

タマネギべと病の一次感染および発病に影響を及ぼす 気象要因と効果的な防除体系

柳井瑞帆，中村吉秀，江頭桃子¹⁾，難波信行²⁾

キーワード：べと病，防除，一次感染株，気象要因，タマネギ

Meteorological Factors Affecting the Primary Infection and Onset of
Onion Downy mildew and Effective Control Systems

Mizuho YANAI, Yoshihide NAKAMURA, Momoko EGASHIRA, Nobuyuki NAMBA

目次

1. 緒言
2. べと病一次感染株の発生生態と気象要因の関係
 - 1) 材料および方法
 - 2) 結果
 - 3) 考察
3. べと病一次感染に対する効果的な防除体系
 - 1) 材料および方法
 - 2) 結果
 - 3) 考察
4. 摘要
5. 引用文献

Summary

¹⁾現長崎県対馬振興局

²⁾元長崎県農林技術開発センター

1. 緒言

長崎県では、青果用の早生品種から加工業務用の中晩生品種まで幅広い作型のタマネギが栽培されており、その収穫量は全国4位(農林水産省, 2022)で、本県における野菜の重要品目の一つとなっている。

近年、*Peronospora destructor*によるタマネギべと病(以下、べと病)が西日本のタマネギ産地を中心に多発傾向にあり、本県においても大発生した2016年は甚大な被害を受け、記録的な不作となった。本病は、育苗～本圃栽培初期に土壤中の卵胞子によって一次感染が起こり、その後一次感染株上に形成される分生胞子の飛散(二次感染)によって発病が拡大する。病害虫の発生予察事業の調査実施基準(農林水産省, 2016)によると、一次感染株の多少は二次感染株による春季の蔓延に直接関係しており、その割合が0.01%(3株/10a程度)以上あれば多発生になると言われていることから、一次感染をいかに抑えるかが防除対策上の最重要課題である。

一次感染対策として、これまでも圃場巡回による発病株の早期発見および抜き取りが行われ

ているが、一次感染株は1～4月まで断続的に発生がみられるうえ、初発日の年次変動が大きいことから、抜き取り作業の開始時期の判断が困難であった。また、栽培期間中に一次感染株がどの程度発生するのか予測できれば、二次感染に対する早急な防除対策などを講じることができると考えられるが、感染や発病が起こる気象条件については知見が少ないため予測は困難である。

そこで本研究では、長崎県のタマネギ栽培における主な作型の一つである中晩生品種について、定植後の気象条件が本圃におけるべと病の初発日および発病株率に及ぼす影響を調査し、一次感染に最適な気象条件および感染後の潜伏期間について検討した。また、一次感染の効果的な防除方法についても検討を加えたので、本報ではその概要を報告する。

なお、本研究を進めるにあたって、九州病害虫防除推進協議会には薬剤防除試験で多大なるご支援をいただいた。ここに深甚なる感謝の意を表す。

2. べと病一次感染株の発生生態と気象要因の関係

江頭・中村(2018)によると、定植後1か月の累積降雨日数が平年より多い年または気温が平年より高い年は発生圃場率が高いと報告されている。しかし、どのような条件でべと病の一次感染が起こるのかは明らかになっていないため、ここでは感染と気象条件に関するより詳細なデータを得ることを目的として、定点圃場におけるべと病の発病推移を複数年にわたり観察するとともに、感染が起こる条件および潜伏期間を検討した。

1) 材料および方法

試験は2017～2020年度の4か年にわたり、長崎県農林技術開発センター干拓営農研究室の圃場(灰色低地土; 諫早市中央干拓)で実施した。試験に用いた圃場は、2016年にタマネギを1度だけ作付し、それ以前の10年間は緑肥のみを栽培していた。試験の実施にあたり、べと病一次感染株の発病を促すために、収穫後の罹病残さを用いて汚染圃場を作製した。各年の処理内容は表1に示し

