

# タマネギベと病防除対策マニュアル

## 一次伝染



## 二次伝染



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）（2016 - 2019 年）

課題名：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

参画機関：佐賀県農業試験研究センター（代表機関） 国立大学法人佐賀大学、（国研）農研機構九州沖縄農業研究センター、兵庫県立農林水産技術総合センター、佐賀県上場営農センター、佐賀県農業技術防除センター

# 目 次

## ．本編

1 . はじめに	1
2 . ペと病の特徴	
1 ) ペと病の症状	1
2 ) ペと病を引き起こす病原菌	3
3 ) ペと病の発生サイクル	3
4 ) ペと病が発生しやすい条件	4
3 . ペと病の防除対策	
1 ) 苗床や本圃を選定するうえで取り組むべきこと	6
2 ) 苗床での対策	7
3 ) 本圃定植前後で気を付けること	8
4 ) 早春頃の越年罹病株の抜き取り	10
5 ) 2～5月の防除のポイント	11
6 ) 防除対策のまとめ	15

## ．参考資料編

### 1 . 発生生態

1 ) 一次伝染 (生態)	
( 1 ) 卵胞子の特徴 ( 形状、 形成部位、 生存期間、 感染能の獲得、 感染・発病条件 )	17
( 2 ) 苗床感染 ( 発病時期、 発病株の特徴、 感染時期の推定 )	20
( 3 ) 本圃感染 ( 発病時期、 発病株の特徴、 感染時期の推定 )	22
( 4 ) 診断・実験法 ( 卵胞子の抽出と生死判別、 定量 PCR による菌の定量、 生物検定 )	25
2 ) 二次伝染 (生態)	
( 1 ) 分生胞子の特徴 ( 形状、 胞子形成、 胞子飛散、 胞子飛散～感染、 感染 )	35
( 2 ) 二次感染株の特徴 ( 潜伏期間と発病、 各年次の感染・発病時期、 発病部位 )	39
( 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、 高湿度継続時間を指標としたモデル )	48

### 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 )	56
( 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 )	57
( 3 ) 本圃での夏期の湛水処理 ( 水稲との比較を含む )	57
( 4 ) 圃場での排水対策の徹底	58
( 5 ) 適期定植 ( 育苗期間と感染リスクの関係 )	59
( 6 ) 定植後 (あるいは定植直前) の薬剤防除	59
( 7 ) 圃場における一次伝染のリスク評価	60
2 ) 二次伝染 (対策)	
( 1 ) 一次感染株 (越年罹病株) の抜き取り	61
( 2 ) 有効薬剤の選定 ( 薬剤の防除効果、 耐性菌のリスク評価 )	62
( 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 )	66
3 ) 総合的な対策の実証 ( 各対策の総合実証および経営評価 )	69

3 . 参考文献	72
----------	----

## ．本編

### 1．はじめに

タマネギべと病は、「カビの一種」である卵菌類の *Peronospora destructor* (フェルノスポーラ デストラクター) によって引き起こされ、世界各国のタマネギに発生する重要病害です。西日本に位置する佐賀県や兵庫県では、温暖な気候を利用し(表1)、早晩性の異なるタマネギを組み合わせた栽培が行われています(表2、3)。しかし近年、べと病が多発生傾向にあります。特に本病が大発生した2016年産タマネギでは、中晩生品種を中心に甚大な被害を受け、記録的な不作となりました。

このような中、本プロジェクトでは、西日本のタマネギ産地において、「べと病菌の生態解明と防除に関する研究」に取り組み、その成果をマニュアルとして取りまとめました。本冊子は「．本編」と「．参考資料編」で構成されています。「参考資料編」では、「本編」の基となるデータや、国内外の過去の知見を紹介しています。「本編」の理解を深めるうえで、参考になると思いますので、最後までご参照いただければ幸いです。

表1 タマネギ栽培期間中の月平均気温の平年値

地点	月平均気温(°C)の平年値									
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
佐賀県佐賀市	24.2	18.6	12.9	7.6	5.4	6.7	9.9	15.0	19.5	23.3
兵庫県南あわじ市	23.3	17.9	12.9	7.9	5.1	5.3	8.2	13.5	17.8	21.5

表2 佐賀県におけるタマネギの主な作付体系

早晩性	品種	播種時期	定植時期	収穫時期
極早生	「貴錦」等	9月上～中旬	10月下旬～11月上旬	3月下旬～4月上旬
早生	「七宝早生7号」等	9月中～下旬	11月中～下旬	4月中～下旬
中・晩生	「ターザン」等	9月下旬	11月下旬	5月下旬～6月上旬

表3 兵庫県におけるタマネギの主な作付体系

早晩性	品種	播種時期	定植時期	収穫時期
極早生	「レクスター」等	9月中旬	11月中旬	4月中旬～4月下旬
早生	「七宝早生7号」等	9月中～下旬	11月中～11月下旬	5月上旬
中生	「ターザン」等	9月下旬	11月下～12月上旬	6月上旬～6月中旬
晩生	「もみじ3号」等	9月下旬	11月下～12月中旬	6月中旬～6月下旬

## 2．べと病の特徴

### 1) べと病の症状

#### (1) 一次感染株(越年罹病株)

10～12月頃に苗床や本圃で感染し(肉眼では気づかない)、翌年の2～3月頃を中心に発病する(肉眼で分かる)株が、一次感染株です。この株は、越年罹病株(えつねんりびょうかぶ)とも呼ばれます。葉が湾曲し、色あせて黄色っぽくなるのが特徴です(写真1A、E)。生育前～中期に発病する場合と(写真1B、C)、生育中～後期に発病する場合があります(写真1D、E)。発病株内の連続した複数以上の葉身に(全身的に)、灰色～灰褐色の分生胞子(ぶんせいほうし)が作られます(写真1F)。

