

(3) 二次伝染推定モデル

濡れ継続時間を指標としたモデル

濡れ継続時間を指標とした二次伝染モデルは、例えば、Whiteman and Beresford(1998) によって提唱された DOWNCAST 派生モデルと呼ばれる気象予察モデルに、本プロジェクトで重要因子と判断した弱風条件を付加することにより再構築し作成した。本二次伝染モデルは、伝染プロセスの順番に、(1) 胞子形成、(2) 胞子生存、(3) 伝染成立、とそれぞれを気象条件によって判定し、すべての条件が連続して成立する場合に二次伝染が達成されるとして総合判定する仕組みとした。

それぞれの伝染プロセス成立の可否は、特定の気象値によって規定され、本二次伝染モデルでは、現地の風速、気温、相対湿度によって判定する。特に伝染成立条件は、降水や大気中の水蒸気の凝結によるタマネギ葉面の濡れ継続時間（濡れ時間）に基づいている。この点はタマネギべと病の発生生態に基づいたものであり、DOWNCAST 派生モデルとも共通の仕様となっている（表 12）。

表 12. 濡れ時間を指標とした二次伝染推定モデル（農研機構九冲農研）

2次伝染モデル	胞子形成条件	胞子生存条件	伝染条件	
	前日、当日早朝		夜明け頃を起点	日没頃を起点
Whiteman and Beresford (1998)	【前日】 気温24℃未満 【当日1:00~5:00】 降水量が0.2mm未満 湿度95%以上	-	【当日5:00~8:00】 葉面の濡れ時間が3時間	【当日19:00~24:00】 上記の時間帯のうち、葉面の濡れ時間が3時間
柴田ら (2018)	【前日】 気温24℃未満 【当日1:00~6:00】 湿度90%以上 気温3~20℃ 風速1.0m/s以下 ※前日に形成した胞子も生存条件を満たせば当日伝染可能	【当日9:00~18:00】 湿度55%以上	当日形成胞子の午前中の伝染はない	【当日12:00~翌日6:00】 濡れ時間10時間以上 気温3~20℃ 風速1.0m/s以下

a) 胞子形成条件

過去の伝染成立から一定の潜伏期間を経て、分生胞子を形成可能となった罹病株が存在する場合に、日没から翌日早朝にかけて一定の気象条件が満たされると分生胞子が形成される。胞子形成の成立条件は、二次伝染の成立を判定する前日の平均気温、また、前日日没から当日早朝にかけての気温、相対湿度、風速の観測値が一定範囲内にあることである。また、本二次伝染モデルでは、判定前日夜間にかけて形成された分生胞子が前日の日中の生存条件を満たしていれば生存可能となり、判定当日に伝染能力を持つとしている。

b) 胞子生存条件

日没から翌日早朝までの期間に形成された分生胞子は、その日の日中の湿度が一定値以上あれば生存可能となり、その日の日没から翌日早朝の間に伝染能力を持つとされている。本モデルでは、2日間連続で胞子生存条件が満たされる場合、判定前日に形成された分生胞子も判定当日にも伝染能力があると考え構成されている。

c) 伝染成立条件

a)、b)のプロセスを経て、生存した分生胞子が存在する場合、タマネギの葉面が日没後翌朝まで、長時間にわたって濡れていることにより分生胞子が発芽、定着し伝染が達成される。本二次伝染モデルによる判定に用いられる具体的気象しきい値は「好適条件」とした。また、なるべく二次伝染成立の見逃しを防ぐため、少し条件を緩めにした「準好適条件」を設定し、同時に判定することとした。図 56 にこれら判定方法としきい値をまとめて記載した。

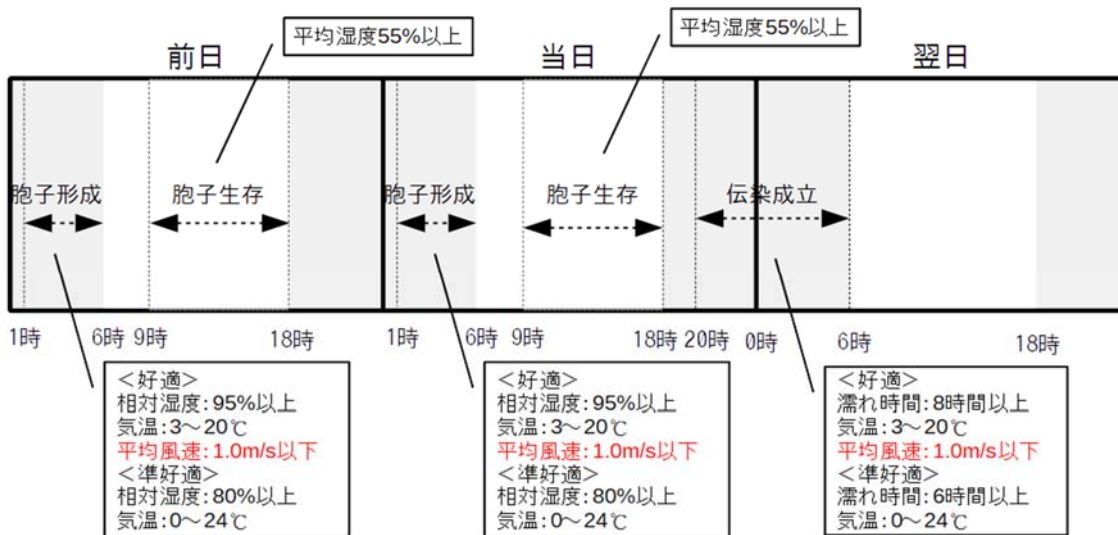


図 56. 二次伝染の判定時刻としきい値（農研機構九沖農研）

(4) 二次伝染判定方法

【現地観測値を用い現時点までの二次伝染を判定する場合】

タマネギべと病の二次伝染が発生する1月から5月の期間、現地において風、気温、相対湿度、葉面濡れについて連続観測する方法を述べる。観測場所は周囲に樹木や構造物の無い開けた平坦地を選択し、判定するタマネギ畑の代表的な観測値を得られるようにする。

観測高度は、風 2m、気温と相対湿度は 1.5m、葉面濡れは 0.3m とし、葉面濡れセンサは、表面に水が滞留しないよう地面の水平方向に対して 45° 傾斜させて設置する（図 57）。観測データは 1 秒程度の周期でサンプリングし、毎正時に統計値が得られるよう 10 分間の統計値を算出記録するようにする。相対湿度センサは 90%以上の湿度が正確に計測可能な機種が望ましい。また、気温、相対湿度センサは気象観測専用の通風筒内に設置し、通風条件下で観測が行われるようにすると正しい気温、湿度のデータを得ることができる。日本列島は、エルニーニョ発生年に天候不順となり、冬季の場合、暖冬、多雨となる傾向があるため、べと病初発が早くなる場合があり特に注意を要する。

【数値予報モデルにより将来の二次伝染を判定する場合】

将来発生する二次伝染の成否を判定するためには、現地の気象予報値を利用すればよい。気象予報値には、気象庁が気象業務支援センターを通じて配信している数値予報 GPV データ、農研機構の配信するメッシュ農業気象データ、また、近年めざましい PC の性能向上により一般の PC で動作させられるようになった領域気象モデルの出力等がある。気象庁数値予報 GVP には対象スケールによって全球数値予報モデル GPV から局地数値予報モデル GPV (LFM)、また、アンサンブル数値予報モデル GPV など様々なものがある。GPV の種類によって地上気象情報の水平解像度や予報期間が異なること、本二次伝染モデルによる判定に必要な濡れ時間に関する情報は含まれないので注意が必要である。領域気象モデルを利用して気象予報値を作成する場合は、水平解像度や予報期間を自由に設定できること、気象と同時に濡れ時間を予報可能である点が便利である（図 58）。

格子データは、メッシュ内の平均的な気象値を示すものであり、地点の気象データとは性質が異なる点に注意が必要である。数値予報値は、grib2 と呼ばれる格納方式でデータ管理されており、wgrib2 など専用のツールを利用して必要なデータを抽出、判定に用いることができる。

【二次伝染判定方法】

気象データを入手したら、判定日前日の平均気温を算定する。さらに判定前日と当日の夜間 1 時から日の出前 6 時までの時刻ごとの風速、気温、湿度から (1) 孢子形成を判定する。好適条件を満たす場

合を2、準好適条件を満たす場合を1、どちらも満たさない場合を0と判定する。

次に判定前日と当日の日中（9時から18時）の平均湿度を算定し、(2)孢子生存の判定を行う。条件を満たす場合を1、満たさない場合を0と判定す。

続いて、判定当日日没後から翌日早朝までの時刻ごとの風速、気温、濡れ時間から(3)伝染成立を判定する。好適条件を満たす場合を2、準好適条件を満たす場合を1、どちらも満たさない場合を0と判定する。

a)b)c)が連続的に条件を満たす場合に二次伝染が成立するとして総合判定を実施する。連続してa)好適条件を満たす、b)条件を満たす、c)好適条件を満たす場合は濃厚伝染が起こり得るとして総合判定2、a)b)c)のいずれかが条件を満たさない場合は、伝染が成立しないとして総合判定0、それ以外の場合は伝染成立が起こり得る総合判定1として判定を実施する。

