

## ロジスティック回帰による福島県におけるモモせん孔細菌病 春型枝病斑の発生助長要因の解析

七海隆之

### Logistic regression analysis of risk factors for spring canker incidence of bacterial spot on peach in Fukushima Prefecture

Takayuki NANAUMI

#### Abstract

Bacterial spot, caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (*Xap*), is the most important disease that affects peach in Fukushima Prefecture and “spring cankers”, peach twigs damaged by *Xap* was considered very strong inoculum source of bacterial spot on peach. Here we identified the risk factors for spring canker and developed a disease-forecasting model. The model was based on parameters for weather data collected for September, October and November of 2008 through 2019, combined with data on bacterial spot incidence (BSI) obtained from 13 to 18 fields per year in September from 2008 through 2019. The model, developed using a logistic regression analysis, included the percentage of fields with BSI on leaves  $\geq 10\%$  in early September of the previous season and the number of days with rain ( $\geq 10$  mm/day) and maximum wind speed (5m/s) during the previous October as predictors, and explained 60.0 % of the variability. These results suggest that the previous season’s BSI and weather variables can be used to predict the risk of spring cankers of bacterial spot on peach.

(Received October 29, 2021 ; Accepted March 1, 2022)

Key words : Bacterial spot on peach, Spring canker, Risk factor, Disease-forecasting model

キーワード : モモせん孔細菌病、春型枝病斑、発生助長要因、発生予測式

モモせん孔細菌病は枝、新梢葉及び果実に発生する雨媒伝染性の難防除病害である<sup>5)</sup>。福島県は全国第2位のモモ産出県であるが、1999年頃から本病が多発傾向にあり、年度によって甚大な果実被害が発生するなど、モモ生産者にとって深刻な問題となっている。

本病原は3種報告されているが<sup>8)</sup>、福島県での優占種である *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (以下、病原細菌という。)は前年秋季に新梢に感染した場合は新梢組織内で潜伏越冬し、翌年の春季に一次伝染源となる春型枝病斑を形成する<sup>2), 5)</sup>。この春型枝病斑は、その後の本病発生に影響を与える強力な伝染源であり、その年の生産を脅かすことから、病斑の

せん除が重要な防除対策である<sup>6), 7)</sup>。

そのため、春型枝病斑の発生を助長する要因を解明し、それに基づいた発生予測が可能になれば、病虫害防除所等の指導機関から発生予察情報を早期に発信することができ、生産現場で病斑せん除の徹底が図られることで本病の被害低減に繋がることが期待される。

これらのことから、本研究ではロジスティック回帰によって福島県における春型枝病斑の発生助長要因を解析するとともに、その結果から得られる春型枝病斑の発生ほ場割合の発生予測式の精度検証を行った。

## 1 試験方法

Kawaguchi<sup>4)</sup>に準じ、病害虫防除所の定期調査データと気象データを用いてロジスティック回帰を行った。さらに、各年の発生ほ場割合の実測値と本解析によって得られた発生予測式による予測値の単回帰分析を行い、発生予測式の精度について検証した。

### (1) 供試データ

発病データは病害虫防除所がモモの主産地である県北部（福島市、伊達市、国見町及び桑折町）において2009～2020年に主力品種「あかつき」を対象として実施した定期調査データのうち、前年9月上旬から当年5月下旬まで欠測のない183事例（13～18事例/年）を供試した。なお、2008年までの調査データは欠測が多いことから解析から除外した。

### (2) 目的変数

病害虫防除所は4月中旬、5月上旬及び下旬に春型枝病斑の調査（1ほ場につき1年枝90本を対象とした調査）を実施し、発病枝率（春型枝病斑が発生した枝の割合）を算出しているが、発病枝率が2%以上となった場合、県の独自基準で中発生以上となるため、「4月中旬～5月下旬に発病枝率が2%以上となるほ場割合 $P$ 」を目的変数とした。

