

ピーマン作経営における弱毒ウイルス利用の現状と課題

飯国 芳明・小西 弘晃・西井 一成
(農学部農業経営学研究室)

Current Situation and Issues of Utilization of Attenuated Virus in the Green Pepper farming

Yoshiaki IIGUNI, Hiroaki KONISHI and Kazushige NISHII

Abstract : Current Situation and Issues of Utilization of Attenuated Virus in the Green Pepper Farming, Yoshiaki IIGUNI, Hiroaki KONISHI and Kazushige NISHII, *Laboratry of Farm Manegement, Faculty of Agriculture*, The object of this study is to investigate the factor which obstructs the spread of utilization of attenuated virus (KG b 3-1943) in the green pepper farming and make clear the condition for the spread of it. The results are summrized as follows. 1) Even though various attenuated virus have been exploited for the control of TMV-P of green pepper, utilization of it is not spread at all. It is due to the low level of yield of inoculated plants. Current level of yield inoculated plants is not high enough to spread the utilization under the present rate of TMV-P incidence and degree of risk averesion of farmers. 2) As the partial spread, it is available for farmers who have the field on which the rate of incidence is more than about 55% to use the attenuated virus. It is, however, unrealistic for the farmers whose degree of risk aversion is high to use the attenuated virus. 3) To level up the yield of the inoculated plants more than about 5% is necessary for the extensive spread.

緒 言

現在、ピーマンの促成栽培においてタバコモザイクウイルスの新しい系統、(以下 TMV-P とする) による被害が問題となっている。この系統は 1978年に千葉県で発生し¹⁾、1981年頃から高知県でも発生するようになった。そして近年、発生割合・発病程度はともに上昇傾向にある (Table 1. を参

Table 1. Rate of Incidence of TMV-P Kochi Prefecture, 1979-1988

Year	Rate to the Planted Acreage
	----- Percent -----
1979	25.7
1980	20.5
1981	19.3
1982	33.0
1983	19.0
1984	27.5
1985	38.1
1986	28.5
1987	49.0
1988	53.5

Source : Kochi Prefecture, Annual Report Forecasting Incidence of Harmful Animals and Plants in Agriculture 1979-88

照)。強毒の TMV-P が発生すると品質や収量の低下が引き起こされ、農家の収益の低下を招く。この防除法の1つとして、弱毒ウイルスの利用が検討され、現在も導入のための試験的な防除が行われているが、いまだピーマン生産農家に広く普及するには至っていない。そこで本研究では、高知県農業技術研究所が開発した KG b 3-1943 を取り上げ、その普及の妨げとなっている原因を明らかにするとともに、普及のために必要な条件を導いて弱毒ウイルス利用による防除の可能性を検討した。

分析方法および資料

本研究ではウイルス病の発生という不確実な事象に対する農家の行動を取り扱うことから、期待効用理論を援用して分析をすすめた。すなわち、(1)期待効用理論に基づいた効用関数を用いて農家の行動を定式化したのちに、(2)ピーマンの収量、TMV-P の発生確率および農家の危険回避度といった諸要因と弱毒ウイルス利用水準の相互関係を明らかにした。(3)この分析を踏まえて、現在の弱毒ウイルス技術がいかなる水準にあるか、また、今後どのような技術改良が望まれるかについての検討をおこなった。

まず農家の効用関数として、フロイントの効用関数を採用した。フロイント型の効用関数は一般に次式で表される²⁾。

$$U(Y) = 1 - \exp \{-aY\} \quad a > 0 \quad (1)$$

ここで、 a は農家の危険に対する態度を表す行動パラメータ、 Y は純収益である。栽培にかかる費用と総作付面積を一定として考えたとき、費用を上回る部分の収量と純収益は、比例関係にある。このことから以下では収量を Y の代理変数と考えることにする。