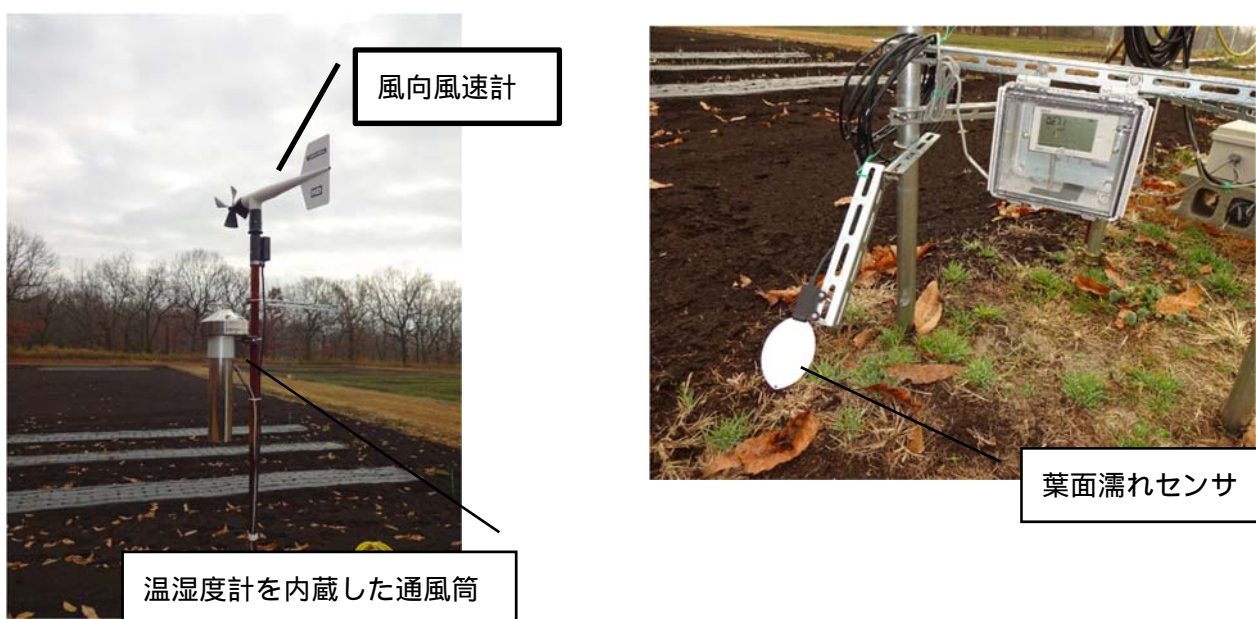


図 57. 二次伝染判定のための気象観測（農研機構九沖農研）

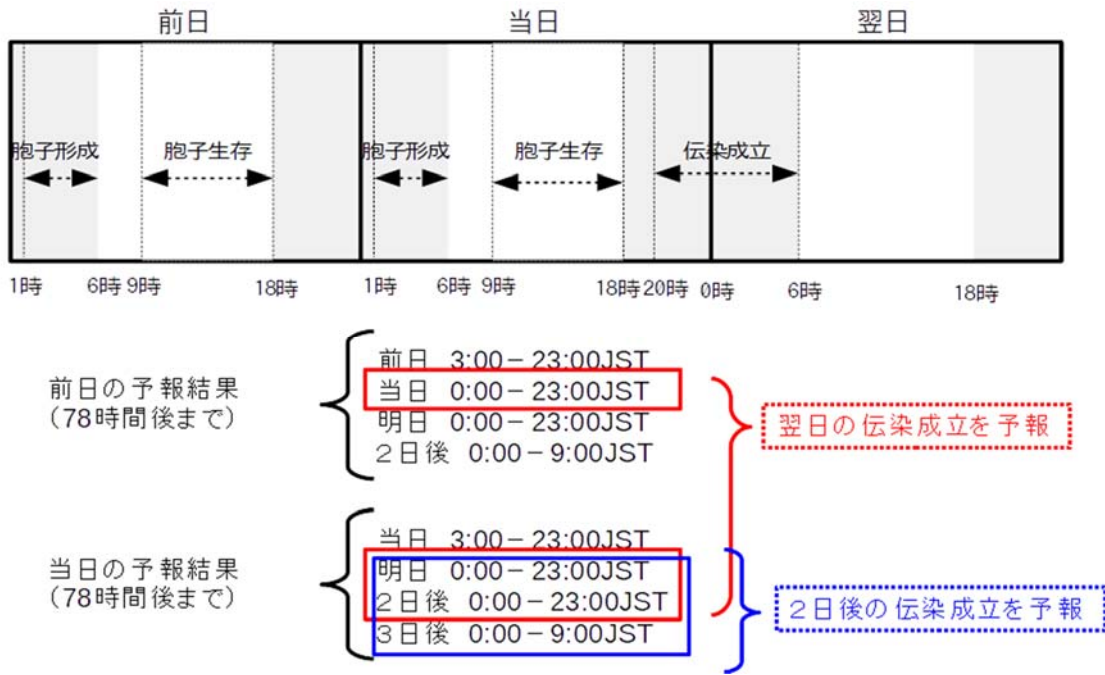


図 58. 数値予報データを用いた二次伝染判定方法の例（農研機構九州農研）

高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデル

(a)モデルの概要

本モデルでは、 胞子の形成、 胞子の生存、 感染の三つの条件（図 59）を全て満たす場合を、好適・準好適条件とした。九州沖縄農業研究センターで作成された、「濡れ継続時間を指標とした二次伝染推定モデル」と基本構造は同じである。大きく異なるのは、本モデルでは、「濡れ時間の代わりに、高湿度が継続する時間を用いる点」「気象庁の観測値を、そのままモデルで使用する点」の二つである。



図 59 高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデルの概要（佐賀農業セ）

注）前日に胞子の形成が推定され、かつ、前日9～18時の生存条件（平均湿度55%以上）を満していた場合、これも当日の判定の対象に加える。

(b)モデルの判定基準

本モデルの判定基準は、図 60 のとおりである。孢子形成（図中の C）、孢子生存（図中の D）、感染（図中の G）の条件が全てである場合を好適条件とした（図中の H）。

孢子形成（図中の C）、孢子生存（図中の D）、感染（図中の G）の全ての条件を満たすものの、そのいずれかの条件がである場合、準好適条件とみなした（図中の H）

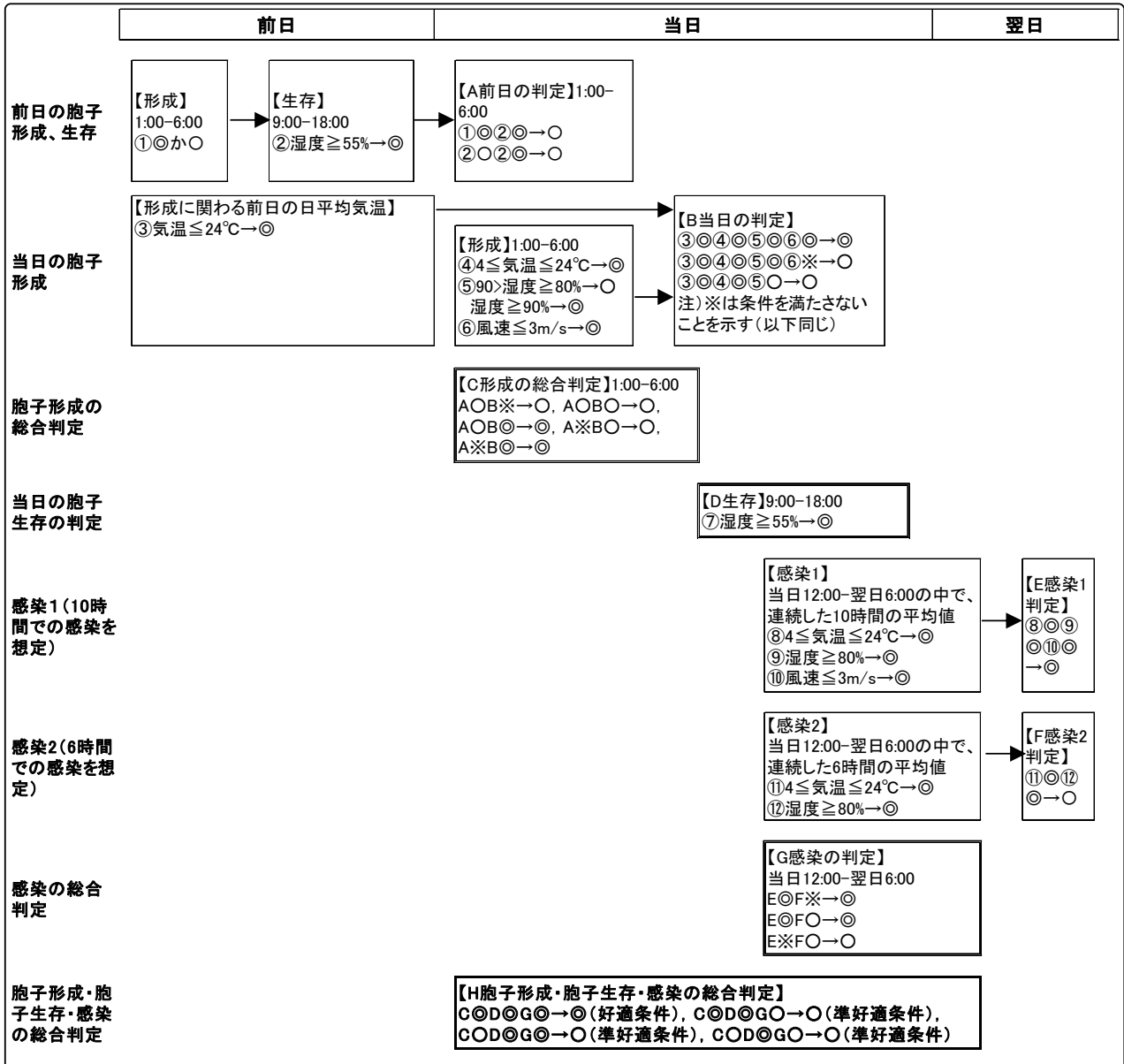


図 60 高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデルの判定基準（佐賀農業セ）

(c) モデルの使用方法

表計算ソフト（Excel）に、図 60 の条件式（A～H）を設定し、「気温、風速、湿度」の毎正時データを入力すれば、「感染好適条件」の判定結果が瞬時に表示されるようにした（図 61）。好適条件の場合は、準好適条件の場合はと表示される。感染（準感染）好適条件は、1 観測地点における出現状況よりも、いくつかの地点における出現状況を重要視し（表 13、14）タマネギべと病の発生を巨視的にモニタリングすることが望ましい（その他の留意事項は、図 73 を参照）。

気象データは、気象庁の Web サイトからダウンロードし（図 62）、前述の表計算ソフト（図 61）

に複写すれば、入力の手間が省ける。なお、本モデルで当日の結果を判定するためには、前日、当日、および翌日 6 時までの気象データが必要となる。このため、例えば、4 月 23 日の朝 7 時に、4 月 22 日までの判定結果を知りたいのであれば、4 月 22 日までの気象データは気象庁の Web サイト「過去の気象データ・ダウンロード」画面からダウンロードできるが(図 62)、4 月 23 日 1~6 時の気象データに限っては、同 Web サイト「アメダス」画面に表示されている数値を直接読み取って、表計算ソフト(Excel)に手入力する必要がある。

なお、高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデル(Excel ファイル)は、Web サイトで公開予定である。

	A	B	C	D	FC
1					
2					
3		佐賀	佐賀	佐賀	胞子形成と胞子生存、感染の総合判定
4	年月日時	気温(°C)	風速(m/s)	相対湿度(%)	
1157	2017/4/8 0:00	18.6	0.6	96	◎
1158	2017/4/8 1:00	18.2	2.4	99	
1159	2017/4/8 2:00	18	1.4	100	
1160	2017/4/8 3:00	18	0.5	100	
1161	2017/4/8 4:00	18.1	0.1	100	
1162	2017/4/8 5:00	18.3	1.3	100	
1163	2017/4/8 6:00	18.4	0.8	100	
1164	2017/4/8 7:00	18.6	1.7	99	
1165	2017/4/8 8:00	18.7	1.5	98	
1166	2017/4/8 9:00	18.9	2.4	98	
1167	2017/4/8 10:00	18.9	2.7	98	
1168	2017/4/8 11:00	19.2	1.3	98	
1169	2017/4/8 12:00	19.5	1.1	96	
1170	2017/4/8 13:00	19.7	2.9	95	
1171	2017/4/8 14:00	20.5	3.9	90	
1172	2017/4/8 15:00	20.4	4.5	92	
1173	2017/4/8 16:00	20.3	2.3	94	

図 61 表計算ソフトによるモデルの使用例(佐賀農業セ)
注 1) 気温、風速、湿度を入力
注 2) 2017 年 4 月 8 日の判定結果



図 62 気象庁 Web サイトからの気象データの入手例(佐賀農業セ)
注) 地点(湿度の観測を行っている気象台等)、項目(気温、風速、湿度)、期間を選択し、データをダウンロードする。

表13 2016年の北部九州における高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデルの判定結果(佐賀農業セ)
 【◎:感染好適条件, ○:準感染好適条件, -:好適条件の出現なし】

地点	2月									3月																															
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
佐賀市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	◎	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎
佐世保市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	◎	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎
福岡市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎	○	○	○	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
熊本市	-	-	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎	
地点	4月										5月																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
佐賀市	○	○	○	○	-	-	○	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	○	-	○	○	-	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○		
佐世保市	◎	◎	○	◎	○	-	○	◎	○	-	-	-	-	◎	-	-	○	-	-	-	◎	◎	◎	◎	◎	○	-	-	○	-	○	-	○	○	○	○	○	○	○		
福岡市	◎	◎	○	◎	-	○	◎	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	-	○	○	◎	○	◎	◎	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	◎	○		
熊本市	◎	◎	○	◎	-	-	○	◎	-	○	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	◎	◎	◎		

表14 2017年の北部九州における高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデルの判定結果(佐賀農業セ)
 【◎:感染好適条件, ○:準感染好適条件, -:好適条件の出現なし】

地点	2月								3月																																	
	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
佐賀市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○
佐世保市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
福岡市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	
熊本市	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	-	-	◎	○	-	-	○	
地点	4月										5月																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
佐賀市	-	-	-	-	-	-	◎	◎	○	○	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○		
佐世保市	-	-	-	-	-	-	◎	◎	◎	◎	◎	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	
福岡市	○	○	-	-	-	-	◎	◎	◎	◎	◎	-	-	-	-	◎	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
熊本市	-	-	-	-	-	-	◎	◎	◎	○	○	-	-	-	-	◎	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	

(d) モデルの適合性

2018 年は、モデルによる好適・準好適条件が 3 月 3~4 日 (1)、3 月 8 日 (2)、3 月 11 日 (3)、3 月 13~15 日 (4)、3 月 19~22 日 (5)、3 月 24~25 日 (6)、4 月 3~5 日 (7)、4 月 18 日 (8)、4 月 23~25 日 (9) に出現した。モデルで推定された 1、2、3、6 回目の感染日 (3 月に出現) は、実測値と一致しなかった。4、5 回目 (3 月に出現) および 7~9 回目の感染日 (4 月に出現) は、実測値と一致した (図 63)。

2016、17 年についても、同様の手法で適合性の検討をしたところ、2016~2018 年 3~4 月に、二次伝染推定モデルでは、好適・準好適条件が計 25 回出現した。実際の「発病時期」から潜伏期間をさかのぼることで、本モデルの適合性を検証したところ、その的中率は、68% (17/25) であった。なお、3 月の的中率は、4 月に比べて低い傾向にあった。この原因として、3 月はタマネギの生育ステージが進んでいないことに加え、菌密度が概して 4 月より低いことが考えられた。