### (3) 説明変数

病原細菌が9月上中旬以降に新梢に感染した場合、翌年に春型枝病斑を形成することから、発病要因については9月上旬の新梢葉での発病調査データのうち、発病葉率10%以上となったほ場数のオッズ（該当ほ場数/非該当ほ場数）を説明変数とした（表1）。

また、気象要因については、病原細菌の生育適温が25℃前後であること、本病の発生には風雨の影響が大きいことを考慮して選択し（表1）、その中から春型枝病斑の発生と明確な関係性（相関係数 $r > 0.2$ かつ $P$ 値 $< 0.05$ ）が認められるものを説明変数とした。

### (4) ロジスティック回帰及び発生予測式の検証

統計ソフト「EZR」<sup>1)</sup>を用いて、発病要因の説明変数に各気象要因の説明変数を組み合わせ、赤池情報量規準（AIC）によるステップワイズ変数選択法により、回帰係数が0であるという帰無仮説に対する $P$ 値が0.05以下になるような要因を選抜した。

さらに、ロジスティック回帰によって得られた各選抜要因の回帰係数から発生予測式を作成し、各年の発生ほ場割合の実測値と予測式による予測値の単回帰分析を行い、発生予測式の精度を検証した。

## 2 試験結果

ロジスティック回帰の結果、影響が大きい（回帰係数が大きい）要因順に「前年9月上旬の発病葉率が10%以上のほ場数のオッズ（a）」、「前年10月に降水量10mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数（b）」が選抜された（表2）。

また、選抜された要因のオッズ比はaで17.7、bでは1.9であった（表2）。

さらに、選抜された要因の回帰係数から導き出された発生予測式は以下のとおりとなった。

$$P = 1 / \{1 + \exp[-(2.875a + 0.663b - 3.247)]\}$$

(AIC=148.1)

また、発生ほ場割合の実測値と本予測式による予測値の単回帰分析によって得られた補正決定係数は $R^2=0.60$ であった（図1）。

表1 解析に用いた要因

発病要因	前年9月上旬の発病葉率が10%以上のほ場数のオッズ
気象要因	前年9月の1mm以上、5mm以上、10mm以上、20mm以上の各降雨日数
	前年10月の1mm以上、5mm以上、10mm以上、20mm以上の各降雨日数
	前年11月の1mm以上、5mm以上、10mm以上、20mm以上の各降雨日数
	前年9月の最大風速5m/s以上の日数
	前年10月の最大風速5m/s以上の日数
	前年11月の最大風速5m/s以上の日数
	前年9月の降水量1mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年9月の降水量5mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年9月の降水量10mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年9月の降水量20mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	* 前年10月の降水量1mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年10月の降水量5mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	* 前年10月の降水量10mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	* 前年10月の降水量20mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年11月の降水量1mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年11月の降水量5mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年11月の降水量10mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年11月の降水量20mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数
	前年9月の最高気温が25℃以上の日数
	前年10月の最高気温が25℃以上の日数
	前年11月の最高気温が20℃以上の日数
	前年9～10月に東北地方に接近した台風の数

\*：相関係数 $r > 0.2$ かつ $P$ 値 $< 0.05$ であることを示す。

表2 4月中旬～5月下旬に発病枝率が2%以上となるほ場割合に影響を与えるロジスティック回帰(2009～2020年)

要因	回帰係数	回帰係数の標準誤差	Z値	P値	オッズ比 <sup>*)</sup>
前年9月上旬の発病葉率が10%以上のほ場数のオッズ	2.875	0.436	6.592	<0.0001	17.7
前年10月の降水量10mm以上かつ最大風速5m以上の日数	0.663	0.232	2.855	0.0043	1.9
切片	-3.247	0.493	-6.582	<0.0001	—