たとおりである。

供試品種は中晩生の「ターザン」で、448穴ポットで育苗を行い、定植時まで屋外で管理した。培土にはアシスト培土タイプS(みのる産業株式会社, N, P₂O₅, K₂O=100, 1000, 100mg/10a)を使用し、覆土としてみのるソイルTミックス(みのる産業株式会社, N, P₂O₅, K₂O=90, 65, 40mg/10a)を使用した。育苗期間中の病害虫防除は現地慣行に準じて行ったが、定植の約4週間前からは定植後の感染への影響を考慮して、べと病に対して登録のある薬剤は散布しなかった。定植日は2017年12月7日, 2018年12月7日, 2019年12月6日, 2020年12月8日であった。施肥は長崎県農林業基準技術に従って行い, N, P₂O₅, K₂O=25.6, 25.2, 25.6kg/10aを基肥50%, 追肥50%で施用した。栽植密度は畝幅150cm, 条間20cm, 株間10cm, 4条植え, 26,666株/10aで, 無マルチ栽培とした。定植後は調査終了時まで殺菌剤は散布しなかった。

発病調査は、べと病一次感染株の発生が予想される1～3月に茎葉の湾曲や黄化、分生孢子形成の有無などをもとに行い、初発日の確認および累積発病株率を算出した。各年の調査日および調査株数は表2に示したとおりである。なお、ここでは初発日をすべての調査株のうち1株でも発病が認められた日と定義し、累積発病株率は調査期間を揃えるため3月5半旬までの結果から各年3～6反復の平均値を算出した。また、発病を確認した株は二次感染を抑制するため随時抜き取りを行い、圃場外へ持ち出した。

気象データの分析には、長崎県農林技術開発セ

ンター干拓営農研究室に設置してある気象観測装置（気温：高さ2m強制通風式、平均気温：毎正時の気温の平均、降水量：0.5mm単位）の測定値を用いた。べと病一次感染の主要な感染時期は1月上旬までとされているため（田代ら，2018），ここでは定植後4週間の気象データと初発日および累積発病株率との間で相関分析を行った。なお、気象要因のうち降雨日数は日降水量が1mm以上の日数、高湿度日数は日平均湿度が80%以上の日数を計上し、積算温度は、日平均気温が0℃以下の場合には切り捨てて算出した。

表1 ベと病汚染圃場作製のための処理

試験年度	処理
2017	試験圃場の脇に集積しておいた前作の罹病残さ（残さ量不明）を、2017年9月14日に表土ごと試験圃場全面に散布してロータリー混和した。
2018	2018年5月25日～10月16日に試験圃場の脇に集積しておいた罹病残さ（60a分）を、10月16日に表土ごと試験圃場全面に散布してロータリー混和した。
2019	2019年5月27日～10月8日に試験圃場の脇に集積しておいた罹病残さ（60a分）を、11月1日に表土ごと試験圃場全面に散布してロータリー混和した。
2020	2020年5月1日に前作のタマネギを収穫し、その罹病残さ3a分を圃場内で乾燥させ、5月14日にすき込んだ。

表2 各年の調査時期および調査株数

試験年度	調査時期（調査間隔）	調査株数
2017	2018年1月23日～4月5日（2～9日）	1区132～140株，6連制 計816株
2018	2019年1月25日～4月5日（3～11日）	1区136～140株，6連制 計820株
2019	2020年1月20日～3月23日（3～10日）	1区187～188株，4連制 計751株
2020	2021年1月28日～3月29日（2～7日）	1区319～320株，3連制 計959株

2) 結果

べと病一次感染株の初発は、2018年3月1日（定植84日後）、2019年2月8日（定植63日後）、2020年2月7日（定植63日後）、2021年2月15日（定植69日後）に確認された（表3）。発病推移をみると、多くの年で2月上旬にわずかに発病した後停滞し、2月下旬～3月上旬にかけて再び増加した（図1）。3月5半旬までの累積発病株率は、2017年度が2.82%、2018年度が6.95%、2019年度が5.59%、2020年度が4.17%であった。

初発日までの経過日数と定植後4週間の気象要因との間では、平均気温、最低気温、最高気温、降

雨日数、降水量、高湿度日数で強い負の相関が認められた（表4）。

また、累積発病株率と定植後4週間の気象要因の間では、平均気温、最低気温、降雨日数、降水量、平均湿度、高湿度日数で強い正の相関が認められた。

ここまでの結果を受けて、感染には定植後の気温と降雨が影響していると仮定し、感染に好適な条件の検討を行った。各年の定植後、最初に1mm以上の降雨が確認された日とその日の平均気温および降水量は表5に示したとおりであり、平均気温の最低値は2017年度の6.9℃であった。そのため、