なお、今回のモデルの適合性の検討にあたっては、1 地点のみ (佐賀市) の判定結果を利用したが、実際のタマネギベと病のモニタリングにおいては、いくつかの地点の判定結果を総合的に利用することが望ましい (図 50~53、表 13、14、図 73)。

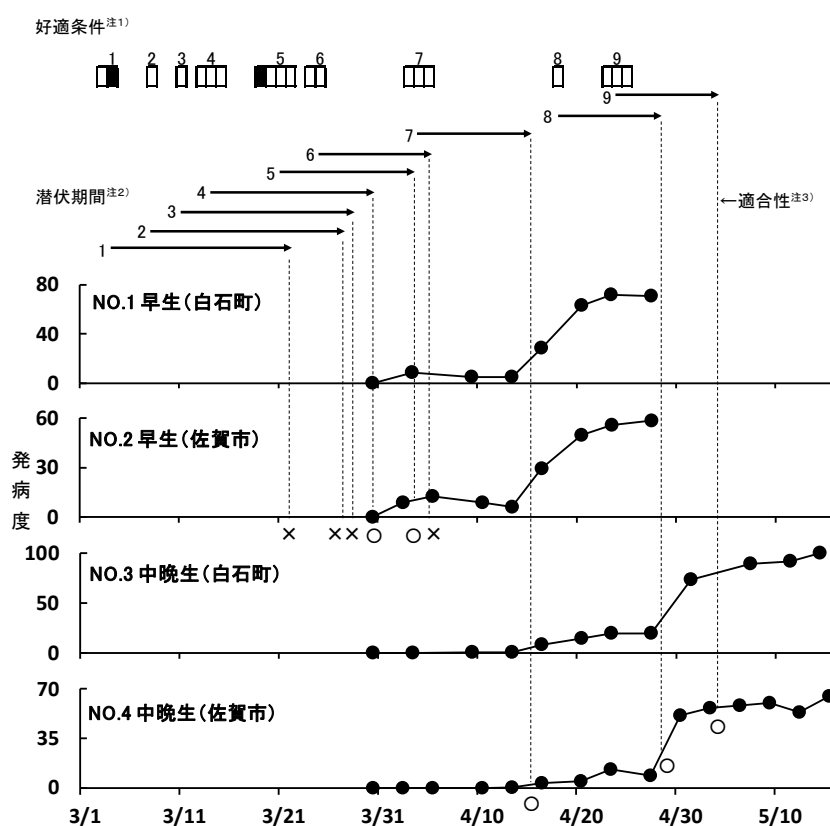


図 63 高湿度継続時間を指標とした二次伝染推定モデルによって推定された感染日と発病時期、実際の発病時期 (2018 年、佐賀農業セ)

注 1) モデルで推定された、感染好適条件 ()、準感染好適条件 (), 3~4 月の判定結果を表示。

注 2) 好適・準好適条件の出現日を起点とし、べと病菌の潜伏日数 (実線矢印) を経て、本病が発病する時期 (実線矢印の終点) を推定した。潜伏日数は、「佐賀市の日平均気温」と「各温度条件下での潜伏日数 (表 10)」から算出した。

注 3) モデルで推定された発病時期 (実線矢印の終点) と、実際の発生時期 (発病開始期、発病増加期) とを破線でつなぎ、両者が一致する場合は破線の下端に、一致しない場合は x を付記した。

2. 対策

1) 一次伝染 (対策)

(1) タマネギ連作の回避 (圃場のローテーション)

苗床や本圃に、べと病に感染したタマネギ残渣 (葉や根) をすき込むと、残渣の中で形成された卵胞子が土中で生き残り、次作の発生源となる (図 1、21、25)。このため、タマネギの連作を止め、作付けを別の圃場に変更することが望ましいが、何年くらいタマネギを休作すると、べと病の発生リスクが低減するのかわかりませんでした。よって、この点を明らかにするための試験を行った。

すなわち、2014年冬春作としてタマネギを栽培し、2015年春にべと病が多発生した圃場において、その翌年、タマネギを1年休作した (図 64 表 A)。しかし、1年休作後、2016年冬春作でタマネギを栽培した試験区では、べと病の一次感染株の発生が多く、1年休作では本病の一次伝染を抑制することはできなかった (図 64 表 B)。一方、2年続けてタマネギを休作し、2017年冬春作でタマネギを栽培した試験区では (図 64 表 C)、一次感染株の発生が極めて少なかった (図 64 表 D)。

以上のことから、タマネギべと病の一次伝染源を低減するために、圃場のローテーションを行う場合 (夏作は水稻を栽培) 少なくとも、タマネギを2年間は休作する必要があると考えられた。

【タマネギ休作1年目】

表A タマネギ休作1年区の来歴 (佐賀農業セ 白石分場)

試験区	2013~14年	2015年夏作 (6月~9月)	2015年冬春作 (11月~5月)	2016年夏作 (6月~9月)	2016年冬春作 (12月~5月)
休作1年区	水稻+タマネギ ^{注1)}	水稻	キャベツ	水稻	タマネギ
対照区		水稻	タマネギ ^{注2)}	水稻	タマネギ

注1) 2015年3月末におけるタマネギべと病の二次感染株率は100%。

注2) 2016年2月上旬~3月上旬の一次感染株率は29.4%、3月末の二次感染株率は100%。

表B タマネギ1年休作がタマネギべと病の一次感染に及ぼす影響 (2017年、佐賀農業セ 白石分場)

試験区	反復	発生株数/400株							発生株率 (%)	
		2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	4月上旬	4月中旬	4月下旬		累計
休作1年区	a	1	27	39	18	15	8	31	139	25.3
	b	1	19	25	18	15	7	17	102	
	c	0	13	17	17	6	6	4	63	
	(平均)	0.7	19.7	27.0	17.7	12.0	7.0	17.3	101.3	
対照区	a	0	26	44	37	15	5	7	134	37.9
	b	0	28	54	26	21	4	12	145	
	c	0	25	48	33	22	10	38	176	
	(平均)	0.0	26.3	48.7	32.0	19.3	6.3	19.0	151.7	

【タマネギ休作2年目】

表C タマネギ休作2年区の来歴 (佐賀農業セ 白石分場)

試験区	休作1年目		休作2年目		2017年夏作 (6月~7月)	2017年冬春作 (12月~5月)
	2015年夏作 (6月~9月)	2015年冬春作 (11月~5月)	2016年夏作 (6月~9月)	2016年冬春作 (12月~5月)		
休作2年区	水稻	キャベツ	水稻	キャベツ	ソルゴー	タマネギ
対照区	水稻	タマネギ ^{注1)}	水稻	タマネギ ^{注2)}		

注1) 2016年2~3月の一次感染株率は29.4%、3月の二次感染株率は100% (表Aの注2)。

注2) 2017年2~4月の一次感染株率は37.9% (表B)、4月の二次感染株率は100%。

表D タマネギ2年休作がタマネギべと病の一次感染に及ぼす影響 (2018年、佐賀農業セ 白石分場)

試験区	反復	発生株数/1,200株							発生株率 (%)	
		2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	4月上旬	4月中旬	4月下旬		累計
休作2年区	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	b	1	0	1	5	0	0	0	7	
	(平均)	0.5	0.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	3.5	
対照区	a	5	4	15	82	2	0	0	108	9.3
	b	7	21	22	65	1	0	0	116	
	(平均)	6.0	12.5	18.5	73.5	1.5	0.0	0.0	112.0	

図 64 タマネギの休作年数とその後のべと病の発生 (佐賀農業セ 白石分場)

(2) 苗床での夏期の太陽熱消毒(除草対策として土壌消毒を併用)

地床育苗あるいはトレイ育苗であってもトレイを地面に接して育苗する場合には、苗床の太陽熱による土壌消毒を必ず実施する(写真5)。また、雑草や苗立枯病等を対象としたバスアミド微粒剤による土壌消毒も併せて行う(表15)。

表15 太陽熱処理(バスアミド処理併用)区で育苗した株の定植後のタマネギべと病の発生(2018年、佐賀農業セ)

試験区	反復	調査株数	本圃での発病株数(一次感染株)							
			2月21日	2月26日	2月28日	3月3日	3月4日	3月6日	3月9日	3月12日
太陽熱処理 (バスアミド併用)	I	498	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	564	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	521	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	1583	0	0	0	0	0	0	0	0
無処理	I	501	0	1	1	0	5	0	5	2
	II	547	0	6	1	0	22	12	12	2
	III	505	0	0	1	1	6	1	4	3
	合計	1553	0	7	2	1	33	13	21	7

表15 つづき

試験区	反復	本圃での発病株数(一次感染株)						発病株率(%)	
		3月14日	3月15日	3月20日	3月27日	4月2日	合計	合計	
太陽熱処理 (バスアミド併用)	I	0	0	0	0	0	0	0	
	II	0	0	0	0	0	0	0	
	III	0	0	1	0	0	1	0.19	
	合計	0	0	1	0	0	1	0.06	
無処理	I	2	2	1	1	1	21	4.2	
	II	7	3	3	3	1	72	13.2	
	III	2	0	2	0	0	19	3.8	
	合計	11	5	6	4	2	112	7.2	

注)2017年8月、苗床予定地にバスアミド微粒剤を表層処理(20kg/10a)し、20日間ビニル被覆(太陽熱処理)した。2019年5月現在、バスアミドは「タマネギべと病」に対して適用(農業登録)が無い(雑草や苗立枯病等に対しては適用あり)。

(3) 本圃での夏期の湛水処理(水稻栽培との比較を含む)

タマネギ定植前に水稻を栽培すると、菌密度の低減に有効であるが、その効果は不十分である(図65)。しかし、タマネギ定植前の夏期高温期に、水稻を作付けせずに湛水処理のみを行うと、べと病の一次感染株の発生を著しく抑制することが明らかとなった(写真30、表17、図65)。

その最も有効な湛水期間は、梅雨明け直後を起点とした、夏期高温時の約50日間である。湛水処理期間中の圃場は、高い地温(平均地温約30℃)が維持され(表16)また湛水によって還元状態(極端な酸欠状態)となる。その結果、夏期に湛水処理を行った圃場では、タマネギ定植後、本病の一次感染株の発生が抑制される(表17)。



写真30 湛水処理の試験区(2017年、佐賀農業セ 白石分場)

表16 各処理期間中の平均地温(2017年、佐賀農業セ 白石分場)

試験区	湛水時期	平均地温(°C) 注1)
① 湛水34日区	7/21~8/24	29.4±1.2
② 湛水47日区	7/21~9/6	29.2±1.7
③a 対照区(無湛水34日)	—	30.1±1.6
③b 対照区(無湛水47日)	—	29.6±1.9

注1) 地表面下15cm

表17 夏期湛水期間がタマネギべと病の一次感染株の発生に及ぼす影響(2018年、佐賀農業セ 白石分場)

試験区	反復	発生株数/1200株							発生株率 (%)	
		2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	4月上旬	4月中旬	4月下旬		
①湛水34日区 注1)	a	2	5	20	3	2	0	0	32	3.3
	b	9	13	14	10	1	0	0	47	
	(平均)	5.5	9.0	17.0	6.5	1.5	0.0	0.0	39.5	
②湛水47日区 注2)	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	
	(平均)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
③対照区(無湛水)	a	5	4	15	82	2	0	0	108	9.3
	b	7	21	22	65	1	0	0	116	
	(平均)	6.0	12.5	18.5	73.5	1.5	0.0	0.0	112.0	

注1) 湛水期間は7/21~8/24。注2) 湛水期間は7/21~9/6。

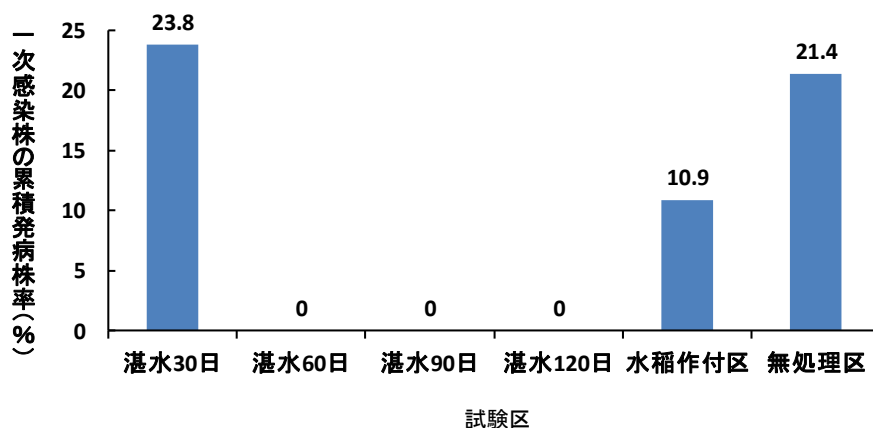


図 65 夏期湛水处理区および水稲栽培区におけるその後のべと病の発生(2018年、兵庫農総合セ)