さらに、(1)式と TMV-P の発生確率から農家の期待効用関数 EU を定式化したのが、次式である。

$$EU = P(1 - \exp \{-a(E(Y_1|D) - E(Y_2|D)) \alpha + E(Y_2|D)\}) + (1 - P)(1 - \exp \{-a(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0)) \alpha + E(Y_2|D_0)\}) \quad (2)$$

ここで、 α は弱毒ウイルス接種苗の植付割合、 Y_1 は弱毒ウイルス接種を接種した場合の収量、 Y_2 は弱毒ウイルスを接種しなかった場合の収量を表す。また、 D は TMV-P の発生を、 D_0 は TMV-P が発生しないことをそれぞれ表す。さらに、 $E(\cdot)$ は期待値を示す記号であり、例えば、 $E(Y_1|D_0)$ は TMV-P が発生しない場合の弱毒ウイルス接種圃場の収量を示す。(2)式の右辺第1項は、TMV-P が発生したときの農家の効用を、その発現確率 P でウエイトづけたものであり、第2項は TMV-P が発生しないときの効用を、発現確率 $(1 - P)$ でウエイトづけたものである。そして、この2つを加えたものがピーマン生産農家の効用の期待値 EU となる。農家は、この期待効用 EU 極大化させるように弱毒ウイルス接種苗の植付を行うが、ここで各パラメータについて考えた場合農家によって操作可能な変数は、 α だけとなる。そこで、EU を α で微分し、期待効用極大のための一次条件を求めると、次式ようになる。

$$P(-a(E(Y_1|D) - E(Y_2|D))) \exp \{-a(E(Y_1|D) - E(Y_2|D)) \alpha + E(Y_2|D)\} + (1 - P)(-a(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0))) \exp \{-a(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0)) \alpha + E(Y_2|D_0)\} = 0 \quad (3)$$

また、上式の左辺をさらに α で微分すると (4) 式が得られる。

$$P \left((a(E(Y_1|D) - E(Y_2|D)))^2 \exp \{ - (a(E(Y_1|D) - E(Y_2|D)) \alpha + E(Y_2|D)) \} \right) \\ + (1-P) \cdot ((a(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0)))^2 \exp \{ - (a(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0)) \alpha + E(Y_2|D_0)) \}) \quad (4)$$

(4) 式の値は常に負になるため、EU は α に対して上に凸の関数となり、極大のための二次条件を満たす。また、(3) 式を展開すると次式を得る。

$$\alpha = (-\ln(-P(E(Y_1|D) - E(Y_2|D))) + \ln((1-P)(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0))) + E(Y_2|D) \\ - E(Y_2|D_0)) / (-a(E(Y_1|D) - E(Y_2|D)) + a(E(Y_1|D_0) - E(Y_2|D_0))) \quad (5)$$

この式を用いて、接種苗の植付割合 α を規定している各パラメータ Y , P , a の水準を変化させ、パラメータと弱毒ウイルス利用水準 α との相互関係を明らかにし、現在の弱毒ウイルスの技術水準の評価および今後望まれる技術改良の方向を検討した。

なお、各パラメータの現在の水準を推定する方法ならびに推定に用いた資料をまとめると以下のようになる。

1) TMV-P の発生確率 P : 強毒 TMV-P は収穫の始まる 11 月頃から、収穫の終わる 4 月、5 月までのいずれの時期でも発病するが、収量に実質的な影響を及ぼすのは厳寒期の 1 月から 3 月に発生する強毒ウイルスである。そこで本研究では 1 月から 3 月の平均発病株率の累計を TMV-P の発生確率として分析を行った。推定は高知県『農作物有害動植物発生予察事業年報』(1981 年度～1988 年度) 及び、安芸病害虫防除所における聞き取り調査に基づいておこなった。また、発病株率は 1987 年から 1989 年の 3 年間の平均値を用いた。