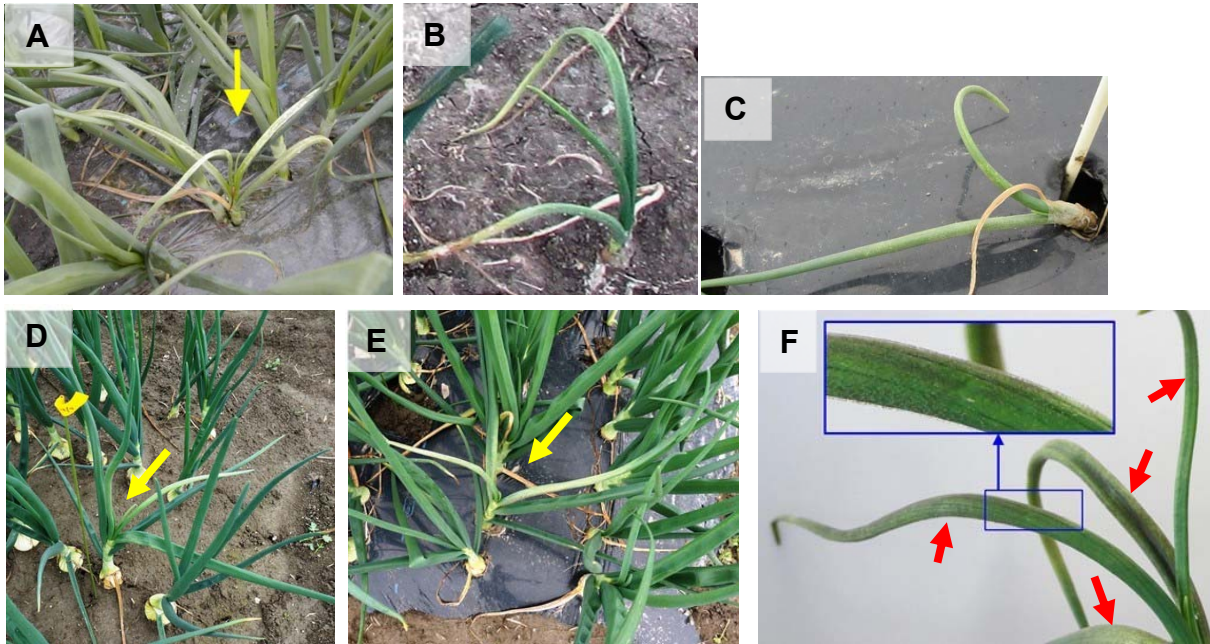


写真1 タマネギベと病の一次感染株（越年罹病株）（佐賀農業セ）

A：典型的な発病株。B、C：生育前～中期に発病した株。D、E：生育中～後期に発病した株。F：複数以上の葉身に（全身的に）、分生胞子が形成された発病株（赤の矢印は、胞子形成を確認した葉身）。

## （2）二次感染株

2～3月頃から、越年罹病株に形成された分生胞子によって感染し（肉眼では気づかない）、その約2週間後から発病するのが（肉眼で分かる）、二次感染株です。葉に淡黄緑色の、ややぼやっとした楕円形の病斑（びょうはん）ができます（写真2A～D）。発病初期の段階では、気づきにくい場合があります（写真2E、F）。二次感染株（発病株）上にも、分生胞子が作られます（写真2G、H）。その後、条件が整うと、これらの分生胞子による感染と発病を繰り返し、4～5月にかけて本病が多発します。

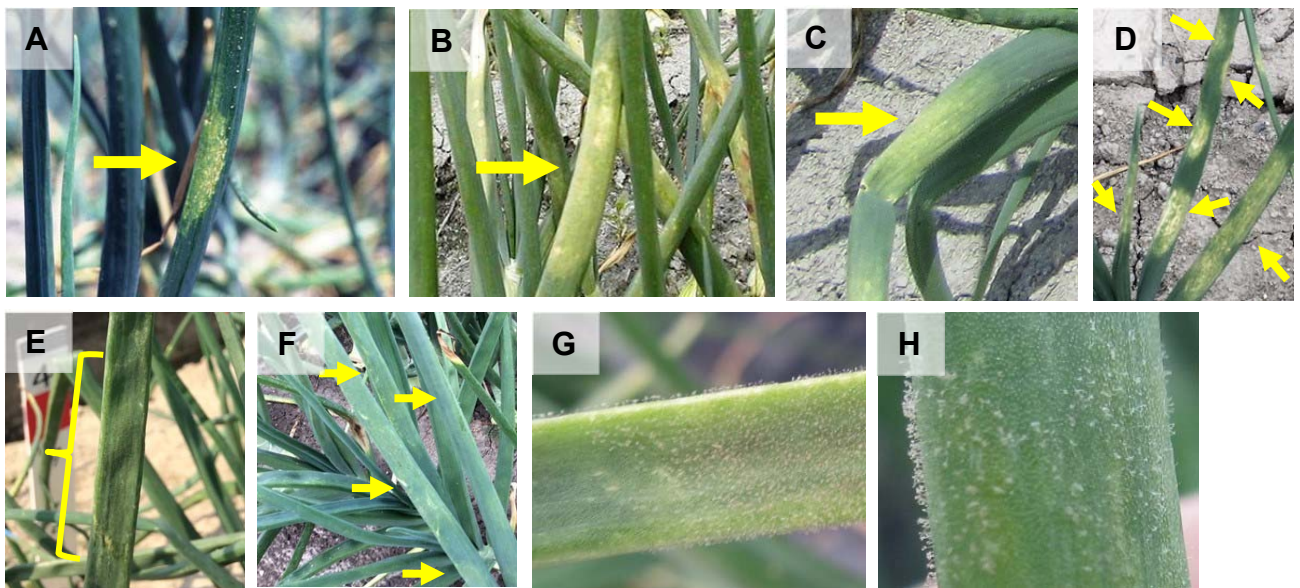


写真2 タマネギベと病の二次感染株（発病株）（佐賀農業セ）

A～D：病斑。E、F：初期の病斑。G、H：発病株に形成された分生胞子。

## 2) ベと病を引き起こす病原菌

タマネギベと病菌は、「カビの一種」です。生きた植物(タマネギ、ネギ、ワケギ)の組織からだけ、栄養をとることができます。卵孢子(らんほうし)で土中に残り、タマネギ生育期間中は、分生孢子の飛散でまん延します。

発病したタマネギ株の葉や根の内部、あるいは収穫終了後のタマネギ残渣の内部を顕微鏡で観察すると、球状の卵孢子が確認されることがあります(写真3A、B)。卵孢子は高温や乾燥に強く、寿命が長いことから、圃場に残って次作タマネギの一次伝染源になります。

発病したタマネギ株の葉の表面には(写真1F、写真2G、H)、分生孢子が形成され(写真3C、D)、これが2~3月以降の二次伝染を引き起こします。分生孢子の寿命は、1~7日程度です。しかし、その形成量はタマネギの葉1cm<sup>2</sup>(平方センチメートル)当たり2万~5万個と極めて多いことから、条件が整えば、ベと病は爆発的に増えます。

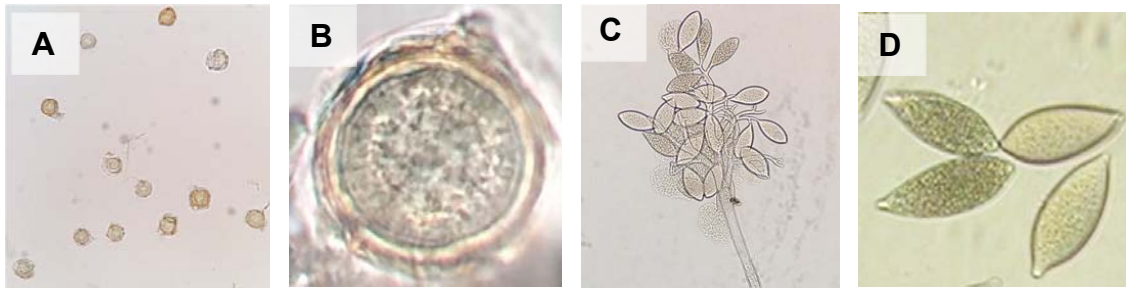


写真3 タマネギベと病菌の卵孢子と分生孢子(佐賀農業セ)  
A、B: 卵孢子の顕微鏡写真。C、D: 分生孢子の顕微鏡写真。

## 3) ベと病の発生サイクル

### (1) 苗床感染(10~11月頃)

苗床では、秋に土中の卵孢子によって、タマネギが感染します(一次感染、図1)。苗床感染株は、秋のうちに、苗床で発病することがありますが、多くの場合は定植時に本圃に持ち込まれます(図1)。

### (2) 本圃感染(11~12月頃)

本圃においても、秋から初冬に、土中の卵孢子によってタマネギが感染します(一次感染、図1)。

### (3) 苗床・本圃感染株の発病(翌年2~3月頃)

苗床や本圃で感染した株は、翌年の2~3月を中心に、越年罹病株として本圃で発病します(図1)。

### (4) 二次感染・発病(3~5月頃)

越年罹病株にできた分生孢子によって、タマネギが二次感染します。感染株は、約2週間で発病します。これらの発病株にも分生孢子が作られ、そこから発生が急速に拡大します(図1)。