(4) 圃場での排水対策の徹底

排水対策は、タマネギ栽培の基本技術である(写真6、7、図8、9)。排水が悪い圃場では、タマネギを定植後、根傷みを起こしやすい。このような圃場では畝を通常より高くたてて排水をよくするなどの対策を講じる。特に、前述の夏期に湛水する圃場では、圃場準備の遅延が懸念されるので、落水後速やかに排水対策を徹底する必要がある。

(5) 適期定植（育苗期間と感染リスクの関係）

べと病菌が残存する苗床での育苗期間が、本圃での一次感染株の発生に及ぼす影響を調査した。その結果、累積発病株率は、60日育苗区（慣行）が2.3%であったのに対し、78日育苗区が7.2%であり、育苗期間が長い（定植が遅れる）と発生が多くなった（図66）。このことから、育苗及び定植は、タマネギべと病対策の面からも、計画的かつ適期（表2、3）に行う必要がある。

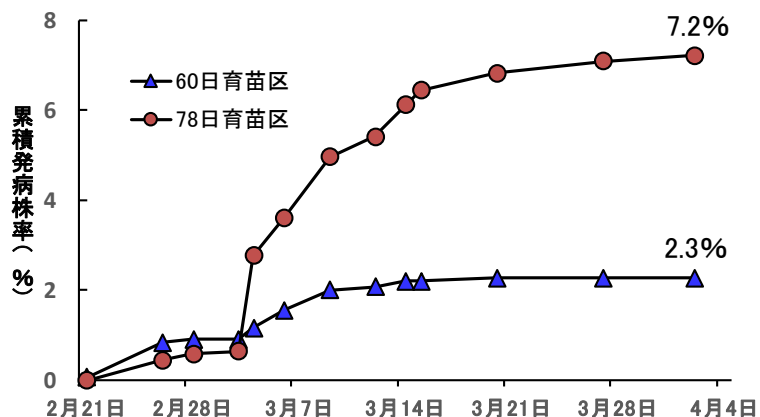


図66 育苗期間の違いによる一次感染株の発生推移 (2018年、佐賀農業セ)

注1) べと病残差をすき込んだ圃場で育苗し、太陽熱消毒を行った本圃に定植した。

注2) 品種：ターザン。定植日：60日育苗区が2017年11月27日、78日育苗区が2017年12月15日。

(6) 定植後（あるいは定植直前）の薬剤防除

佐賀県では、タマネギ定植前後からの1か月間に各種殺菌剤を散布し、発病抑制効果を調べたところ、CAA剤では概して高い効果が得られ、なかでもジャストフィットフロアブル（300L/10a散布）が優れていた（佐賀上場営農セ、データ略）。なお、CAA剤は、薬剤耐性菌の発生リスクが高いとされていることから、必要最小限の使用とする必要がある（詳細は、後述）。

兵庫県では、タマネギ定植直前にフロンサイド水和剤を散布すると、無処理区の初発が1月27日であったのに対して、フロンサイド水和剤処理区の初発は3月28日であり、発病遅延効果が認められた（図67）。このように、タマネギの定植後（あるいは定植直前）の薬剤防除によって、本病の一次伝染を抑制できる。

ただし、これらの薬剤の防除効果は、過去の薬剤の散布歴、べと病菌の性質などによって、地域で異なる可能性がある。定植後（あるいは定植直前）の防除における薬剤の選択や、その適切な使用方法については、各地域の情報を参考にする。

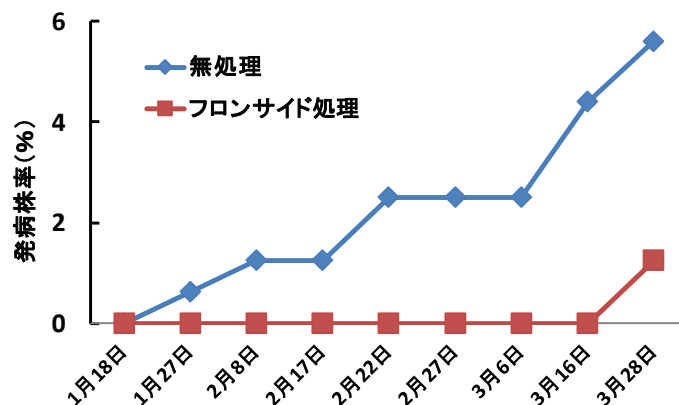


図67 フロンサイドの定植直前散布によるタマネギべと病の一次伝染抑制 (2018年、兵庫農総セ)

(7) 本圃における一次伝染のリスク評価

前述のとおり、あらかじめ太陽熱消毒（バスアミド併用）を的確に行ったタマネギ苗床では、べと病菌による一次伝染が、ほとんど起こらないと考えられる。一方、本圃での一次伝染を防ぐには、「夏期の湛水処理」や「定植前後の薬剤防除」が有効であるものの、本圃の面積は苗床と比較して広く、これらの対策には大きな労力（コスト）が伴う。一次伝染対策の必要性は、本圃の土中に卵胞子がどれだけ残っているかによって異なる。前作での発病程度指標とし、圃場ごとのリスクをあらかじめ評価し、リスクに対応した防除対策を選択する。

なお、詳細については検討の余地が残されているものの、前作での発病程度に加え、土中の菌密度を指標に加えることで、リスク評価の精度が向上すると考えられる。よって、本プロジェクトで取り組んだ、土中の菌密度の推定法についても、あわせて紹介する。

前作での発病程度を指標としたリスク評価とその対応

本圃における一次伝染のリスク評価と防除対策、およびその効果判定の流れは以下のとおりである（図 68）。この流れを毎年繰り返す（前年、前々年の情報を活用する）ことで、診断およびリスク評価の精度が高まっていく。

伝染源が圃場にどの程度存在するかを知ることは、作付け後の発生を推定する有力な手段となる。各タマネギ圃場をマップ化し、圃場ごとに過去のべと病の発生状況等を記録しておくことが大切である。

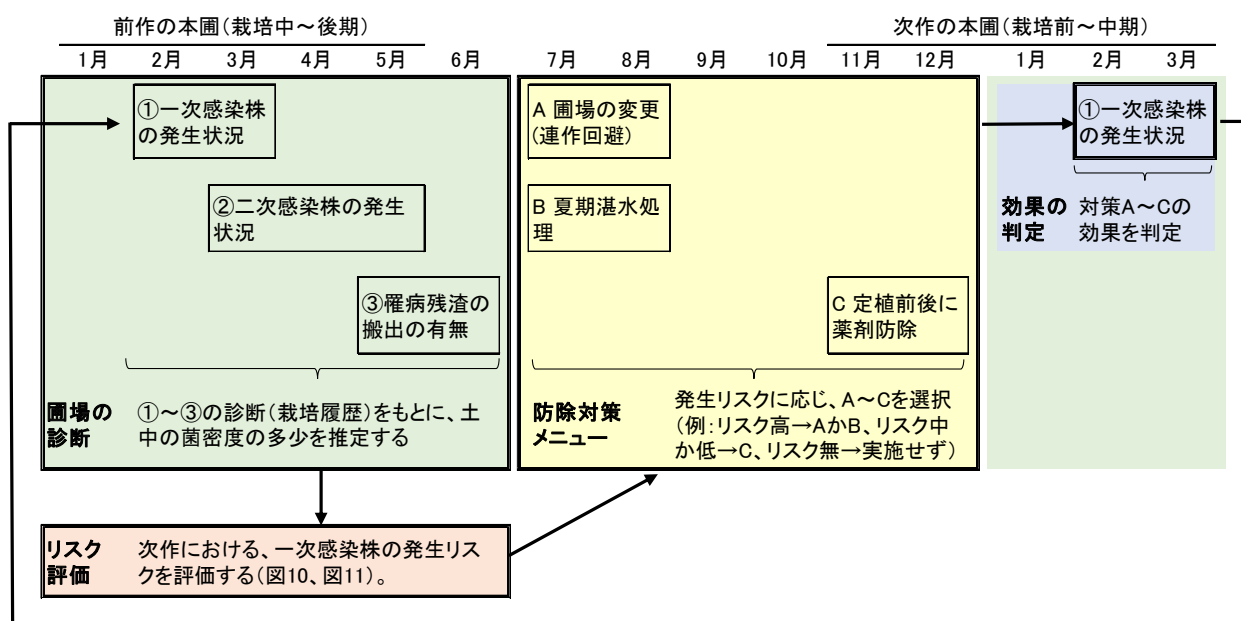


図 68 本圃における一次伝染のリスク評価とその対応（佐賀農業セ）

土壌中の菌密度の推定法

圃場のリスク評価については、「前作での発病程度の把握」に加え、土壌中の菌密度調査を行うと、さらに精度が高まると考えられる。菌密度の測定にあたっては、5～6月のタマネギ栽培終了後（圃場耕起後）に、表層～深さ 10cm の土壌を採取する（写真 31）。土壌は、原則として、圃場の中央 1 か所、中央と四隅の中間点を 4 か所から採取する（図 69）。5 点の土壌をまとめて袋に入れ、よく攪拌する。生物検定を行う場合は、多めに土壌を採取する。必要に応じ、土壌は秋にも採取する。

採取した土壌については、前述の直接検鏡法（図 31、32）か定量 PCR 法（図 37）、あるいは生物検定（図 39）によって菌密度を推定する。それぞれの推定法における留意事項をふまえ、必要に応じ、他の手法を補完的に用いる（表 18）。

なお、主要な土壌病害においては、一般に土中の病原菌密度が増加すると、発病も増加するとされている。しかし、同じ菌密度であっても、土壌の理化学性（土壌分類、pH 値等）や微生物の多様性

など、土壌の特性によって発病のしやすさが異なる場合がある（農業環境技術研究所，2014）。

タマネギべと病菌については、土壌の性質別にみた「菌密度と発病との関係」の詳細は、まだ明らかにされていない。「前作での発病程度」に加え、「土壌の特性をふまえた菌密度」を指標に組み入れ、より精度が高いリスク評価法を確立することは、今後の残された課題である。



写真 31 土壌の採取（佐賀農業セ）

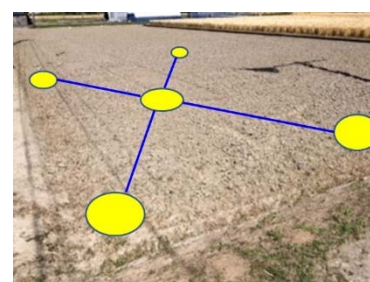


図 69 土壌の採取地点（佐賀農業セ）

表18 土中における菌密度の推定法のまとめ^{注1)}（佐賀大学、九州沖縄農研、佐賀農業セ）

方法	内容	留意事項
直接検鏡法	<ul style="list-style-type: none"> ・破碎土壌を篩にかけ、卵胞子が含まれる20～75μmの土壌画分を回収。 ・これをショ糖液とともに遠心分離し（土壌粒子を除去）、得られた卵胞子を顕微鏡下で計数する。 	タマネギべと病菌以外の卵菌類の卵胞子が含まれる可能性がある。土壌を採取した圃場での、タマネギべと病の発生状況を把握するとともに、必要に応じて、PCRや生物検定の手法と組み合わせる。また、卵胞子の抽出効率をあらかじめ求めておくことが望ましい。
定量PCR法	<ul style="list-style-type: none"> ・破碎土壌を篩にかけ、卵胞子が含まれる20～75μmの土壌画分を回収。 ・そこから抽出した、全DNAを鋳型に定量PCRを行い、菌密度を測定する。 	土壌の種類によっては、土壌中の夾雑物の影響によりPCR反応が阻害される場合がある。また、既に死亡した卵胞子に由来するDNAが検出される可能性もある。必要に応じて、一部の土壌サンプルについては、顕微鏡観察による密度補正や、原形質分離を指標とした生死判別（図33、35）を行う。
生物検定法	<ul style="list-style-type: none"> ・検定土壌にタマネギを播種し、15℃前後で管理。 ・その後、苗の発病の有無、発病程度を調べる。 	検定には、約2か月の期間を要する。また、菌密度が高い土壌では発病するが、菌密度が少～中レベルの土壌の場合、小規模なポットでの評価は難しい場合がある。必要に応じて、一部の土壌サンプルは、菌密度の測定を行う。