2) 期待収量 $E(Y)$: これは、まず強毒の TMV-P が発生した場合 $E(Y|D)$ と発生しない場合 $E(Y|D_0)$ の 2 つのケースに大別できる。そして、各々のケースはさらに弱毒ウイルスを接種する場合としない場合に細分され、計 4 つの期待値 $E(Y_1|D)$, $E(Y_2|D)$, $E(Y_1|D_0)$, $E(Y_2|D_0)$ からなる。 $E(Y_2|D_0)$ を除く 3 つの期待値は既存の統計や聞き取りをもとに比較的容易に推定できる。しかし、強毒の TMV-P が発生する場合の無接種圃場の収量は強毒ウイルスの発生時期の早晩によって収量変動することから、この場合の収量期待値だけはやや煩雑な推計をしなければならない。

すでに述べたように、発生が実質的に収量へ影響を及ぼし、また発生頻度も高くなるのが厳寒期の 1 月から 3 月である。そこで収量に影響を与えるのは、この 3 ヶ月間に発生した強毒ウイルスだけであると想定し、以下の分析でもこれを前提とする。

収量の期待値を得るにはまず発生月別の収量を推定する必要がある。それには例えば TMV-P が 1 月に発生した場合には、1 月以降の収量が減少すると考えられるので、1 月以降の収量を推定しこれを 12 月までの正常な収量と合計して 1 月発生時の収量とする方法をとる。同様に、2 月、3 月に発生した場合においても発生時以降の収量を推計し、それぞれの収量を推定する。こうして得られた各収量にそれぞれの月の発病株率を乗じて期待値をとると、強毒 TMV-P 発生時の無接種圃場の期待収量を得ることができる。この手順を数式化すると以下のようになる。

いま 1 月に新たに発病した株率を P_1 、同様に 2 月、3 月に新たに発病した株率を P_2 , P_3 とする。またここで、簡単化のために全体の発生程度は一定の割合で進むと仮定する、すなわち、2, 3 月の発生確率は 1 月の発生確率に比例して変化すると仮定すると各月の発生確率は (6) 式から (8) 式のように表すことができる。

$$1 \text{ 月の発生確率} : P_1 \quad (6)$$

$$2 \text{ 月の発生確率} : P_2 = \theta_2 P_1 \quad (7)$$

$$3 \text{ 月の発生確率} : P_3 = \theta_3 P_1 \quad (8)$$

ただし、 θ_2 、 θ_3 は定数である。ここで、 P を(9)式で定義すると(7)、(8)式より(10)式が得られる。

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (9)$$

$$P = P_1(1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (10)$$

(9)式より

$$1 = \frac{P_1}{P} + \frac{P_2}{P} + \frac{P_3}{P} \quad (11)$$

(11)式の右辺の各項を p_1 、 p_2 、 p_3 に置き換えると(12)式を得る。

$$1 = p_1 + p_2 + p_3 \quad (12)$$

ここで、 p_1 、 p_2 、 p_3 を用いて TMV-P 発生時の無接種圃場の期待収量 $E(Y_2|D)$ を求めると次式を得ることができる。

$$\begin{aligned} E(Y_2|D) &= p_1 Y_{21} + p_2 Y_{22} + p_3 Y_{23} \\ &= \frac{1}{(1 + \theta_2 + \theta_3)} Y_{21} + \frac{\theta_2}{(1 + \theta_2 + \theta_3)} Y_{22} + \frac{\theta_3}{(1 + \theta_2 + \theta_3)} Y_{23} \end{aligned} \quad (13)$$

なお、ここで、 Y_{21} は強毒ウイルスが1月に発生したときの無接種圃場の収量を表す。同様に Y_{22} 、 Y_{23} は強毒ウイルスがそれぞれ2月、3月に発生したときの収量を表す。

期待収量の推定は高知県『病害虫および雑草防除改善は試験成績書』(1984年度～1988年度)及び、高知県農業技術研究所・安芸病害虫防除所における聞き取り調査に基づいておこなった。