\*) 相対的な危険度を示す指数

AIC=148.1

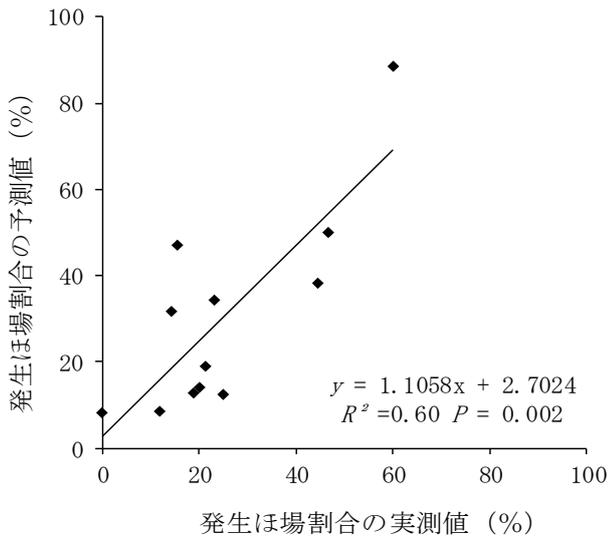


図1 発病枝率2%以上の発生ほ場割合の実測値と予測値の単回帰分析

### 3 考察

本解析結果から、前年秋季の新梢葉での発生程度と前年10月の気象(まとまった降雨と強い風が同一日に観測された日数)が春型枝病斑の発生助長要因であることが明らかになった。また、相対的な危険度を示すオッズ比に着目すると、「前年9月上旬の発病葉率が10%以上のほ場数のオッズ」のオッズ比が「前年10月に降水量10mm以上かつ最大風速5m/s以上の日数」のオッズ比よりも高いことから、春型枝病斑の発生には気象要因よりも発病要因の影響が大きいことが示唆された。

10月になると風による落葉が生じやすくなり、病原細菌の侵入門戸である落葉痕の露出割合が高くなること、落葉痕からの病原細菌の感染は落葉から約1日以内に成立することから<sup>3)</sup>、本結果は上記のような条件が整った場合、落葉痕が短時間に多数露出することで病原細菌の感染量が多くなり、翌年の春型枝病斑の多発に繋がることを示唆している。

また、本結果から得られた発生予測式により、前年9月の発病データと前年10月の気象データによって病害虫防除所の調査ほ場における翌年の春型枝病斑のおおよその発生ほ場割合について推定できることが明らかになったことから、翌年の春型枝病斑

の発生ほ場割合が高くなることが予測された場合には、病害虫防除所等の指導機関から生産現場に向けて春型枝病斑のせん除を特に徹底するよう早期から情報発信を強化する必要がある。

今後は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構が公開しているメッシュ農業気象データシステムを活用し、病害虫防除所調査ほ場の詳細な気象データを供試する等、病害虫防除所と連携して本モデルの精度向上を図り、本報の予測式に基づく発生予察システムの実用化を目指したい。

### 謝辞

本研究を実施するにあたり、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センターの川口 章 博士に有益なご助言を賜った。

### 引用文献

- 1) Kanda, Y. 2013. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* 48 : 452~458.
- 2) 菅野英二・篠原弘亮・對馬誠也・尾形 正. 2004. 福島県で発生したモモせん孔細菌病の病原細菌と発生状況. *日植病報* 70 : 283 (講要).
- 3) 菅野英二・尾形 正・瀧田誠一郎. 2007. モモせん孔細菌病に対する秋期の枝における感染及び複数殺菌剤の防除効果. *日植病報* 73 : 278 (講要).
- 4) Kawaguchi, A. 2014. Risk factors for bacterial spot on peach in Okayama Prefecture, Japan. *J Gen Plant Pathol* 94 : 435~442.
- 5) 北島 博. 1989. 果樹病害各論. 養賢堂, 東京, pp. 302~310.
- 6) 七海隆之・菅野孝盛・柳沼久美子. 2019. 福島県におけるモモせん孔細菌病の春型枝病斑の発生様相とその剪除効果. *日植病報* 85 : 296 (講要).
- 7) 高梨和雄. 1980. モモせん孔細菌病の発生生態と防除. *植物防疫* 34 : 485-489.
- 8) 高梨和雄. 1985. 新たに見いだされたモモせん孔細菌病の2種の病原細菌について. *果樹試報* A12 : 101-114.