注1) 詳細は、本マニュアル1. 発生生態1) 一次伝染(4) 診断・実験法の項を参照。

2) 二次伝染（対策）

(1) 一次感染株（越年罹病株）の抜き取り

2～3月を中心に発生する一次感染株が、圃場内にわずかでも残っていれば、その後のべと病多発生につながる（写真 32）。一次伝染株は、できるだけ早く抜き取る。これらの株は、ある時期に一齐に発生するのではなく、だらだらと発生するので、抜き取り作業は一度きりでなく複数回行う必要がある。また、せっかく抜き取っても、その株を圃場に放置しては意味がない。肥料袋などに入れて圃場外に持ち出し、適切に処分する。



写真 32 一次感染株上に形成された胞子から、周囲の株に二次伝染したところ（佐賀農業セ）

(2) 有効薬剤の選定(薬剤の防除効果、耐性菌リスク評価)

一次伝染対策(夏期の湛水処理、定植前後の薬剤防除)一次感染株の抜き取りによって、その後の二次伝染のリスクは大きく減少する。ただし、春には周辺圃場から分生孢子が飛散する可能性がある。よって、いずれの圃場においても、春先以降は、以下に示す薬剤防除(二次伝染対策)が重要となる。

a) 薬剤の防除効果

【メタラキシルの効果】

メタラキシルあるいはメタラキシル M は、タマネギべと病に卓効を示す薬剤として、全国のタマネギ産地において、広く使用されてきた。その一方で、本成分については、耐性菌の発生リスクが高いことが知られている(Davidse, 1982)。そこで、佐賀県では2016年に圃場での防除効果試験および室内検定を行った。

圃場試験では、タマネギべと病に対するメタラキシル(M)の防除効果の低下が確認された(図70)。次に、県内各地から採取した本病菌について、メタラキシル(M)に対する感受性を調べた。メタラキシル等のフェニルアミド系殺菌剤の作用特性の一つとして、本剤は孢子発芽阻害効果が低いとされているので(Schwinn and Staub, 1995)孢子の発芽阻害効果ではなく、孢子の発芽管伸長阻害効果(出水,1963)を調べた。その結果、メタラキシル(M)感受性低下菌が、広域に発生していることを確認した(表19)。これまでのところ、佐賀県以外の都道府県では、このような感受性低下菌は確認されていないが、注意が必要である。

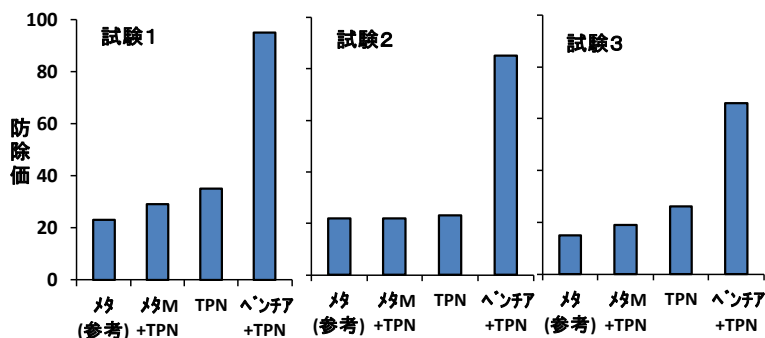


図70 タマネギべと病に対するメタラキシル原体希釈液 200ppm(メタ:参考)メタラキシル M・TPN 水和剤 800 倍(メタ M+TPN)、TPN 水和剤 1,000 倍(TPN) およびベンチアバリカルブイソプロピル・TPN 水和剤 1,000 倍(ベンチア+TPN)の防除効果(2016年、佐賀農業セ)

注) 品種は、試験1が貴錦、試験2が七宝早生7号、試験3がスパート。試験1~3ともに各薬剤を3回散布(試験研究目的で連続散布したが、実際の使用にあたっては使用回数等の農薬使用基準を遵守

表19 佐賀県内各地から採取したタマネギべと病分生孢子に対するメタラキシルおよびメタラキシルMの50%発芽管伸長阻害濃度(EC50)(2016年、佐賀農業セ)

べと病菌採取地点	EC50 (ppm) 注1)	
	メタラキシル	メタラキシルM
①A市1 注2)	0.008	<0.32
②A市2	13.2	—
③A市3	6.1	—
④A市4 注3)	<0.32	<0.064
⑤B市1	3.1	—
⑥B市2	>40	>200
⑦B市3	>200	>40
⑧C市	>200	27.3
⑨D町1	>40	—
⑩D町2	>200	>8
⑪E町1 注4)	>200	—
⑫E町2 注5)	>200	—

注1) 常用濃度はメタラキシル200ppm、メタラキシルM38ppm。—は調査未実施。注2) 有機栽培、10年以上無農薬。注3) タマネギ作付け3年目。注4) 図70 試験1、3に設置した罹病株を採取。注5) 図70 試験2の隣接圃場(試験2圃場と栽培者は同じ)。

【有効薬剤のスクリーニング】

アメリカのニューヨーク州では、1977~1979年のタマネギべと病の大発生を契機に、薬剤の防除効果試験が行われた結果、マンゼブ剤(mancozeb)の予防効果が高かった(Smith and Lorbeer, 1985)。また、近年アメリカのミシガン州で行われた圃場試験においても、本病に対してマンゼブ剤(manzate 75DF)散布区では高い予防効果を示し、無散布区に比べ有意に高い収量を確保した(Hausbeck, 2011)。さらに、北海道で行われたタマネギべと病に対する各薬剤の防除効果試験の結果、マンゼブ水和剤、マンゼブ・メタラキシル M 水和剤の防除効果が最も高かった(北海道農政部, 2015)。

このような中、タマネギべと病が甚発生した2016年の佐賀県の中晩生のタマネギにおいて、春先にマンゼブ(ジマンダイセン)

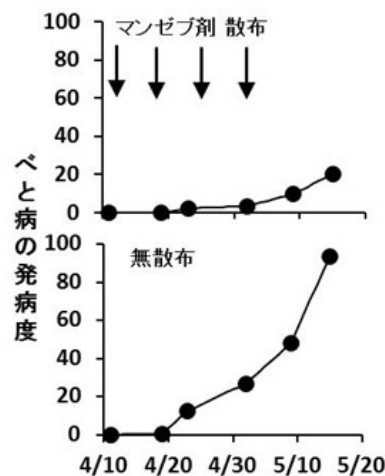


図71 タマネギべと病に対するマンゼブ水和剤の防除効果(2016年、佐賀農業セ) 注) 矢印は4/11、4/18、4/25、5/2に薬剤散布。品種はターザン。

水和剤を定期的に予防散布したところ、収穫期まで本病の発生を低く抑え（図 71）大玉のタマネギを確保することができた。

本プロジェクトで行った各薬剤の防除効果試験においても、マンゼブ（ジマンダイセン、グリーンダイセン）水和剤の予防散布の効果は、安定して高かった（表 20～22）。以上のことから、マンゼブ剤の予防散布は、西日本における本病の二次伝染抑制に有効な防除手段である。他の薬剤については（表 20～22）フロンスайд、ジャストフィットなどの効果も高かった。マンゼブ剤は総使用回数が5回以内であること等から、マンゼブ剤および他の効果が高い薬剤を併用した体系防除を行う。

なお、表 20～22 は、あくまでも試験事例であって、各種薬剤の防除効果は、過去の散布歴、べと病菌の性質などによって、地域で異なる可能性がある。薬剤の選択や、その適切な使用方法については、各地域の情報を参考にする。

表20 各薬剤を連続散布した場合のタマネギべと病の二次伝染抑制効果(2017年)^{注1)}

薬剤名	成分1		成分2		希釈倍率	防除価 ^{注7)} (佐賀上場営農セ)		防除価 ^{注8)} (佐賀農業セ)		防除価 ^{注9)} (兵庫農総セ)	
	名称	FRACコード	名称	FRAコード		4/28	4/29	4/25	5/22 ^{注10)}	5/16	5/16
						(ターザン)	(アンサー)	(スハート)	(ターザン)	(もみじ3号)	(ターザン)
ヨネホ ^{注2)} 水和剤	ノルフェノール ^{注2)}	M1	—	—	500	10	76				
キノド ^{注2)} 水和剤40	オキシキノリン銅	M1	—	—	600	43	53				
コサイド3000	水酸化第二銅	M1	—	—	1,000	19	72				
ジマンダイセン水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	86	86	94	53		
ジマンダイセン水和剤	マンゼブ	M3	—	—	500						95
ベンゾゼブ水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	84	91	71			
グリーンダイセンM水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	91	91				
ダコニール1000	TPN	M5	—	—	1,000	84	81				
(アメトラジン)	アメトラジン	45	—	—	2,000						10
レーバ ^{注5)} フロアブル	マンジプロバミド	40 ^{注5)}	—	—	2,000	93	58	48	2		
マンジプロバミド原体	マンジプロバミド	40 ^{注5)}	—	—	2,000						6
ザンプロDMフロアブル	ジメモルフ	40 ^{注5)}	アメトラジン	45	1,500	87	60	48	3		
フェスティバルM水和剤	ジメモルフ	40 ^{注5)}	マンゼブ	M3	750	83	95				
ベトファイター顆粒水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	シモキサニル	27	2,000	77	71	75	3		
カンパネラ水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	マンゼブ	M3	750	94	95				
プロホ ^{注3)} 顆粒水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	TPN	M5	1,000	84	85				
ジャストフィットフロアブル	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	フロビコリト	43	3,000	91	83	86	7		
リライアブルフロアブル	フロバモ ^{注4)}	28	フロビコリト	43	500	69	24	44	3		
ダイナモ顆粒水和剤	シモキサニル	27	アミスルプロム	21	2,000	71	22	49	2		
カーゼートPZ水和剤	シモキサニル	27	マンゼブ	M3	1,000	61	82				
ブリザード水和剤	シモキサニル	27	TPN	M5	1,200	61	46				
メジャーフロアブル	ヒコキシストロビン	11 ^{注6)}	—	—	2,000	71	30	63	12		
シグナムWDG	ピラクrostロビン	11 ^{注6)}	ホスカリト	7	1,500	60	20				
ホライズンフロアブル	ファモキサド	11 ^{注6)}	シモキサニル	27	2,500	52	41				
アミスターオプティフロアブル	アゾキシストロビン	11 ^{注6)}	TPN	M5	1,000	33	37				
アミスター20フロアブル	アゾキシストロビン	11 ^{注6)}	—	—	2,000						72
ランマンフロアブル	シアゾファミト	21	—	—	2,000	84	77	36	1		
ト ^{注5)} シヤスフロアブル	シアゾファミト	21	TPN	M5	1,000	70	67				
フロンスайдSC	フルアジナム	29	—	—	1,000	98	88	82	18		
フロンスайд水和剤	フルアジナム	29	—	—	1,000						
フロリオゴールド	メタキシルM	4	TPN	M5	800			23	22		
メタキシルM原体	メタキシルM	4	—	—	1,000						95
リ ^{注5)} ミルゴールドMZ水和剤	メタキシルM	4	マンゼブ	M3	1,000						95

注1) 防除価は、数値が大きいほど高い防除効果であることを示す。各薬剤は、試験研究目的で3～5回連続散布(約1週～2週間間隔)したが、実際の使用に当たっては、農業使用基準を遵守する必要がある。注2) ノルフェノールスホン酸銅。注3) ベンチア^{注3)}リカルブイソプロピル。注4) フロバモルブ塩酸塩。注5) CAA剤。注6) Qoi剤。注7) 展着剤は、無加用。注8) 展着剤は、クミテンを加用。注9) 展着剤は、ラビデン3Sを加用。注10) 感染後から連続散布を開始。