### (5) 卵孢子の形成と土中での生存(5~10月頃)

4~5月頃にタマネギベと病で枯れた株に、卵孢子が形成されます。この卵孢子は、土中で夏~秋に生存し、次作のタマネギでの発生源となります(図1)。

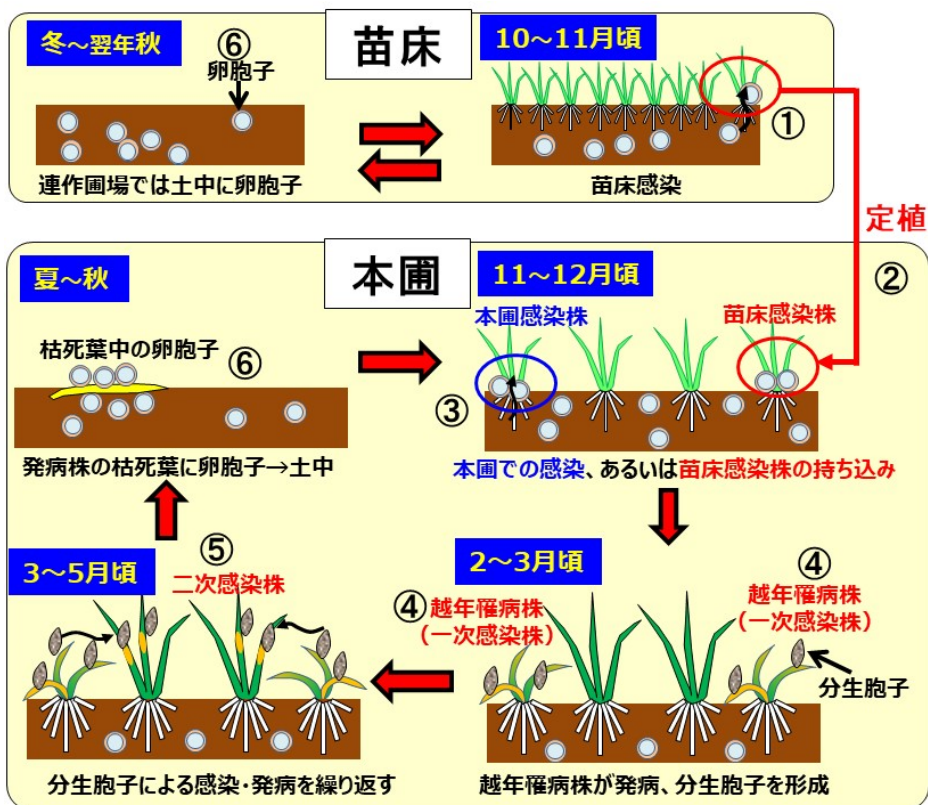


図1 タマネギべと病の発生サイクルの模式図（佐賀農業セ）

#### 4) べと病が発生しやすい条件

##### 卵孢子による秋頃の感染

卵孢子によるタマネギの感染および発病は、10～20 前後で起こり、その適温は 15 前後であると考えられています。また、卵孢子の発芽には適度な水分が必要です。このため、西日本では(表1)、10～12月頃に適度な降雨等があると、感染が起これると考えられます。一般的に、秋～初冬に感染したタマネギは、1～2月の気温の低下に伴い、長い潜伏期間を経て、早春以降に発病します(図2の緑字の感染、潜伏、発病)。発病株(越冬罹病株)には分生孢子が作られ、その後の伝染源となります(写真1)。

##### 分生孢子による春頃の感染

分生孢子によるタマネギの感染および発病は、10～20 前後で起こり、その適温は 15 前後です。また、分生孢子の発芽にも適度な水分が必要です。このため、3～5月頃に適度な降雨や霧などによって葉面の濡れが継続すると、感染が起こります。早春～春に感染したタマネギは、3～4月の気温の上昇に伴い、短い潜伏期間(3月は15～20日間、4～5月は10～15日間)を経て、発病します(図2の赤字の感染、潜伏、発病)。これらの二次感染株にも孢子が作られます(写真2G、H)。条件が整えば、感染と発病を繰り返し、4～5月にかけて本病が多発します。

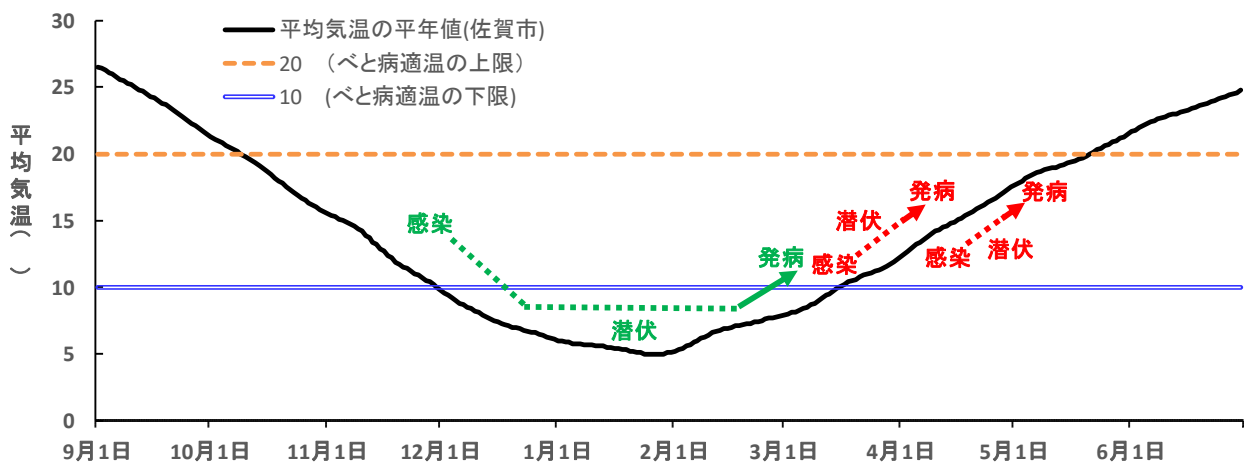


図2 タマネギべと病菌の適温と佐賀市の平均気温、および秋頃の感染(緑)と春頃の感染(赤)の模式図(佐賀農業セ)

なお、タマネギは、茎葉の生長がほぼ完成し、鱗茎が肥大し始める頃から収穫期にかけて、特にべと病にかかりやすくなります(図3)。よって佐賀県を例にとると(表1)、3月の気温は(平年値 9.9 )、べと病の適温よりやや低いため、「3月の気温が平年より高い」場合は多発生条件となります。一方、4~5月頃に鱗茎が肥大する中晩生品種の場合、5月の気温は(平年値 19.5 )、べと病の適温よりやや高いため、「5月の気温が平年より低い」場合は多発生条件となります。

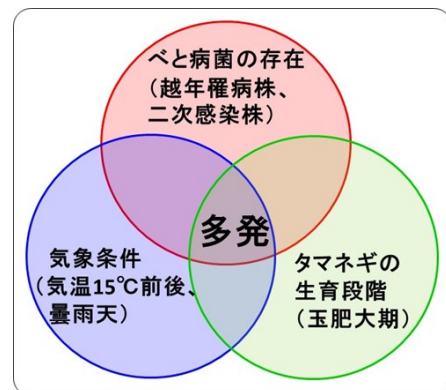


図3 春のタマネギべと病の多発生条件(佐賀農業セ)