ここでは6.9°Cを感染に必要な気温と仮定し、日平均気温6.9°C以上かつ降水量1mm以上を満たす日を感染好適日として設定した。定植日から3月中旬までの感染好適日数と累積発病株率の相関を解析

したところ、両者は強い正の相関を示した(表6)。また、最初の感染好適日から初発日までの経過日数は 61.3 ± 13.5 日(4か年平均 \pm 標準偏差)、積算温度は 373.8 ± 25.8 日度(同)であった(表7)。

表3 一次感染株の初発日および3月5半旬までの累積発病株率

試験年度	定植日	初発日	経過日数 (日)	累積発病株率 (%)
2017	12月7日	3月1日	84	2.82
2018	12月7日	2月8日	63	6.95
2019	12月6日	2月7日	63	5.59
2020	12月8日	2月15日	69	4.17

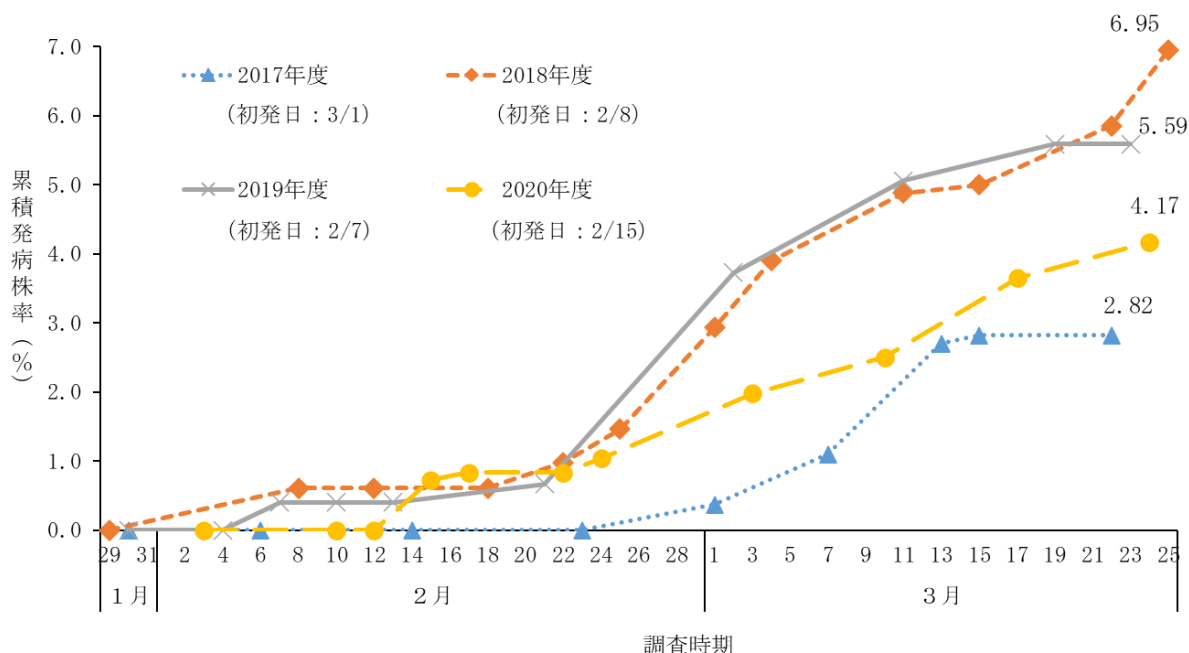


図1 ベと病一次伝染株の発病推移

表4 初発日までの経過日数および累積発病株率と定植後4週間の気象要因との相関

試験年度	平均気温 (°C)	最低気温 (°C)	最高気温 (°C)	降雨日数 (日)	降水量 (mm)	平均湿度 (%)	高湿度日数 (日)
2017	4.9	-0.1	10.1	3	21.0	73.0	5
2018	6.5	2.0	11.1	5	52.0	84.8	18
2019	8.0	3.2	13.2	6	59.0	81.0	16
2020	5.4	0.2	11.1	4	23.5	64.9	3
経過日数との相関係数r	-0.786	-0.792	-0.733	-0.899	-0.809	-0.485	-0.711
発病株率との相関係数r	0.700	0.776	0.508	0.803	0.858	0.757	0.888