表21 各薬剤を連続散布した場合のタマネギと病の二次伝染抑制効果(2018年)^{注1)}

薬剤名	成分1		成分2		希釈 倍率	防除価 ^{注7)} (佐賀上場営農セ)		防除価 ^{注8)} (佐賀農業セ)		防除価 ^{注9)} (兵庫農総セ)
	名称	FRAC コード	名称	FRA コード		5/15 (ターザン)	4/26 (スパート)	5/15 (ターザン)	4/25 (ターザン)	
ヨネホン水和剤	ノルフェノール ^{注2)}	M1	—	—	500	1				
キノトール水和剤40	オキシキノリン銅	M1	—	—	600	0				
コサイド3000	水酸化第二銅	M1	—	—	1,000	1				
シマンダイセン水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	62	83	86		89
ベンコゼブ水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	44	83	81		
グリーンダイセンM水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	81				
ダコニール1000	TPN	M5	—	—	1,000	7				
(アメトラジン)	アメトラジン	45	—	—	2,000					88
レーハスフロアブル	マンジプロハミド ^{注5)}	40	—	—	2,000	0	14	47		
マンジプロハミド原体	マンジプロハミド ^{注5)}	40	—	—	2,000					63
ザンフロDMフロアブル	ジメモルフ	40 ^{注5)}	アメトラジン	45	1,500	0				72
フェスティバルM水和剤	ジメモルフ	40 ^{注5)}	マンゼブ	M3	750	39				
ベトファイター顆粒水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	シモキサニル	27	2,000	4	32	45		
カンパネラ水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	マンゼブ	M3	750	23				
プロホース顆粒水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	TPN	M5	1,000	17				92
ジャストフィットフロアブル	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	フロビコリド ^{注4)}	43	3,000	4	32	53		
リアイアブルフロアブル	フロハモ ^{注4)}	28	フロビコリド ^{注4)}	43	500	20				
ダイナモ顆粒水和剤	シモキサニル	27	アミスプロム	21	2,000	0				
カーゼートPZ水和剤	シモキサニル	27	マンゼブ	M3	1,000	3				
ブリザード水和剤	シモキサニル	27	TPN	M5	1,200	19				
メシヤーフロアブル	ピロキシストロビン	11 ^{注6)}	—	—	2,000	5				
シグナムWDG	ピロキシストロビン	11 ^{注6)}	ホスカリド ^{注7)}	7	1,500	3				
ホライズンフロアブル	ファモキサトロン	11 ^{注6)}	シモキサニル	27	2,500	1				90
アミスターオプティフロアブル	アゾキシストロビン	11 ^{注6)}	TPN	M5	1,000	10				
アミスター20フロアブル	アゾキシストロビン	11 ^{注6)}	—	—	2,000					89
ランマンフロアブル	シアゾファミト	21	—	—	2,000	3				92
シアゾファミト原体	シアゾファミト	21	—	—	2,000					98
ドージャスフロアブル	シアゾファミト	21	TPN	M5	1,000					
フロサイドSC	フルアジンナム	29	—	—	1,000	19	61	59		75
フロサイド水和剤	フルアジンナム	29	—	—	1,000					90
フォリオゴールド ^{注8)}	メタラキシルM	4	TPN	M5	800		40	67		
メタラキシルM原体	メタラキシルM	4	—	—	1,000					99
リトミルゴールドMZ水和剤	メタラキシルM	4	マンゼブ	M3	1,000					90

注1) 防除価は、数値が大きいほど高い防除効果であることを示す。各薬剤は、試験研究目的で3～5回連続散布(約1週～2週間間隔)したが、実際の使用に当たっては、農業使用基準を遵守する必要がある。注2) ノルフェノールスルホン酸銅。注3) ベンチアハリカルボキシプロピル。注4) フロハモカルブ塩酸塩。注5) CAA剤。注6) QoI剤。注7) 展着剤は、無加用。注8) 展着剤は、クミテンを加用。注9) 展着剤は、ラビデン3Sを加用。

表22 各薬剤を連続散布した場合のタマネギべと病の二次伝染抑制効果(2019年)^{注1)}

薬剤名	成分1		成分2		希釈倍率	防除価 ^{注7)} (佐賀上場営農セ)		防除価 ^{注8)} (佐賀農業セ)		防除価 ^{注9)} (兵庫農総セ)	
	名称	FRACコード	名称	FRAコード		4/25 (ターサン)	5/14 ^{注10)} (ターサン)	4/26 (スパート)	5/15 (ターサン)	4/26 (ターサン)	5/3 (ターサン)
ヨネホン水和剤	ノルフェノール ^{注2)}	M1	—	—	500						
ナレート水和剤	オキシキノリン銅	M1	—	—	800	58	30				
キノトール水和剤40	オキシキノリン銅	M1	—	—	600						
コサイト3000	水酸化第二銅	M1	—	—	1,000	34	10				
ICボルドー66D	塩基性硫酸銅	M1	—	—	100	65	1				
クプロシールドフロアブル	塩基性硫酸銅	M1	—	—	1,000	69	0				
ジマンダイセン水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	99	56	85			
ジマンダイセン水和剤	マンゼブ	M3	—	—	500				82	92	90
ベンコゼブ水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	99	22	71			
グリーンダイセンM水和剤	マンゼブ	M3	—	—	400	100	58				
グリーンダイセンM水和剤	マンゼブ	M3	—	—	500				93		
ダコニール1000	TPN	M5	—	—	1,000	87	1				
(アメトトラジン)	アメトトラジン	45	—	—	2,000						
レーバースフロアブル	マンジプロバミド	40 ^{注5)}	—	—	2,000	92	0	0		78	
マンジプロバミド原体	マンジプロバミド	40 ^{注5)}	—	—	2,000						
ザンブロDMフロアブル	ジトモルフ	40 ^{注5)}	アメトトラジン	45	1,500	87	7				85
フェスティバルM水和剤	ジトモルフ	40 ^{注5)}	マンゼブ	M3	750	100	35				
ベトファイター顆粒水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	シモキサニル	27	2,000	94	12				
カンパネラ水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	マンゼブ	M3	750	99	38				
プロホース顆粒水和剤	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	TPN	M5	1,000	91	5				
ジャストフィットフロアブル	ベンチア ^{注3)}	40 ^{注5)}	フロピコリド	43	3,000	99	12	0			100
リライアブルフロアブル	フロハモ ^{注4)}	28	フロピコリド	43	500	88	6				
ダイナモ顆粒水和剤	シモキサニル	27	アミスルフロム	21	2,000	80	4				
カーゼートPZ水和剤	シモキサニル	27	マンゼブ	M3	1,000	99	16				
ブリザード水和剤	シモキサニル	27	TPN	M5	1,200	68	0				
メジャーフロアブル	ピコキシストロビン	11 ^{注6)}	—	—	2,000	98	0				92
シグナムWDG	ピラクrostロビン	11 ^{注6)}	ホスカリド	7	1,500	73	0				
ホライズンフロアブル	ファミキサトール	11 ^{注6)}	シモキサニル	27	2,500	85	0				
アミスターオブティフロアブル	アゾキシストロビン	11 ^{注6)}	TPN	M5	1,000	92	2				
アミスター20フロアブル	アゾキシストロビン	11 ^{注6)}	—	—	2,000						92
ランマンフロアブル	シアゾファミト	21	—	—	2,000	94	9			99	
ドーシヤスフロアブル	シアゾファミト	21	TPN	M5	1,000						
フロサイトSC	フルアジナム	29	—	—	1,000	97	6	20			
フロサイト水和剤	フルアジナム	29	—	—	1,000						
フォリオゴールド	メタキシルM	4	TPN	M5	800			61			
メタキシルM原体	メタキシルM	4	—	—	1,000						
リトミルゴールドMZ水和剤	メタキシルM	4	マンゼブ	M3	1,000						100

注1) 防除価は、数値が大きいほど高い防除効果であることを示す。各薬剤は、試験研究目的で3～5回連続散布(約1週～2週間間隔)したが、実際の使用に当たっては、農業使用基準を遵守する必要がある。注2) ノルフェノールスルホン酸銅。注3) ベンチアバリアルブイブレル。注4) フロハモカルブ塩酸塩。注5) CAA剤。注6) Qol剤。注7) 展着剤は、無加用。注8) 展着剤は、クミテンを加用。注9) 展着剤は、ラビデン3Sを加用。注10) 5/14の防除価は、4/25に調査した圃場と同一圃場の発病を経時的に調査した結果にもとづくものであり、4/25の最終散布から19日が経過したため、全体的に防除価が低下した。

b) 耐性菌リスク評価

前述の薬剤のうち、CAA 剤、QoI 剤は、薬剤耐性菌の発生リスクが高いとされている。このため、タマネギにおいて CAA 系薬剤を単剤で使用する場合は 1 作 1 回までとする。効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤で使用する場合は 1 作 2 回まで、単剤と他系統薬剤との混用もしくは混合剤を組み合わせる場合は単剤 1 回 + 混用・混合剤 1 回までとする（日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会，2018a）。また、QoI 剤は単剤の場合は 1 作 1 回までの使用とし、効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤で使用する場合は 1 作 2 回までとする（日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会，2018b）。

本プロジェクトにおいて、佐賀県におけるタマネギべと病分生胞子に対するマンジプロパミド（CAA 剤）、アゾキシストロピン（QoI 剤）の感受性を、「発芽阻害」「発芽管伸長阻害」を指標として調べたところ、両剤ともに実用上問題となるような感受性の低下は確認されなかったが（表 23）、これらのモニタリングは継続していく必要がある。

表23 タマネギべと病菌に対するマンジプロパミド、アゾキシストロピンの胞子発芽阻害あるいは発芽管伸長阻害効果^{注1)} (2017年、佐賀農業セ)

べと病採取地点	マンジプロパミド							アゾキシストロピン			
	マンジプロパミド濃度 (ppm)	胞子発芽阻害			発芽管伸長阻害			アゾキシストロピン濃度 (ppm)	胞子発芽阻害		
		胞子発芽率 (%)	胞子発芽阻害率 (%) ^{注2)}	調査数	全発芽管長 (μm)	発芽管生育阻害率 (%) ^{注3)}	調査数		胞子発芽率 (%)	胞子発芽阻害率 (%) ^{注2)}	調査数
①A市1	100	0	100	150	—	—	—	100	—	—	—
	20	0	100	100	—	—	—	20	—	—	—
	4	0	100	125	—	—	—	4	0	100	150
	0.8	0	100	150	—	—	—	0.8	0	100	150
	0.16	0	100	200	—	—	—	0.16	0	100	150
	無処理	7.7	—	182	—	—	—	無処理	同左	—	—
②A市2	100	0	100	200	—	—	—	100	0	100	200
	20	0	100	200	—	—	—	20	0	100	200
	4	4.9	78.9	203	—	—	—	4	0.5	97.5	200
	0.8	2.0	91.5	202	—	—	—	0.8	0	100	200
	0.16	7.4	68.4	204	—	—	—	0.16	0	100	200
	無処理	23.3	—	412	—	—	—	無処理	同左	—	—
③S町	100	0	100	200	—	—	—	100	0	100	200
	20	1.0	94.5	200	119	87.3	1	20	0	100	200
	4	2.9	84.1	207	64	93.2	1	4	0	100	200
	0.8	3.3	82.0	213	140	85.1	4	0.8	0	100	200
	0.16	3.6	80.3	278	75	92.0	5	0.16	0	100	200
	無処理	18.2	—	433	940	—	23	無処理	同左	—	—
④K町	100	0	100	100	—	—	—	100	0	100	200
	20	0	100	200	—	—	—	20	0	100	200
	4	0	100	200	—	—	—	4	0	100	200
	0.8	0	100	200	—	—	—	0.8	0	100	200
	0.16	0	100	200	—	—	—	0.16	0	100	200
	無処理	12.2	—	419	—	—	—	無処理	同左	—	—

注1) マンジプロパミドの常用濃度は117ppm、アゾキシストロピンの常用濃度は100ppm。—は調査未実施。

注2) 胞子発芽阻害(%)=(1-薬剤添加蒸留水中での発芽率/蒸留水中での発芽率)×100。

注3) 発芽管生育阻害率(%)=(1-薬剤添加蒸留水中での発芽管長/蒸留水中での発芽管長)×100。

(3) 適期防除の検討 (予防散布の効果、重点防除期間の設定、伝染モデルの活用)

a) 予防散布の効果

前述のとおり、マンゼブ剤はタマネギべと病に対して高い防除効果を示すが、マンゼブ剤 (mancozeb) のような予防剤は、本病の感染前に散布することによってのみ効果を示す (Viranyi, 1981)。また、北海道で行われたタマネギべと病に対する各薬剤の防除効果試験の結果、予防剤、治療剤を問わず、感染前からの薬剤散布の防除効果が高かった (北海道農政部, 2015)。