西日本各地において、タマネギべと病が多発生した、2016年の天気図をみてみましょう。北部九州に位置する佐賀県を例にとると、この年は3月下旬から、べと病の二次感染株の発生がみられました。

このような中、3月31日から4月4日にかけて前線や低気圧の影響を受け(図4)、曇雨天が続くなど、4月上旬は曇りや雨の日が多く推移しました。その結果、早生や一部の中晩性タマネギでは4月上旬頃に、べと病菌による感染が起こり、4月中~下旬に発病が増加しました。

さらに、4月23日から27日にかけて、前線が九州の南海上に停滞し(図5)、佐賀県では低気圧や前線、気圧の谷の影響を受けて曇雨天が続くなど、4月下旬は曇りや雨の日が多く推移しました。その結果、中晩性タマネギでは4月下旬頃に再び感染が起こり、5月上~中旬に発病が急激に増加しました。

このように、曇雨天が続くときは、べと病菌による感染が起こりやすくなります。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」の開発を進めてきました。詳細は、本マニュアル「 . 参考資料編」の項を参照してください。

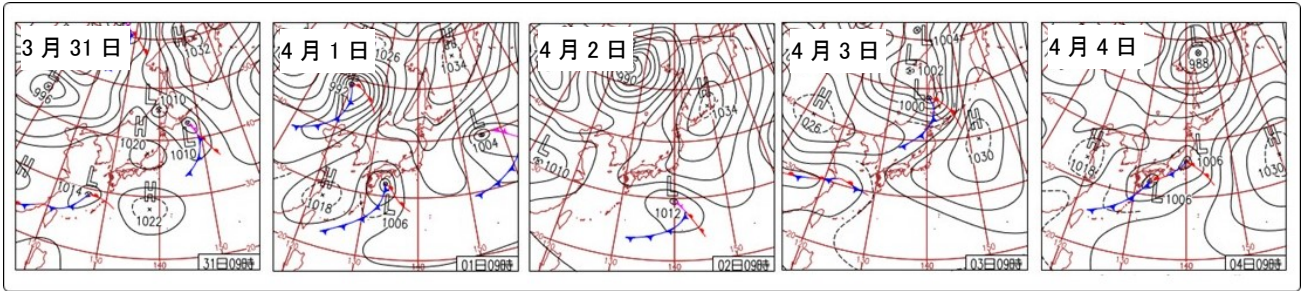


図4 2016年3月31日～4月4日の午前9時の地上天気図（佐賀農業セ、気象庁より引用）

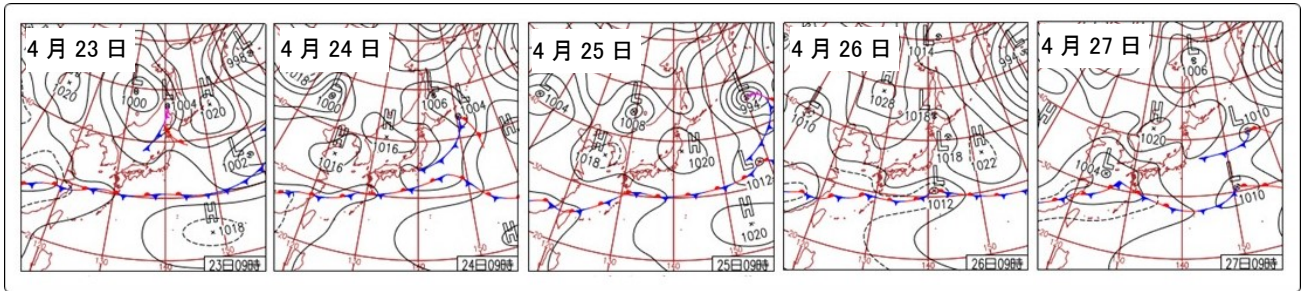


図5 2016年4月23日～27日の午前9時の地上天気図（佐賀農業セ、気象庁より引用）

### 3. ベと病の防除対策

#### 1) 苗床や本圃を選定するうえで取り組むべきこと

##### (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、べと病菌に感染・発病したタマネギ残渣（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ます（図1）。べと病の発生源をなくすため、残渣は圃場外に持ち出しましょう。

また、タマネギを連作すると、べと病が発生する危険度（リスク）が高まります（図1、6）。タマネギの連作を止め、作付けを別の圃場に変更しましょう。「冬作でタマネギを栽培（べと病多発生）」

「夏作で水稲を栽培」「冬作でアブラナ科野菜を栽培」「夏作で水稲を栽培」「冬作でアブラナ科野菜を栽培」「冬作でタマネギを栽培したところ、越年罹病株の発生はほとんど無し」といった例があります。二年以上のタマネギ休作で、土中のべと病菌（卵胞子）を大幅に減らすことができます。

例えば佐賀県内では、「大豆のブロックローテーション」に加え、「水稲の品種ごとの団地化」や「タマネギ作付け圃場のローテーション化」に挑戦する集落が出てきました。皆さんの地域でも、これらの取組みをぜひ検討してみてください。



図6 タマネギ連作によるべと病の増加（イメージ図）（佐賀農業セ）



## (2) 本圃での夏期の湛水处理

タマネギ定植前に水稻を栽培すると、土中のべと病菌（卵孢子）を減らすことができますが、その効果は十分とは言えません。

その一方で、タマネギ定植前に湛水处理（作物は栽培せずに、圃場に水を溜める）すると（写真4）、土中に生存しているべと病菌（卵孢子）を大幅に減らすことができます。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日間です。湛水处理期間中の圃場は、高い地温が維持され、また湛水によって還元状態（極端な酸欠状態）となります。その結果、夏期に湛水处理を行った圃場では、タマネギ定植後、べと病の越年罹病株の発生が大幅に抑制されます。

湛水处理のポイントと注意事項は、以下のとおりです（図7）。



写真4 タマネギ定植予定圃場における夏期の湛水处理（佐賀農業セ 白石分場）

### 1. 土中のべと病菌（卵孢子）に対して高い効果を得るための3つの条件

- ・湛水期間中は落水しない 空気中からの酸素を遮断する。
- ・湛水期間の地温は平均30 梅雨明け後の夏期高温期に行う。
- ・湛水期間 50日間必要。

### 2. 必要な湛水期間

梅雨明け後（7月20日頃）から9月上旬までの50日間（防除効果が落ちるので中干は行わない）

### 3. 各工程における注意事項

#### 1) 湛水、代掻き

代掻きは十分に行い、日減水深を20mm未満に制御する（水の流入による極端な地温低下を避けるため）。

#### 2) 水田雑草対策

雑草の繁茂は必要な地温（湛水期間平均30程度）を下げてしまうので、的確に除草する。

#### 3) 水深

湛水中は土壌表面が露出しないようにするため、水深を5cm程度に保つ。

#### 4) 夏期高温時（梅雨明け後）の50日湛水の確保

水利関係の事情で梅雨明け前から湛水する場合においても、梅雨明け後からカウントし50日間連続して湛水を実施する（梅雨期間中の湛水は地温が低いいため、土中のべと病菌に対する効果が低い）。