3) 農家の危険回避度 a : この数値は現実の農家の行動から導かれなければならない。したがって、農家の危険に対する態度を聞き取り、そこから危険回避度を推計した。手順は以下の通りである。まず、個々の農家に所得として0円あるいは600万円が等しい確率でランダムに起こる経営を考えてもらう。一方、毎年定額の所得が得られる経営を考えてもらい、前者と後者の選好が等しくなる所得額を聞き取り、これを確実同値額とする。ここで、仲上³⁾の単一効用関数の係数決定プログラム「UCAE1」を援用すると、得られた確実同値額から個々の農家の危険に対する行動パラメータ a を導くことができる。

聞き取り対象は高知県南国市農協・ピーマン生産部会の生産者18人とした。うち、有効回答数は15であった。聞き取りを行った農家の確実同値額はおおむね平均値284万円付近に集中しており、平均値±Sに80%が含まれる。聞き取った確実同値額の平均値284万円で、上述プログラムを援用することにより係数の値0.00035623を決定した。

結果および考察

まず, Fig. 1. は(5)式をもとに現在の収量水準の下での発生確率 P ・危険回避度 a に対する植付割合 α の水準を3次元グラフィックスで表したものである。この図から, α が $a \cdot P$ に対して準凹型をしており, a や P が高くなるほど, α の水準が高くなることがわかる。また, P が一定水準以上になると, いかなる a に対しても α が1になることも読み取れる。

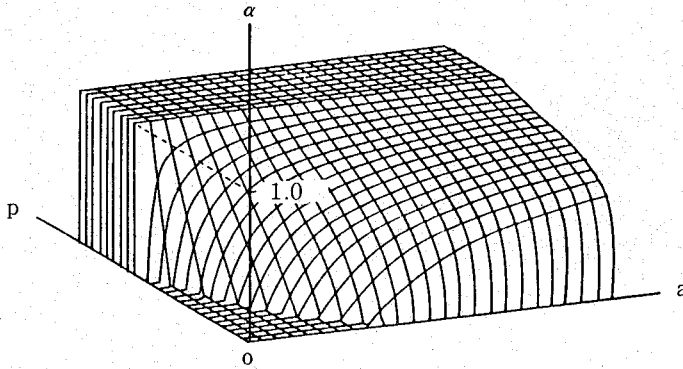


Fig. 1. Optimal ratio of planting α correspond to rate of incidence P and degree of risk aversion a .

次に, Fig. 2 は, α をパラメトリックに変化させた場合の a と P の関係を見たものである。まず, α の水準であるが, これは 0, 0.5, 1 の3通りを想定した。図ではそれぞれに対応する3つの曲線が描かれている。これは Fig. 1. の等高線にあたるものである。まず, $\alpha = 0$ を表す曲線であるが, これより下の領域においては接種苗の植付は行われないことを示している。逆にこれより上の領域においては, 接種苗の植付が行われることを示している。 α の値が0から大きくなるにしたがって, しいに接種苗の植付割合が高まり, $\alpha = 0.5$ の曲線上において接種苗と無接種苗の植付割合が等しくなる。そして, $\alpha = 1$ より上の領域についてはすべて接種苗が植付されることになる。ここで問題となるのは, $\alpha = 0.5$ の曲線の解釈である。この数値は, 弱毒ウイルス接種苗と無接種苗を半分ずつ植付けることを意味するが, 実際には接種苗・無接種苗を一つの圃場に栽培することは不可能である。したがって, α が0.5より大きければ圃場全体において接種苗の植付, 0.5より小さければ同様に無接種苗の植付というように, $\alpha = 0.5$ は接種苗・無接種苗植付の実質的な分岐点になる値と考えることができる。ここで P, a について現在の平均的な値を点Aとして Fig. 2 に示すと, 点Aは実質的な植付分岐点の $\alpha = 0.5$ の曲線から大きく離れており, この点での α の水準は0である。したがって, 現状では弱毒ウイルスが広く利用される可能性がないことになる。この結果は, 現在の普及状況と整合的である。このように接種苗がほとんど植付されないのは, 現在の a や P に対して, 弱毒ウイルス苗の収量水準 Y_1 が低すぎることに原因があると考えられる。