これらの結果を参考に、2016年に佐賀県においても、各薬剤の散布時期を変え、防除効果を調べた。その試験例を図72に示す。プロポーズ顆粒水和剤（ベンチアパリカルブイソプロピル・TPN水和剤）を、べと病の「感染前から7日間隔で連続散布した試験区」と「感染後から7日間隔で連続散布した試験区」を比較すると（図72の上段と中段）「感染前」から散布を開始した試験区では、防除効果が認められた。一方、「感染後（潜伏期間）から」散布を開始した試験区では、治療効果を有するとされる本剤であっても防除効果が得られなかった。

以上のように、本プロジェクトにおいても本病の防除にあたっては、各薬剤ともに「病原菌に感染する前からの予防散布」が重要であることを確認した。カナダのオンタリオ州では、タマネギべと病防除にあたって、最良の結果を出すためには、それぞれの薬剤散布は、常にべと病の感染に先立って行う（感染前からの散布）ように指導されている（Celetti, 2015）。

前述のとおり、タマネギべと病は、感染後、約10～15日の潜伏期間を経て発病する。感染は肉眼で確認できないことから、防除適期がイメージしづらい。予防散布を行ったつもりでも、実際は感染後の散布になっている場合も考えられる。各薬剤の防除適期は、「発病時」や「発病直前」ではなく「感染前（発病の約2週間前）」である。

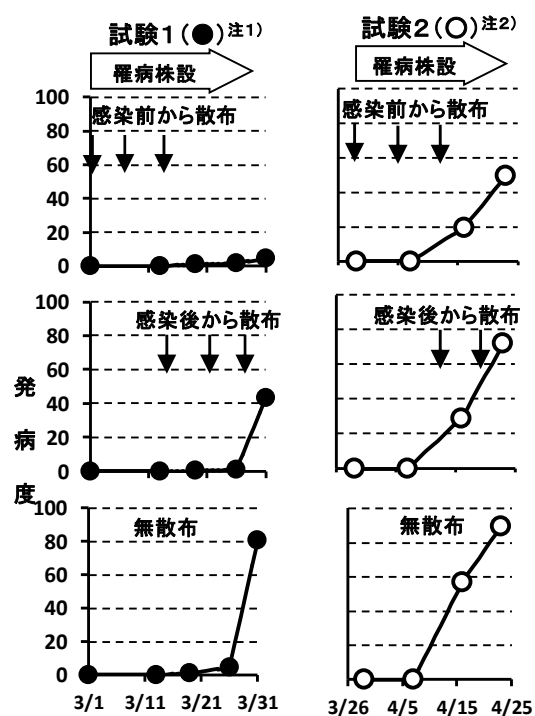


図72 タマネギべと病に対するプロポーズ顆粒水和剤の防除効果（2016年、佐賀農業セ）
 注1)2016年3月2日～29日に罹病株設置、品種は貴錦、無散布区では3月19日に初発確認。
 注2)2016年3月30日～4月23日に罹病株設置。品種はスパート、無散布区では4月16日に初発確認。

b) 重点防除期間の設定

北海道では、本病の最初の感染が6月中～下旬頃に起きることから、マンゼブ水和剤あるいはマンゼブ・メタラキシルM水和剤を「6月3半旬頃に散布することを基本とする」とされている（北海道農政部, 2015）。一方、西日本では、2～3月からタマネギべと病の感染が可能となり、しかも早晚性が異なるタマネギが同一地域内で栽培されていることから、本病の感染可能期間が長期間に及ぶ。このような条件下で効率的かつ的確な防除を行うため、タマネギを「早生」と「中・晩生」に大きく二分し、それぞれのタマネギにおける重点防除期間を設定した（表4）。その詳細は、「本編, 3.べと病の防除対策, 2～5月の防除のポイント, 重点防除期間」で述べたとおりである。

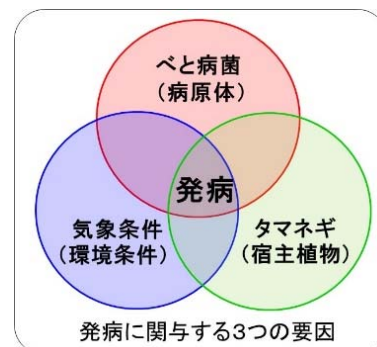
c) 二次伝染推定モデルの活用と留意点

重点防除期間（表4）は、マンゼブ剤を軸として、切れ目のない予防散布を行うことが重要である。特に、べと病の感染リスクが高いと判断される場合は（図16）、散布間隔を約7日間に短縮して、防除を徹底する必要がある。

曇雨天が続くときは、べと病菌による感染リスクが高まる。前述のとおり、本プロジェクトでは、これらを客観的に判定する「二次伝染推定モデル」の開発を進めてきた。近いうちに、Webサイトで公開予定である。二次伝染推定モデルの活用にあたっての留意事項は、以下のとおりである（図73）。

タマネギべと病二次伝染モデルは、気象条件（環境条件）だけから、本病の感染を推定（発病を予測）するシステムである。

しかし、実際の圃場での感染・発病には、気象条件以外にも、べと病菌（菌密度）、タマネギ（宿主植物）の体質（病気に感染しやすい生育ステージ）、薬剤防除条件などが大きく関与している。したがって、二次伝染推定モデルは、あくまでも、べと病発生予察の参考資料の一つとして扱う。



1. モデルでの判定結果の解釈

- ・感染好適条件に重点をおきながらも、準感染好適条件も補足的に利用する。
- ・感染（準感染）好適条件は、1 観測地点における出現状況よりも、2～3 の観測地点におけるそれを重要視し、タマネギべと病の発生を巨視的にモニタリングする^{注1}）。
- ・感染（準感染）好適条件が現れた場合、感染株では約2週間後から、初発生あるいは発病株（病斑数）の急激な増加が予想される。

2. モデルの活用法

- ・タマネギべと病の防除にあたっては、「病原菌に感染する前からの予防散布」が有効である。よって、感染（準感染）好適条件が出現した時点で、前回の薬剤散布から7～10日以上経過している場合は薬剤散布を行う。特に、以下のように、感染・発病リスクが特に高い条件下では、早急な対応が必要である。

3. 感染・発病リスクが特に高い条件

【気象条件（環境条件）からみたリスク】

- ・2日以上連続して、感染（準感染）好適条件が出現する場合、濃厚感染のリスクがある。
（ただし、1日だけ感染（準感染）好適条件が出現した場合でも、条件が整えば、濃厚感染するリスクはある）

【タマネギ（宿主植物）からみたリスク】

- ・早生では3月上旬～4月上旬頃、中晩生では3月下旬～4月下旬頃が主要感染期（鱗茎肥大期）であり、すなわち重点防除期間となる。この時期に、感染（準感染）好適条件が出現する場合、濃厚感染のリスクがある。

（ただし、暖冬年は、主要感染期が早まる場合がある）

【べと病菌（病原体）からみたリスク】

- ・一次感染株（越年罹病株）あるいは二次感染株の発病時期と同調して、感染（準感染）好適条件が出現する場合、濃厚感染のリスクがある。
- ・感染（準感染）好適条件が出現して2～3週間後に、再び好適条件が出現する場合、伝染環（感染 潜伏期間 発病 感染）の繰り返しが効率的に行われるため、さらに感染リスクが高まる。

注1）気象データのみを利用した「葉いもち」発生予察手法（BLASTAM）の運用にあたって、越水（1988）は、本推定基準は、定性的尺度であるため、気象条件が基準すれすれの状態にあるときは、ある観測地点では好適条件が現れ、ある観測地点では現れないとみなされ、推定結果には誤差が伴う恐れを指摘している。そのうえで、本推定基準は、個々の観測地点周辺の「葉いもち」の発生を予測するよりも、少なくとも2～3か所の観測地点が含まれ、気象および地形をほぼ同じくする一つの地域全体の「葉いもち」発生を巨視的に予測するのに適すると考察している。

図73 タマネギべと病二次伝染推定モデルの活用法（佐賀農業セ）

3) 総合的な対策の実証 (対策の総合実証および経営評価)

a) 2018年産タマネギ

【佐賀県】

佐賀県では、「夏期 50 日湛水処理、定植後 CAA 剤と春先からマンゼブ剤を核とした体系防除」の現地実証を行い、県平均以上の収量が確保された(表 24)。その結果、薬剤経費以上の農家所得を確保することができた(表 25)。

表24 薬剤防除体系系の規格別重量と10a収量
(2018年佐賀県白石町、佐賀農技防)

項目	2L	L	M	S	合計	10a換算
個数	1	62	27	0	95	—
重量(kg)	0.4	17.9	5.5	0	24.6	6.4(t)

表25 薬防除体系実施と無防除の所得比較
(2018年佐賀県白石町、佐賀農技防)

項目	内容	防除体系実施	べと病無防除 (1割減収)
粗収入	収量(kg)	6,374	5,737
	平均単価(円)	80	70
		509,920	401,562
経費	生産原価	204,400	204,400
	販売管理費	17,800	17,800
	べと病薬剤費	14,373	0
		236,573	222,200
所得(粗収入-経費)		273,347	179,362
減収額		—	-93,985

【兵庫県】

兵庫県では、「定植前のたまねぎ苗へのフロンサイド水和剤、3月以降のマンゼブ剤を核とした適期防除」によって、慣行よりも散布回数を削減しても、べと病の発生を抑制することができた。実証圃場での減収は無く、薬剤費と労働時間が約3割低減でき、農家所得の向上につながった(表 26、27)。

表26 実証区の規格別重量と10a収量(2018年南あわじ市、兵庫農総セ 企・経)

区分	葉重 kg/20株	欠株 %	2L %	L %	M %	S %	規格外 %	推定収量 kg/10a	熟期 月/日
実証	1.1	0	10	75	15	0	0	9,003	6/7
対照	1.0	1	7	75	11	1	0	8,551	6/7

表27 年産別本田べと病剤の経営調査結果(南あわじ市:水田地帯:小規模経営、10a当)
(2018年、兵庫農総セ 企・経)

項目	単位	2018年産			2017年産	2016年産
		実証	対照	参照 ^{注1)}	徹底防除暦	大発生年暦
べと病防除回数	回	6	7	9	12	4
	(対照比)	(86)	(100)			
	(2016比)	(150)	(175)	(225)	(300)	(100)
薬剤費用	円	5,409	5,849	7,812	10,124	2,780
	(対照比)	(92)	(100)			
	(参照比)	(69)	(75)	(100)		
	(2017比)	(53)	(58)	(77)	(100)	
	(2016比)	(195)	(210)	(281)	(364)	(100)
2016年産との差	円	2,629	3,069	5,032	7,344	0
2017年産との差	円	4,715	4,275	2,312	0	

注1) JAべと病のみ本田防除体系による(計画時対照区)。

b) 2019年産タマネギ

【佐賀県】

佐賀県では、前作でべと病の発生が多かった4圃場で「夏期50日湛水処理、定植後CAA剤と春先からマンゼブ剤を核とした体系防除」の現地実証を行い、すべての圃場で本病の発生が抑制され、10a当たり収量は平均6.7tであった(表28)。湛水処理を実施しない場合と比べて、農家所得が約3割向上した(表29)。

表28 夏期湛水処理によるべと病発生状況および収量
(2019年佐賀県白石町、佐賀農技防・杵島農改セ)

試験場所	1次感染 発病株率 (%)	2次感染		収量 (kg/10a)
		発病株率 (%)	発病度	
白石町 福富	0.001	5.0	1.3	5,972
白石町 八平	0.047	0.6	0.2	6,334
白石町 福田	0.031	1.3	0.3	8,117
白石町 湯崎	0.000	5.3	1.3	6,269

表29 湛水処理と無湛水の所得比較
(2019年佐賀県白石町、佐賀農技防)

項目	内容	湛水処理	湛水なし
粗収入	収量(kg)	6,673	5,484
	平均単価(円)	80	80
		533,840	438,710
経費	生産原価	204,400	204,400
	販売管理費	17,800	17,800
	べと病薬剤費	14,373	0
		236,573	222,200
所得(粗収入-経費)		297,267	216,510
減収額		-	-80,757 -27%

※湛水なしは白石分場の試験結果から越年罹病株17.82%を抜き取り処分したと仮定

【兵庫県】

兵庫県では圃場を変更し、「3月下旬のマンゼブ剤を核とする」とともに、九冲農研開発のべと病2次伝染モデルを基にした防除」を行うことにより実証区（4回べと病剤散布）において、対照区（7回べと病散布、慣行：9回）と同等のべと病発生を抑制することができた。