#### 5) 排水対策

連続50日湛水後、落水するが、水稻作時のように中干は行わないので弾丸暗渠や額縁排水等の施工を行い、排水対策はしっかり行う。

#### 6) 耕起作業

チゼルカルチ（商品名はスタブルカルチやスピードカルチ）等を用いて鋤起こしを行い、土壌水分の低下を早める。その後、耕起するための適正な水分に低下した時点で逆転ロータリーを用いて畦立てを行うと碎土率が向上しやすく、定植後の活着促進に役立つ。

図7 湛水处理のポイントと注意事項（佐賀農業セ 白石分場）

## 2) 苗床での対策

苗床は、周到的な管理ができるように便利がよく、浸冠水などの被害を受ける恐れがない圃場に設けましょう。また、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します（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いましょう。

苗床で感染（肉眼では気づかない）した苗が、本圃での発病（肉眼で分かる）につながります（図1）。苗床での対策は、その効果が実感できずに、軽く見られがちです。しかし、これらをきっちり行うことで感染苗をなくし、本圃に持ち込まないことがとても大切です。

また、育苗期間が長引くと（定植の遅れ）、苗床でのべと病菌への感染リスクが高まります。厳選した健全苗を、適期に本圃に定植しましょう（表 2、3）



写真5 夏期の太陽熱消毒（佐賀農業セ）

### 3) 本圃定植前後で気を付けること

#### (1) 圃場での排水対策の徹底

排水が悪い圃場では、定植された苗は根傷みを起こしやすく、活着不良や各種病害の発生が懸念されます。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ましょう。

排水対策は、タマネギ栽培の基本技術です。その要点を、以下の ~ にまとめます。

#### 暗渠排水管の整備

圃場に整備された暗渠排水管（コルゲート管など）が正常に機能しているか、雨天時に排出部を見て確認しましょう。水が排出されていない管は、土の微粒子が溜まって詰まっていると考えられます。逆噴射ノズルなど用いて、管内の清掃を行いましょ（写真6）。また、管が押しつぶされて機能していない場合は、早急な再整備が必要となります。



写真6 逆噴射ノズルによる排水管の清掃（佐賀農技防）

#### 弾丸暗渠および額縁排水の施工

作土から暗渠排水管までの排水をスムーズに行うため、タマネギの前作終了後、サブソイラー等による弾丸暗渠の施工を行いましょ。弾丸暗渠から排出される雨水が速やかに排水管に流れるように、弾丸は、排水管に対して直角あるいは斜めに施工します（図8）あわせて、圃場周囲の額縁排水を施工することで（写真7）、表面排水を促し、圃場内の停滞水を軽減することができます。

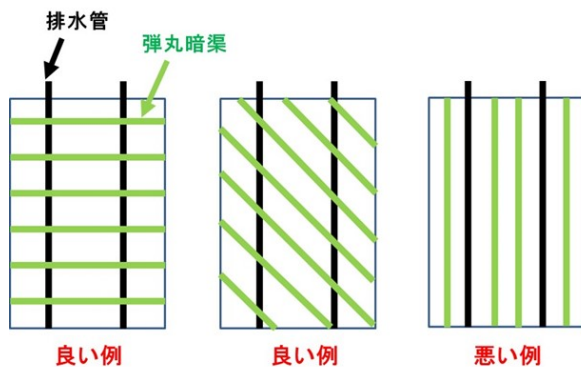


図8 排水性を高めるための弾丸の施工方法（佐賀農技防）



写真7 額縁排水の施工（佐賀農技防）

## 明渠の整備

暗渠を十分に整備していても、排水には時間がかかります。このため、降雨時には圃場内に雨水が停滞することがあります。定植後は明渠を整備し、表面排水を改善しましょう。具体的には圃場内を溝切りし（図9）、排水溝までスムーズに雨水が流れるように導水します。

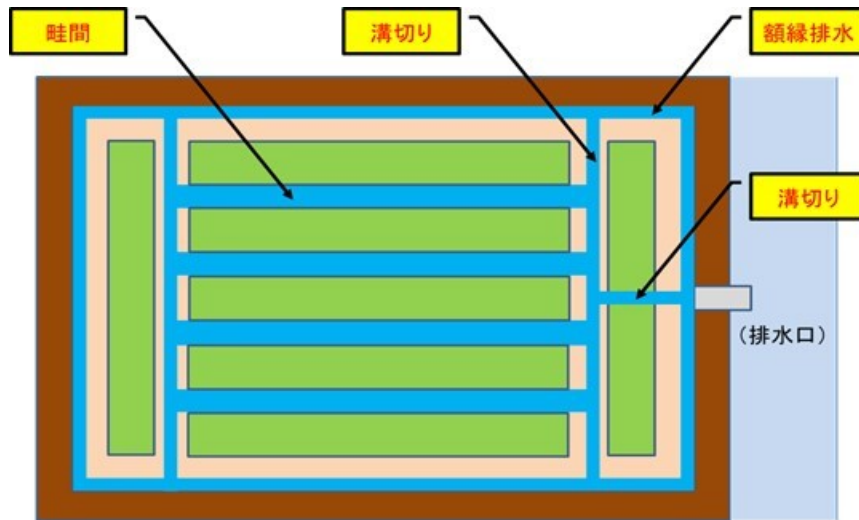


図9 表面排水を向上するための明渠の整備（佐賀農技防）

### (2) 定植後（あるいは定植直前）の薬剤防除

最近の研究で、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、本圃での越年罹病株の発生を軽減できることが明らかになりました。やむを得ずタマネギを連作せざるを得ない圃場、あるいは畑作地帯等で夏期に湛水ができない圃場では、これらの薬剤防除が特に有効です。兵庫県では定植直前（苗床）でのフロンサイド水和剤の散布、佐賀県では定植前後（苗床または本圃）からのジャストフィットフロアブル（CAA 剤を含む混合剤）の散布が、それぞれ効果的であった事例があります。

ただし、これらの効果は、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ります。また、詳細は、後で述べますが、CAA 剤は、薬剤耐性菌（薬が効かない菌）が発生するリスクが高いと考えられていることから、必要最小限の使用に留める必要があります。

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しましょう。

### (3) 本圃における一次伝染の危険度（リスク）評価

あらかじめ、太陽熱消毒（参考資料参照）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ています。一方、本圃での一次伝染を防ぐには、前述のとおり「夏期の湛水処理」や「定植後（あるいは定植直前）の薬剤防除」が有効ですが、本圃の面積は苗床よりも広く、これらの対策には大きな労力（コスト）が伴います。

本圃における一次伝染対策の必要性は、土中に菌（卵胞子）がどれだけ残っているかによって、異なります。以下のチェック項目（図10、11）を参考に、栽培履歴をもとに、圃場ごとのリスクをあらかじめ評価しましょう。そのうえで、一次伝染のリスクが高いと想定される場合は、「圃場を変える（連作の回避）」または「夏期の湛水処理を行う」、リスクが小～中と想定される圃場では、「定植前後の薬剤防除を行う」、リスクが無い圃場では、「一次伝染の対策は行わない」というふうに、リスクに応じた適切な対応を取りましょう。

なお、本プロジェクトにおいて、土中の菌（卵胞子）の密度を測定（推定）する手法を開発しました。しかし「菌密度、土壌の特性および発病程度との因果関係」には、不明な点が残されています。このため、「菌密度の測定手法」をどのように有効活用していくのかは、今後、検討を重ねていく必要