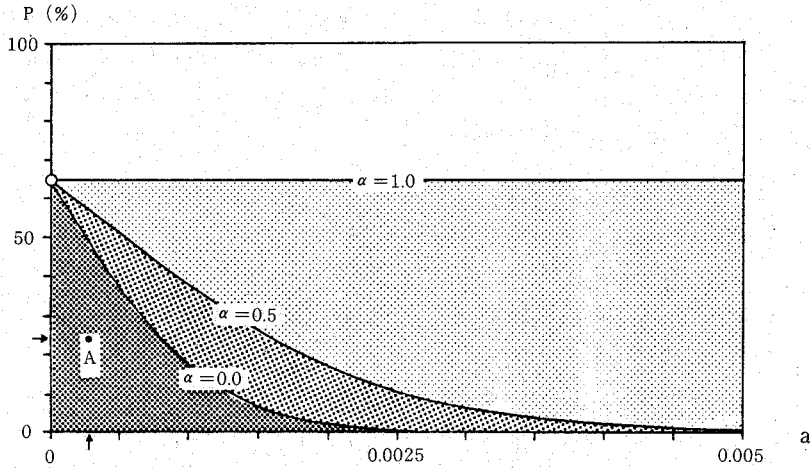


Fig. 2. Relationship between degree of risk aversion a and rate of incidence P .

次に、平均的な危険回避度0.00035623の下での P と α の関係を示したのが Fig. 3 である。この図から、 $P=45\%$ までは $\alpha=0$ であり、弱毒ウイルスの利用は行われないうこと、また、 $P=55\%$ のときに $\alpha=0.5$ 、 $P=64\%$ のときに $\alpha=1$ となることから、現在の農家の平均的な危険回避度の下では、3月までの発病株率が平均で55%以上にならないと接種苗の実質的な植付が始まらないことがわかる。したがって、現在の平均的な発生確率26.3% (図中矢印)の下では、接種苗の利用はとうてい考えられないことになる。しかし、発生確率は圃場によって大きく差があり、ほとんど毎年発病するものもある。したがって、こうした発生確率の高い(55%以上)圃場については、現在の弱毒ウイルス接種苗であっても利用される可能性があるのではないかと考えられる。

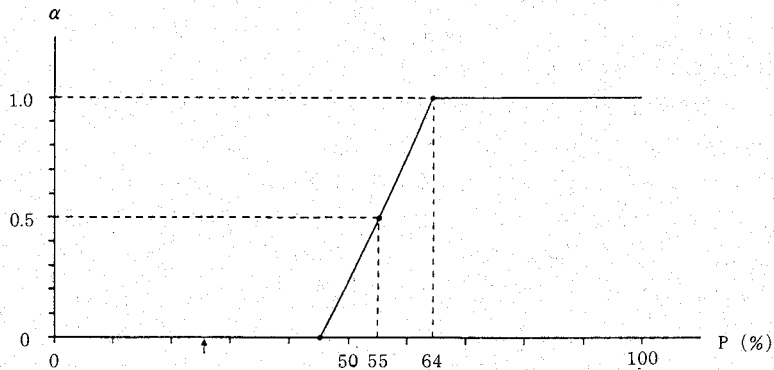


Fig. 3. Relationship between rate of incidence P and ratio of planting α .

