

第3表 短根エンジンの年収量割合(指数)の、
埼玉における播種期別の予測

播種期	4月20日	5月1日	5月10日	5月20日	6月1日
収 量 割 合	1.01	1.67	1.77	1.47	1.15
播種期	6月10日	6月20日	7月1日	7月10日	7月20日
収 量 割 合	0.85	1.23	0.94	0.89	0.67

5月に播種すると収量が多くなると予測される。これ
は、黒田五寸系(暖地系)を使った為と考えられる。も
う一つは、収量を、播種から収穫までが3ヶ月のを使
ったため、7月播種になると後期にまだ十分根が肥大し
ていないのも原因かと思われる。

(2) 重回帰式のIIの場合

重相関係数は0.826で高い。この式に2ヶ月目までの
気象要素を代入して、予測がある程度可能と思われる。

(3) 重回帰式のIIIの場合

重相関係数は0.669でそれほど小さくない。計算した
収量割合(指数)は大体的値向は合っているが、かなり
違っているものもある。目安は得られるが、そう信頼も置
けない。

(4) 重回帰式のIVの場合

重相関係数は0.887で高い。2ヶ月目の降水量、3ヶ
月目の平均最高気温・平均最低気温にかかる係数が1%
水準で有意である。

重相関係数が高いことは、さらに他の独立変数を加え
てもそう重相関係数を高くすることが出来ないことを意
味し、したがって、各月の各気象要素は大体独立である
と考えられる。

回帰係数を生長(増加)と呼吸(減少)に関するもの
に分解して考える。

平均最高気温(昼温)については、1ヶ月目は高いほうがよく、2ヶ月目・3ヶ月目には低いほうがよい(第2表)。これは、(12)式で昼温に対する生長割合は時期による変化が小さいが、(13)・(14)・(15)により呼吸(消費)割合が後期になるにつれて大きくなるためと思われる。

平均最低気温(夜温)については、1ヶ月目は低いほうがよく、2ヶ月目・3ヶ月目は高いほうがよい(第2表)。これは、(16)式で夜温に対する生長割合は、時期によって変わらないが、(17)・(18)・(19)式により、呼吸¹¹⁾(消費)割合は後期の根の肥大期になるにつれて減少するためと考えられる。夜温の高いほうが、根は効率よく肥大し、その割に呼吸をしない。

降水量については、1ヶ月目は少ないのがよく、2ヶ月目・3ヶ月目は多いのよい(第2表)。

これは、(20)・(21)・(22)式で、降水量に対する生長割合が、2ヶ月目に高く、1ヶ月目に低いが、(23)式により、呼吸(消費)割合は時期により変わらないことによる。2ヶ月目頃は生長が盛んなときで水分¹²⁾を多く必要とするためと思われる。

4. 摘 要

暖地系の短根ニンジン収量の気象要素(1ヶ月目・2ヶ月目・3ヶ月目の各々の平均最高気温・平均最低気温・降水量)に対する重回帰分析をした。

用いたデータは埼玉園試入間川支場・茨城園試のものである。

(1) ケースⅠの回帰係数は第1表に示した。

重相関係数が0.968と高い。暖地系の品種は、埼玉では5月に播種すると収量が多くなると計算された。

(2) ケースⅡの回帰係数を第1表に示した。重相関係数が0.826とかなりあり、これを使って大体の予測が出来ると考えられる。

(3) ケースⅢの回帰係数第1表にある。重相関係数は0.669であり、これで収量の大概の見当は予測出来るものと思われる。

(4) ケースⅣの回帰係数は第1表にある。重相関係数は0.887と高い。回帰係数を生長(増加)・呼吸(減少)に関する部分に分解して考察した。

各気象要素ごとに考え、生長・呼吸の一方に関する係

数は変化が少なく、他方に関する係数は時期によって差があるとして係数を求めた。

回帰係数から判断して温度については、前期は昼温が高く、夜温が低いのがよいが、中期・後期は昼温が低く夜温が高いのがよい。これは、昼温については、後になるほど、呼吸(消費)割合が高くなるが、夜温については、後になるほど、呼吸(消費)割合が低くなることによる。

降水量については、前期に少く、中・後期に多いのがよい。これは、中・後期の根の生長に水が多く必要なためと考えられる。

引用文献

- 1) BRADLEY, G., SMITTLE, D., KATTAN, A. A. and SISTRUNK, W. A., 1967: Planting date, irrigation, harvest sequence, and varietal effects on carrot yields and quality. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 90, 223—234.
- 2) 大後美保, 1945: 日本作物気象の研究, 朝倉書店.
- 3) 広崎昭太, 御子柴穆, 1973: 重回帰モデルによる水稻生育制御の一方法, 農技研報A, 20, 17—60.
- 4) 堀裕, 新井和夫, 1969: 育苗時の昼夜温の組合せとトマト苗の生育ならびに定植後の生育に関する試験, 園試そ菜花き研究年報, 昭和43年度, 67—71.
- 5) 入子善助, 塩野勇, 佐藤光興, 1963—65: そ菜試験成績書, 埼玉農試入間川支場.
- 6) 入子善助, 沢田博, 塩野勇, 佐藤光興, 1967—71: そ菜試験成績書, 埼玉園試入間川支場.
- 7) 勝又広太郎, 1967: ニンジンの生育と栽培の諸問題 農及園, 42 (10), 1499—1504.
- 8) 勝又広太郎, 1968: ニンジンの品種分化と発達(2), 農及園, 43 (9), 1371—1375.
- 9) 熊谷測候所 (地方気象台), 1955: 埼玉県気象累年報.
- 10) 丸川慎三外, 1970: そ菜試験成績書, 茨城園試.
- 11) 宮城耕治, 内村征生, 1966: 五寸ニンジンの特性に関する試験〔第1報〕, 農及園, 41(4), 645—646.
- 12) 塩谷実, 浅野長一郎, 1967: 多変量解析論, 共立出版.

Summary

In order to make clear the relationship between the carrot yield and weather elements, namely mean maximum temperature, mean minimum one, and precipitation, multiple regression analyses have been done.

(1) In case independent variables are weather elements of the first month, the second month and the third month, and their squared values, regression coefficients are so high as shown on the Table 1 and multiple correlation coefficients is 0.968.

The sowing time for good yield is calculated in Saitama by using of this regression equation and the May is found as the optimum time.

(2) In case independent variables are weather elements of the first month, and their squared values, regression coefficients are shown on the Table 1 and multiple correlation coefficient is 0.826. The yield can be forecasted by this equation and the reliability of the forecasting is high enough to practical use.

(3) In case independent variables are weather elements of the first month, the second month and the third month, not including their squared values, regression coefficients for each weather element have been divided into two parts of growth and respiration. In this case, the part of growth includes all the factors affecting yield increase, and the part of respiration includes all the factors affecting yield decrease.

Judging from the values and the sign of regression coefficients, in the first month, it is better that the temperature in day time is higher and the temperature in night time is lower.

In the second and third month, the lower the temperature in day time and the higher the temperature in night time, the better the yield.

This phenomena have the narrow relation with the respiration rate : The respiration rate to the temperature in day time becomes higher and one to the temperature in night time becomes with the time.

Less precipitation in the first month and more one in the second and third month bring good yield. This reason may explain from the water need of the carrot, that needs more water for its root growth especially in the second and third month.