があります。その詳細は、本マニュアル「 参考資料編」の項を参照してください。

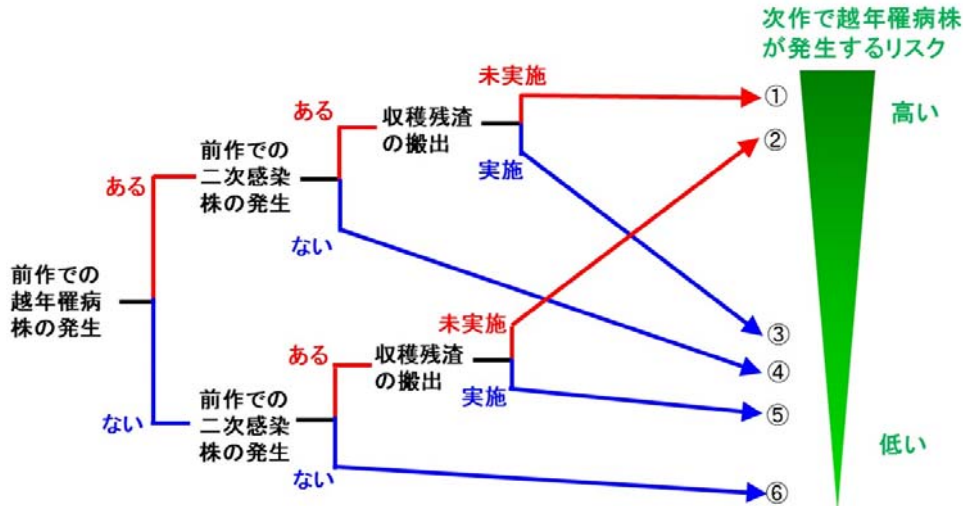


図 10 タマネギを連作する場合、6～7月の時点で想定される、次作（連作する本圃）で越年罹病株が発生するリスク（佐賀農業セ）

：リスク高～中（前作でのべと病の発生程度によってリスクは異なる）。：リスク中～低（前作で越年罹病株が発生していたことから、前々作に由来する菌が土中に残存している可能性がある）。リスク：低（ただし、収穫残渣を搬出する前に、枯死葉が自然落下している場合は、リスクがやや高まる。この点は も同じ）。リスク：低～無。なお、本図は、苗床では太陽熱消毒（土壌消毒を併用）を行い、苗床での感染は無いことを前提としている。

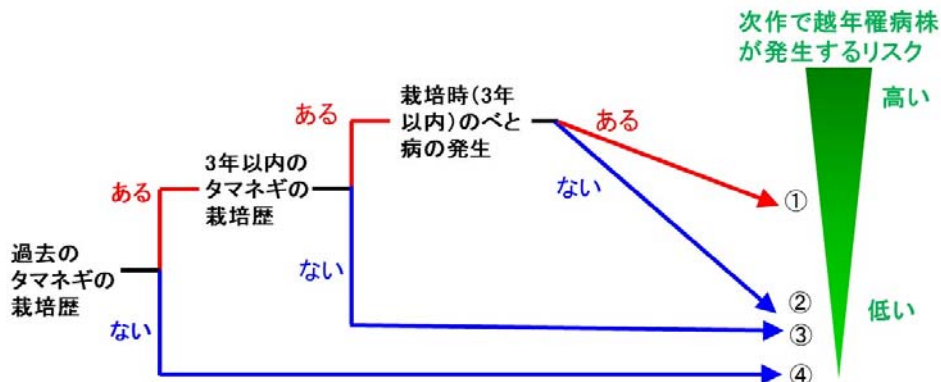


図 11 タマネギの栽培圃場を変える場合、6～7月の時点で想定される、次作（変更する本圃）で越年罹病株が発生するリスク（佐賀農業セ）

リスク：中（栽培時（3 年以内）のべと病の発生程度、あるいは収穫残渣を搬出したかどうかによってリスクは異なる（図 10 参照）。）リスク：低（3 年以上経過することで土中の菌は、ほぼ死滅すると考えられる）。リスク：無（タマネギの栽培履歴がなく、かつ、他圃場からの土の持ち込みがない場合）。なお、本図は、苗床では太陽熱消毒（土壌消毒を併用）を行い、苗床での感染は無いことを前提としている。

#### 4) 早春頃の越年罹病株の抜き取り

2～3月を中心に発生する越年罹病株は、圃場に放置していると、その株上に分生胞子が作られ（写真 1F）、その後のべと病の多発生につながります。越年罹病株は、できるだけ早く抜き取りましょう（写真 8）。越年罹病株は、ある時期に一齐に発生するのではなく、だらだらと発生します。抜き取り作業は一度きりでなく、複数回行う必要があります。

分生胞子は、広範囲に飛び散る可能性があります。一部の圃場だけで越年罹病株を徹底的に抜き取っても、近隣の圃場から伝染する場合があります。よって、抜き取りの効果を高めるには、地域全体で取り組むことが重要です。越年罹病株を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ありません。肥料袋（中身を使い終わった空き袋）などに入れて圃場外に持ち出し（写真 9）、適切に処分しましょう。また、必要に応じ、越年罹病株の抜き取り後は、薬剤防除を行いましょう。

なお、越年罹病株の観察、抜き取り結果は、圃場ごとに記録しておきましょう。「越年罹病株の発生

状況」と「定植前に実施したべと病対策（圃場の変更、夏期の湛水など）」を圃場ごとに比べることによって、その防除効果を判定（実感）することができます。また、越年罹病株の記録は、次作のべと病対策にもつながります。すなわち、これらの記録は、土の中に「どれくらいべと病菌が残っているか」を推定する、判断材料の一つにもなります（図 10、11）。



写真 8 抜き取った越年罹病株（佐賀農業セ）  
注）適切に処分する前に撮影した。



写真 9 抜き取った越年罹病株を肥料袋に入れ、圃場外に持ち出しているところ（佐賀農業セ）

### 5) 2～5月の防除のポイント

本圃において越年罹病株の発生が全くみられなかった場合であっても、油断はできません。春には、周辺圃場から分生胞子が飛散する可能性があるため、いずれの圃場においても、春先以降は通常の防除（二次伝染対策）が必要となります。べと病菌は、条件が整うと感染と発病を繰り返す、急激に蔓延します（図 1、2）。このため、一度の防除の失敗が（薬剤の選択ミスや防除の遅れなど）取り返しのつかないことになる恐れがあります。そうならないため、的確な防除を実施しましょう。

対策の要点を、以下の ～ にまとめます。

#### 薬剤の選択

a) 一部地域におけるメタラキシル剤の防除効果の低下

タマネギべと病に対して、リドミル MZ やフォリオゴールド等のメタラキシル剤（メタラキシルあるいはメタラキシル M を含む剤）が、基幹防除剤として長年使用されてきました。佐賀県において、メタラキシル剤の圃場での防除試験を行ったところ、本剤の防除効果の低下が認められました。さらに、室内検定（図 12）の結果、県内各地において本剤の感受性低下菌（薬剤が効きにくい菌）が発生していることが明らかになりました。

現在のところ、佐賀県以外では、このような防除効果の低下は確認されていません。メタラキシル剤に限らず、各種薬剤に関する情報は、各都道府県等から提供されていますので、インターネット等を活用し積極的に入手しましょう。