実証圃場での減収は無く、薬剤費が約5割低減でき、農家所得の向上につながった（表30、31）。

表30 収量調査結果（兵庫農総セ、企・経 調査日：2019年5月27日、南あわじ市、各区40株調査）

区分	葉重 kg/20株	欠株 %	3L %	2L %	L %	M %	S %	規格外 %	推定収量 kg/10a	熟期 月/日
実証	2.4	0	5.1	40.4	52.2	3.7	1.0	2.6	8,368	6/1
対照	2.3	2.6	0	24.4	64.6	11.0	0	0	8,009	6/1

調査の概要：調査日：2019年5月27日、南あわじ市、各区40株調査

表31 年産別本田べと病剤の経営調査結果（兵庫農総セ、企・経 南あわじ市：水田地帯：中規模経営、10a当）

年産	単位	2019			2017	2016
		実証	対照	参照*1	徹底防除暦	大発生年暦
べと病防除回数	回	4	7	9	12	4
	(対照比)	(56)	(100)			
	(2016比)	(100)	(175)	(225)	(300)	(100)
薬剤費用	円	3,482	6,677	8,152	10,124	2,780
	(対照比)	(52)*2	(100)			
	(参照比)	(43)*3	(82)	(100)		
	(2017比)	(34)*4	(66)	(80)	(100)	
	(2016比)	(125)	(240)	(293)	(364)	(100)
2016産差	円	702	3,897	5,372	7,344	0
2017産差	円	4,715	4,275	2,312	0	

*1 2019産JA暦べと病のみ本田防除体系による

3 . 参考文献

- Achar P. N. (1998) Effects of temperature on germination of *Peronospora parasitica* conidia and infection of Brassica oleracea. Journal of Phytopathology 146: 137-141.
- Anonymous (2002) Forecasting diseases of *Allium* crops. Project report HH1742SFV for the Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK, 25pp. http://scienceresearch.defra.gov.uk/Document.aspx? Document=HH1742SFV_797_FRP.doc
- Bashi E. and Aylor D. E. (1983) Survival of detached sporangia of *Peronospora destructor* and *Peronospora tabacina* Phytopathology 73: 1135-1139.
- Celetti, M. J. (2015) Increased risk of downy mildew on onions (Ontario Ministry of Agriculture and Food and Ministry of Rural Affairs Website). <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2015/16hrt15a2.htm>
- Davidse L. C. (1982) Acylalanines: resistance in downy mildews, Pythium and Phytophthora spp. In *Fungicide Resistance in Crop Protection* (Dekker, J. and Georgopoulos, S.G. eds.). Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. pp. 118-127.
- Develash R. K. and Sugha S. K. (1996) Sporangial viability and germination in *Peronospora destructor*. Indian Phytopathology 49: 157-166.
- 出水忠夫 (1963) タマネギべと病の流行機作ならびに治病に関する研究 . 大阪農試研報 . 4: 1-95.
- Gilles T.(2004) Forecasting downy mildew diseases. In *Advances in Downy Mildew Research, Vol.2* , P. Spencer-Phillips and M. Jeger (eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp.35-67.
- Gilles T., Phelps K., Clarkson J. P. and Kennedy R.(2004) Development of MILIONCAST, an improved model for predicting downy mildew sporulation on onions. Plant Disease.88: 695-702.
- Hausbeck M.K.(2010) Downy mildew and foliar diseases of onion (Michigan State University Extension , Plant Pathology Website). https://www.canr.msu.edu/news/downy_mildew_and_foliar_diseases_of_onion
- Hausbeck M.K. (2011) Downy mildew detected on onions so take action now (Michigan State University Extension , Plant Pathology Website). http://msue.anr.msu.edu/news/downy_mildew_detected_on_onions_so_take_action_now
- Hildebrand P. D. and Sutton J. C. (1982) Weather variables in relation to an epidemic of onion downy mildew. Phytopathology 72: 219-224.
- Hughes I. K. (1970) Onion diseases in Queensland. Advisory Leaflet No.1084. QDPI: Brisbane.
- 北海道農政部指導参考事項 (2015) たまねぎのべと病に対する防除対策 . <http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/27/f2/31.pdf>
- Jang P. and Safeulla K. M. (1990) Factors affecting germination of *Peronospora parasitica* in radish. Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Plant Science) 100: 113-116.
- Kennedy R. and Wakeham A.J. (2006) Development of detection systems for conidia of *Peronospora destructor* (downy mildew) in onion crops. Project report FV 189a for the Horticultural Development Council, UK, 116pp. http://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fhorticulture.ahdb.org.uk%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fresearch_papers%2FFV%2520189a%2520Final%2520%2520Report%25202006.doc
- 越水幸男(1988) アメダス資料による葉いもち発生予察法. 東北農試研報 . 78: 67-121.
- Kunjeti S. G., Anchieta A., Subbarao K. V., Koike S. T. and Klosterman S. J. (2016) Plasmolysis and vital staining reveal viable oospores of *Peronospora effusa* in spinach seed lots. Plant Disease. 100: 59-65.

- Leach C.M., Hildebrand P.D. and Sutton J.C. (1982) Sporangium discharge by *Peronospora destructor*: influence of humidity, red-infrared radiation, and vibration. *Phytopathology* 72: 1052–1056.
- McKay R. (1957) The longevity of the oospores of onion downy mildew. *Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society* 27: 295-307.
- Mehta N., Saharan G. S. and Sharma O. P. (1995) Influence of temperature and free moisture on the infection and development of downy mildew on mustard. *Plant Disease Research* 10: 114-121.
- Mence M. J. and Pegg G. F. (1971) The biology of *Peronospora viciae* on pea: factors affecting the susceptibility of plants to local infection and systemic colonization. *Annals of Applied Biology* 67: 297-308.
- 日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会(2018a)耐性菌対策のための CAA 系薬剤使用ガイドライン. www.taiseikin.jp/mwbhwp/wp-content/uploads/CAA系薬剤使用ガイドライン2018タマネギ追加%EF%BC%89.pdf
- 日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会(2018b)野菜・果樹・茶における QoI 剤及び SDHI 剤使用ガイドライン. [www.taiseikin.jp/mwbhwp/wp-content/uploads/03野菜・果樹・茶における QoI 剤及び SDHI 剤使用ガイドライン2018タマネギ追加%EF%BC%89.pdf](http://www.taiseikin.jp/mwbhwp/wp-content/uploads/03野菜・果樹・茶におけるQoI剤及びSDHI剤使用ガイドライン2018タマネギ追加%EF%BC%89.pdf)
- 農業環境技術研究所(2014)次世代土壌病害診断(ヘソディム)マニュアル. <http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/hesodim/hesodim.pdf>
- O'Neill T., Green K. and Pettitt T. (2003) Control of lisianthus downy mildew. Factsheet (HDC project PC 179). <https://horticulture.ahdb.org.uk/publication/1203-control-lisianthus-downy-mildew>
- Pegg G. F. and Mence M. J. (1970). The biology of *Peronospora viciae* on pea: laboratory experiments on the effects of temperature, relative humidity and light on the production, germination and infectivity of sporangia. *Annals of Applied Biology* 66: 417-428
- Pratt R. G. (1978) Germination of oospores of *Sclerospora sorghi* in the presence of growing roots of host and nonhost plants. *Phytopathology* 68: 1606-1613.
- Ryley M. J. (2015) Mildew diseases of soybean (Australian Oilseeds Federation Website). [https:// www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0018/10368/Mildews_of_soybean_Feb_2015.pdf](https://www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0018/10368/Mildews_of_soybean_Feb_2015.pdf)
- Schwinn F. J. and Staub T. (1995) Oomycetes fungicides: phenylamides and other fungicides against Oomycetes. In *Modern Selective Fungicides*, 2nd ed., H. Lyr(ed), Gustav Fischer, Jena, pp.323-346.
- Singh H. V. (1997) Effect of temperature on sporangial germination of *Peronospora parasitica* and *Albugo candida* from *Brassica juncea* cv. Varuna. *Plant Disease Research* 12: 192-194.
- 塩飽邦子・松尾綾男(1972)タマネギべと病菌の生活環における卵胞子の役割について. *兵庫農試研報* . 20: 97-100.
- Smith R. W. and Lorbeer J. W. (1985) Reappearance and control of onion downy mildew epidemics in New York. *Plant Dis.* 69: 703-706.
- 高橋 実・田中 寛・大石親男(1958)玉葱露菌病に関する研究(第1報)卵胞子の形成並に発芽. *日植病報* 23: 117-120.
- 高津 覚・遠山 明・西村十郎(1957)玉葱露菌病に関する研究 第1集. *兵庫農試研報* . 5: 1-36.
- Van der Gaag D. J. and Frinking H. D. (1996) Extraction from plant tissue and germination of oospores of *Peronospora viciae* f.sp. *pisi*. *Journal of Phytopathology* 144: 57-621.
- Van der Gaag D. J. and Frinking H. D. (1997a) Survival characteristics of oospore populations of *Peronospora viciae* f.sp. *pisi* in soil. *Plant Pathology* 46: 978-988.
- Van der Gaag D. J. and Frinking H. D. (1997b) Survival, germinability, and infectivity of oospores of *Peronospora viciae* f.sp. *fabae*. *Journal of Phytopathology* 145: 153-157.

- Van der Gaag D. J. and Frinking H. D. (1997c) Factors affecting germination of oospores of *Peronospora viciae* f.sp. *pisi* in vitro. *European Journal of Plant Pathology* 103: 573-580.
- Van der Gaag D. J. and Frinking H. D. (1997d) Extraction of oospores of *Peronospora viciae* from soil. *Plant Pathology* 46: 675-679.
- Viranyi F.(1981) Downy mildew of onion. In *The Downy Mildews*, D M Spencer, ed., Academic Press, London, UK, PP.461-472.
- Whiteman S.A., Beresford R.M. (1998) Evaluation of onion downy mildew disease risk in New Zealand using meteorological forecasting criteria. In *Proceedings of the 51st New Zealand Plant Protection Conference*, 51: 117-122.
- Wu B. M., van Bruggen A. H. C., Subbarao K. V. and Pennings G. G. H.(2001) Spatial analysis of lettuce downy mildew using geostatistics and geographic information systems. *Phytopathology* 91:134-142.
- Yarwood, C. E. (1943) Onion downy mildew. *Hilgardia* 14: 595-691.
- Zar, J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice-Hall, New Jersey. 663 pp.

【本マニュアルの執筆機関】

()内は、マニュアル中の図表等に記載した、機関の略称表記

佐賀県農業試験研究センター

本場 環境農業部 (佐賀農業セ)
白石分場 (佐賀農業セ 白石分場)

国立大学法人佐賀大学

農学部 生物科学コース 植物病制御学分野 (佐賀大学)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター

生産環境研究領域 (農研機構九沖農研)

兵庫県立農林水産技術総合センター

農業技術センター病害虫部、淡路農業技術センター農業部 (兵庫農総セ)
企画調整・経営支援部 (兵庫農総セ 企・経)

佐賀県上場営農センター

研究部 (佐賀上場営農セ)

佐賀県農業技術防除センター

専門技術部 (佐賀農技防)

【注意事項など】

本マニュアルで紹介した防除技術の効果は、気象条件、土壌の条件、タマネギベと病の発生状況、農薬の使用歴などによって、異なる可能性があります。新技術の導入にあたっては、各地域の関係機関からの助言を受けましょう。万が一、本マニュアルに掲載した情報のご利用によって、損害・被害が生じて、著者は一切の責任を負いませんので、予めご了承ください。

また、本マニュアルの図表等の複写、転載等を希望される場合は、各図表等に記載している執筆機関に直接、お問い合わせください。

タマネギベと病防除対策マニュアル

【編集・発行】タマネギベと病防除技術開発コンソーシアム

Management manual of the onion downy mildew

Published by Disease research Consortium for the control of the onion downy mildew

問い合わせ先 (研究代表機関)

佐賀県農業試験研究センター 病害虫・有機農業研究担当

〒840-2205 佐賀県佐賀市川副町南里 1088

TEL : 0952-45-8808

発行日 : 2019年8月20日

本マニュアルは、革新的技術開発・緊急展開事業 (うち地域戦略プロジェクト) 「西日本のタマネギ産地に深刻な被害を及ぼしているべと病の防除技術の開発と普及」における研究成果を取りまとめたものである。