さらに、 P が平均値26.3%の下での a と α の関係を示す Fig. 4 を作成した。この図から $a=0.00075$ までは $\alpha=0$ であり、接種苗の植付が開始されるには a の値が0.0015まで上昇しなくてはならない

ことが読み取れる。a の範囲は、確実同値額の平均値 $\pm S$ (S: 標準偏差) のときに 0.00009335 から 0.0062134 (確実同値額: 295.8 万円から 272.2 万円) になり、 $\pm 2S$ のとき同様に 0.00016896 から 0.0089039 (同様に 307.6 万円から 260.4 万円) に広がる。しかし、 $-2S$ の付近でわずかに α が 0 を上回るほかは α は 0 のままである。しかも、この危険回避度は、現実の農家の行動から導いた値であって、安易に変動するとは考え難い。こうしたことから危険回避度の大きな農家を選定して弱毒ウイルスを普及させるということは困難であると考えられる。

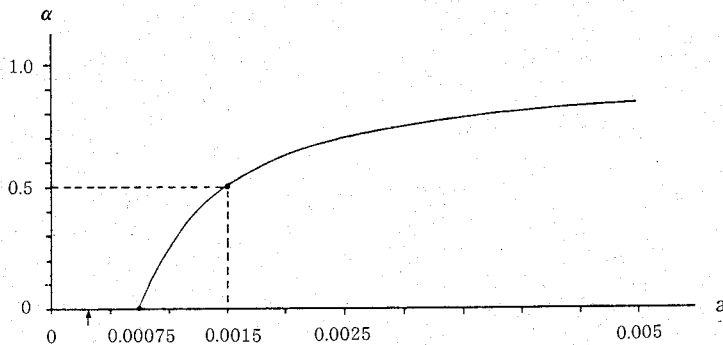


Fig. 4. Relationship between degree of risk aversion a and ratio of planting α .

以上の結果から現在の各パラメータの水準では、特殊な条件の農家での弱毒ウイルス利用の可能性はあるものの、ピーマン生産農家一般に普及する状況にはないことが明らかになった。そこで、技術的パラメータである Y の水準を変化させ広範な普及の可能性を検討してみた。すなわち、 P , a , $E(Y_2|D)$, $E(Y_1|D_0)$ を現在の水準とし、 $\alpha = 0.5$ になるような Y_1 の水準を求めた。これは、実際に普及するであろう場合の接種区の収量を意味し、普及のための技術目標ということができる。試算の結果、この Y_1 の水準は現在の Y_1 の収量を約 5% 増やすこと、すなわち、接種による減収を 5% 程度に抑えることができれば、弱毒ウイルスの利用が広く普及するという結果が得られた。

要 約

本研究では、ピーマン作経営における弱毒ウイルス (KG b 3-1943) の利用拡大を阻んでいる原因を明らかにし、これを広く普及させるための条件を導いた。

分析結果をまとめると以下ようになる。

- 1) これまでさまざまな弱毒ウイルスが TMV-P 防除のために開発されてきたが、それらはほとんど普及するに至っていない。これは接種株の収量水準 Y_1 の低さに原因がある。現在の収量水準では TMV-P 発生確率 P ・農家の危険回避度 a の水準からみて広範な普及は困難である。
- 2) 部分的な普及としては、発生確率が 5% を越えるような圃場については弱毒ウイルス利用は有効であるが、危険回避の程度が大きい農家を選定して導入するということは、現実性を持たないことが明らかになった。
- 3) 弱毒ウイルスの利用を広く普及させるためには、弱毒ウイルスを接種した場合の収量 Y_1 を、現在の水準より 5% 程度上げること、したがって、減収の程度を 5% 程度に抑えることが必要である。

文 献

- 1) 長井雄治：TMVトウガラシ系によるピーマンのモザイク病, 千葉県農業試験場特別報告, 第9号, 19-23, (1981)
- 2) 今村幸生：農業経営設計計画の理論と応用, 322-342, 養賢堂, 東京, (1964)
- 3) 仲上健一：環境経済システム論, 196-199, 実務教育出版, 東京, (1986)

(1990年 9月29日受理)

(1990年12月27日発行)