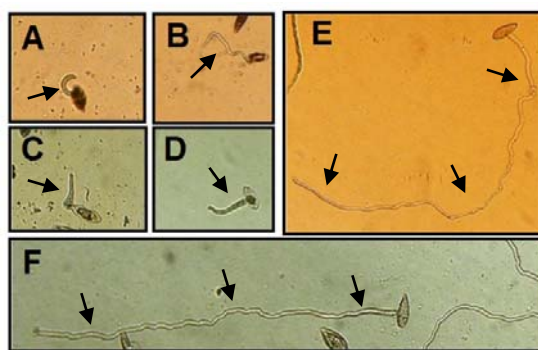


図 12 メタラキシルに対する感受性菌（A～D：発芽管の伸長が阻害されている）と感受性低下菌（E、F：発芽管が伸長している）（佐賀農業セ）

b) 他の防除薬剤

佐賀県や兵庫県等で行った各薬剤の防除効果試験において、マンゼブ剤（ジマンダイセン、グリーンダイセン等）の予防散布が、安定して高い防除効果を示しました。例えば、2016 年に佐賀県の中晩生タマネギで行った試験では、べと病の甚発生条件下において、ジマンダイセン水和剤を軸とした予防散布体系によって、収穫期まで本病の発生を低く抑え、大玉のタマネギを確保することができました（写真 10）。以上のことから、マンゼブ剤の予防散布は、本病の二次伝染抑制に有効な防除手段で

あると言えます。

なお、マンゼブは、多作用点を阻害する薬剤であることから、薬剤耐性菌（薬が効かない菌）が発生するリスクは低いとされています。しかし、「本成分を含む薬剤の総使用回数は5回以内」と定められていることも考慮し、他の系統の薬剤との体系散布が必要です。このうち、CAA 剤、QoI 剤と呼ばれる系統の薬剤は、耐性菌の発生するリスクが高いとされています。単剤で使用する場合は1作1回まで、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であっても1作2回までの使用に留めましょう。

いずれにしても、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ります。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しましょう。



写真 10 ジマンダイセンを軸とした予防散布体系区（手前が体系区，奥は慣行防除）  
（2016年5月23日、佐賀農業セ）

### 防除適期

春期のべと病は、発病株に形成された分生胞子が飛散して、周辺のタマネギに感染し、その後、約2週間の潜伏期間を経て、発病します（図13）。感染時や潜伏期間中は、タマネギの異変を肉眼で確認することはできません。発病して、初めてべと病の症状を肉眼で確認することができます。このような中、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）」であることが明らかになりました（図13）。べと病の防除は、発病してからでは「遅い」のです。防除のポイントは「それよりもっと前」にあるのです。

春に、適度な降雨や霧などによってタマネギ葉面の濡れが継続すると、べと病菌の感染が起こりやすくなります。週間天気予報等で、天気の崩れが予想されるときは、「感染前の予防散布」を行いましょう。気象庁のWebサイトでは、週間天気予報が1日2回更新され、その中では、予報（降水の有無）の信頼度も示されています（図14）。予防散布を検討するうえでの、判断材料の一つにするとよいでしょう。

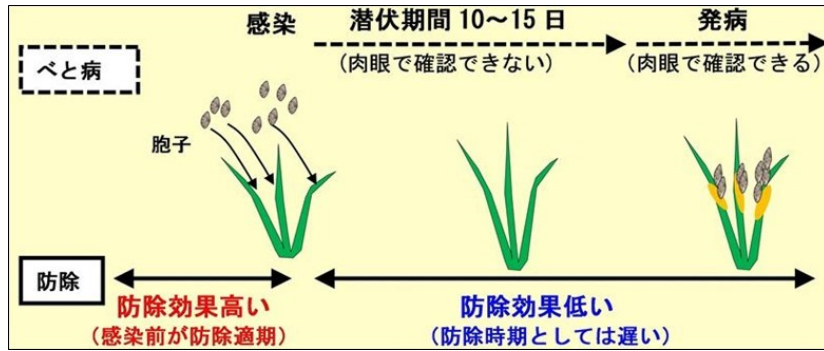


図 13 春期のタマネギべと病の発生と防除適期（模式図、佐賀農業セ）

日付	7日	8月	9火	10水	11木	12金	13土	
佐賀県	晴のち一時雨	晴	曇のち一時雨	曇一時雨	曇時々晴	晴時々曇	晴時々曇	
府県天気予報へ								
降水確率(%)	-/0/10/50	30/0/0/0	50	50	30	20	10	
信頼度	/	/	C	C	B	A	A	
佐賀	最高(°C)	22	23	19 (18~22)	19 (18~22)	17 (15~20)	18 (15~20)	20 (16~22)
	最低(°C)	/	13	9 (7~11)	12 (10~14)	9 (7~11)	8 (6~10)	6 (4~9)

図 14 2019年4月7日発表の佐賀県の週間天気予報（佐賀農業セ、気象庁より引用）  
赤の線で囲んだところは、降水の有無についての予報の信頼度を示す。

- A: 降水有無の適中率が高い。降水の有無の予報が翌日に変わる可能性がほとんどない。
- B: 降水有無の適中率がやや高い。降水の有無の予報が翌日に変わる可能性が低い。
- C: 降水有無の適中率がやや低い。降水の有無の予報が翌日に変わる可能性が信頼度Bよりも高い。

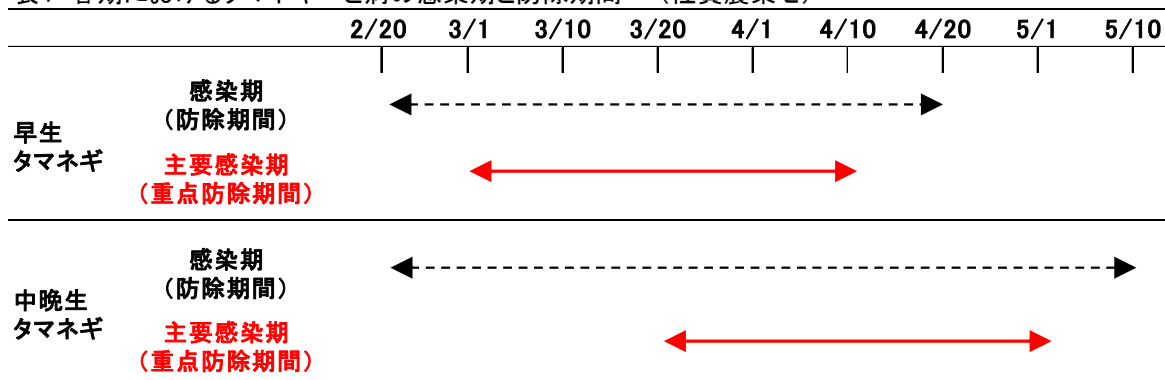
### 重点防除期間

前に述べたとおり、タマネギべと病の発生を確認してから防除を行っても、十分な効果が期待できません（図 13）。近年、本病が多発生傾向で推移している中、切れ目のない予防散布によって、「タマネギを、べと病菌に感染させない」取り組みが大切です。

一方で、西日本では3月から（暖冬年は2月から）タマネギべと病の感染が可能となり、しかも早晚性の異なるタマネギが、同一地域内で栽培されていることから（表 2、3）本病の感染は5月まで可能となります（図 2）。このような長期間にわたって、継続的に予防散布を行うことは、作業労力や生産コストの増加を招く恐れがあります。

そこで、より効率的かつ的確に防除を行うため、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検討しました。佐賀県の事例を紹介すると、過去の気象解析を行った結果、べと病に感染しやすい気象条件（感染好適気象条件）が、2月下旬～5月上旬頃を中心に断続的に出現することがわかりました。タマネギべと病菌による感染を防ぐため、この期間には原則として7～10日間隔で予防散布を行う必要があります（表 4、点線矢印）。

表4 春期におけるタマネギべと病の感染期と防除期間<sup>注1)</sup>(佐賀農業セ)



注1) 佐賀県における目安。これらの期間は、地域、気象条件、タマネギの生育、べと病の発生の発生状況等によって異なる。例えば、暖冬で経過した場合、これらの期間は早まる可能性がある。

さらに、前述のとおりタマネギは、鱗茎が肥大し始める頃から、特にべと病にかかりやすくなるとされています。言い換えますと、タマネギの玉肥大期に対応して、早生品種の方が中晩性品種よりも先にべと病に感染しやすくなります。この点は、早晩性が異なるタマネギでの発病調査結果からも、裏付けられました(図15)。

以上のことから、早生タマネギでは3月上旬~4月上旬、中晩生では3月下旬~4月下旬が主要感染期であり、すなわち重点防除期間となります(表4、赤の実線矢印)。

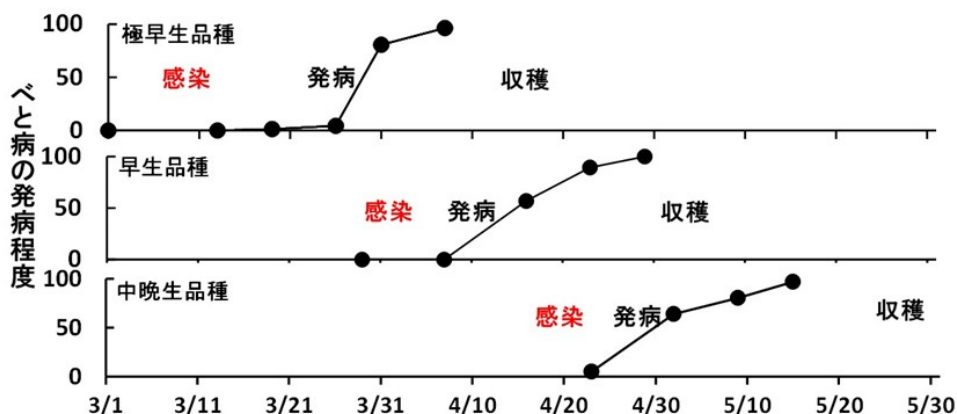


図15 異なる早晩性のタマネギにおけるべと病の感染時期とその後の発病(2016年、佐賀農業セ)  
注) 赤字の感染時期は、発病時期から潜伏期間を逆算した推定値。3月の潜伏期間は約15~20日間、4月の潜伏期間は約10~15日間。

重点防除期間(表4、実線矢印)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す。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ります。ただし、週間天気予報等を活用し(図14)、散布予定日以降に降雨がないようであれば、散布間隔を10日間まで延長することは可能です。



- ☑ 暖冬で経過し、タマネギの生育が早い。  
(早くから、べと病に感染する恐れがある)
- ☑ 地域内で、3月からべと病の二次感染株がみられている。  
(3～5月に、感染と発病を、何回も繰り返す危険性がある)
- ☑ 曇雨天が数日続くような天気が、周期的にみられている。  
(3～5月に、感染と発病を、何回も繰り返す危険性がある)

図 16 散布間隔を約 7 日間に短縮する場合の判断基準の例 (佐賀農業セ)

#### 散布方法など

薬剤散布量が十分でないとう効果が低下するので、薬剤には展着剤を加用して株全身が濡れるよう、むらなく散布しましょう。また、最近の研究によつて、タマネギの株元(葉身基部)付近の若い葉で、べと病菌による感染が起こりやすいことがわかってきました(写真 11)。よつて、感染予防の観点からも、薬剤は株元まで十分量を散布することが重要です。



写真 11 鱗茎肥大期のタマネギ(佐賀農業セ)(佐賀上場営農セ等での研究結果から、主要な感染が起こりやすいと考えられるようになった部位を黄色で囲つた)

薬剤散布後は、防除効果の確認を行いましょつ。効果が不十分である場合は、栽培履歴をもとに「薬剤の選択は適切であったか」「散布時の天候に問題はなかつたか」「散布タイミングが遅れていなかったか」「散布間隔(日数)は適当であったか」「散布量は十分であったか」などを分析し、改善につなげましょつ。

たとえ早生タマネギの収穫で忙しい時期になつても、中晩生タマネギの防除も大切です。また、早生タマネギなどで発生したべと病が、周辺のタマネギの伝染源になる場合があるので、べと病対策は地域全体で取り組ましょつ。

## 6) 防除対策のまとめ

防除対策の要点を、図 17 に整理しました。苗床予定地では、太陽熱による土壌消毒に加え、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いましょつ。

タマネギの収益性を高めるため、苗床と比較して栽培面積が広い本圃では、べと病菌による一次伝染のリスクをあらかじめ評価したうえで、それに対応した対策を行いましょつ。また、越年罹病株の観察・抜き取りは、「一次伝染対策の効果の確認」「二次伝染源の除去」など、いろいろな観点から重要です。確実に実践しましょつ。

一次伝染対策を行つた圃場では、二次伝染のリスク減ります。ただし、春になると周辺圃場から分生胞子が飛散してくる恐れもあるので、二次伝染対策は必須です。「タマネギをべと病菌に感染させない」ため、継続的な予防散布を行いましょつ。散布間隔は、感染リスクに応じて調節するとともに、散布後は、防除効果の確認を行いましょつ。





月日	一次伝染対策	二次伝染対策	
	苗床	本圃	本圃
5~6月		 	 
5~6月		<p>【前作の栽培履歴】</p> <p>①越年罹病株の発生は・・・</p> <p>②二次感染株の発生は・・・</p> <p>③収穫残渣の搬出は・・・</p> <p>↓</p> <p>記録をもとに、本圃に卵胞子が残っているかどうか推定し、次作での越年罹病株の発生リスクを評価する(図10、11)。</p>	
7月		<p>A 圃場の変更(連作回避)</p> <p>B 湛水処理</p>	
8月	<p>・連作の回避。排水対策の徹底。</p> <p>・太陽熱消毒の実施。雑草や苗立枯病等を対象とした土壌消毒も併せて行う。</p>		<p>発生リスクに応じ、A~Cを選択(例: リスク高→AかB、リスク中か低→C、リスク無→実施せず)</p>
9月			
10月	<p>・排水対策の徹底</p>		
11月	<p>・健全苗の適期定植</p>	<p>C 定植前後の薬剤防除</p>	
12月			
1月			
2月		<p>【2~3月頃】</p> <p>越年罹病株の観察と抜き取り</p> <p>→越年株の発生状況を知り、7~11月に実施した、対策(A~C)の効果を確認。</p> <p>→越年株を抜き取ることで、分生胞子の飛散を防止(二次伝染対策)。</p> <p>→越年株の状況を記録し、次作への対策にもつなげる(本圃のリスク評価)。</p>	
3月		<p>【2月下旬~5月上旬頃】</p> <p>「タマネギをべと病菌に感染させない」ための継続的な予防散布</p> <p>→原則として10日間隔の散布とする。</p> <p>→ただし、鱗茎肥大期以降(早生品種では3月上旬~4月上旬頃、中晩生品種では3月下旬~4月下旬頃)は、感染リスクに応じ(図16)、散布間隔を約7日間に短縮する。</p> <p>→散布後は、効果の確認を行う。</p>	
4月			
5月		<p>・べと病にかかった収穫残渣の圃場外への搬出</p>	

図 17 タマネギべと病の防除対策の要点 (佐賀農業セ)