表5 定植後最初に降雨が確認された日の平均気温および降水量

試験年度	定植後最初に1mm以上の降雨が確認された日		
	日付	平均気温 (°C)	降水量 (mm)
2017	12月10日 (定植3日後)	6.9	16.5
2018	12月11日 (定植4日後)	8.6	30.0
2019	12月17日 (定植11日後)	13.2	23.0
2020	12月24日 (定植16日後)	7.0	4.5

表6 一次感染株の累積発病株率と感染好適日数の相関

	発病株率 (%)	12月 1月 2月 3月 計				
		2017年度	2.82	2	3	3
2018年度	6.95	5	3	8	11	27
2019年度	5.59	6	7	8	5	26
2020年度	4.17	2	3	6	8	19
相関係数 r		0.819	0.265	0.929	0.311	0.967

表7 最初の感染好適日から初発日までの経過日数および積算温度

試験年度	最初の感染好適日～初発日	
	経過日数 (日)	積算温度 (日度)
2017	81	369.7
2018	59	386.2
2019	52	399.5
2020	53	339.6
平均	61.3	373.8
標準偏差	13.5	25.8

3) 考察

(1) 一次感染に好適な気象条件について

べと病一次感染株の発病について、長崎県の病害虫発生予察事業の巡回調査データを解析した江頭・中村(2018)の報告によると、定植後1か月間の累積降雨日数が平年より多い年または気温が平年より高い年は発生圃場率が高いとされている。本試験でも4か年の調査ではあるものの、初発日までの経過日数および3月5半旬までの累積発病株率は定植後4週間の気温および降雨と強い相関を示し、平均気温が高く降雨が多い年ほど累積発病株率が

高かった点は既報と一致した。そのため、べと病の一次感染には気温および降雨の2つの要因が影響を及ぼしていると示唆された。

べと病の一次感染が起こる条件について、タマネギべと病防除技術開発コンソーシアム(佐賀県・佐賀大学・農研機構・兵庫県)(2019)では、卵胞子による感染・発病は10～20°C前後で起こり、その適温は15°C前後であるとされている。しかし、その他には知見がなく、特に降雨の条件については報告事例がないようである。本試験では、一次感染が起こる条件を定植後の気象データから検討し、

日平均気温6.9℃以上かつ降水量1mm以上の日と設定した。日平均気温の値に関しては既報よりも低いものであったが、本条件を満たす日数と累積発病株率との間には $r=0.967$ と非常に強い正の相関が認められたことから、本条件をべと病の一次感染に好適な条件として利用できる可能性があるとし唆された。また、12月までの感染好適日数と3月5半旬までの累積発病株率との間にも $r=0.819$ の強い相関が認められたため、12月の段階で一次感染株がどの程度発病するのか大まかに予測できる可能性があると考えられた。事例が少ないため、今後もさらなる検証が必要である。

(2) 一次感染の潜伏期間について

これまでにべと病一次感染の潜伏期間に関する報告はない一方で、出水(1963)は分生胞子を用いた接種試験の結果から、12月に感染が起こった場合の潜伏期間は98~111日(平均108日)であると推定している。本試験では、独自に設定した感染好適条件と初発日の結果から、12月に一次感染が起こった場合の潜伏期間は52~81日(4か年平均±標準偏差: 61.3±13.5日)と推定された。感染源が分生胞子か卵胞子かの違いはあるものの、既報とは大きく異なる結果となった。また、最初の感染好適日から初発日までの積算温度は339.6~399.5日度(4か年平均±標準偏差: 373.8±25.8日度)であり、すべての年で同程度の値となった。経過日数には年次によるバラツキがみられた一方で、積算温度はバラツキが小さかったことから、一次感染の潜伏期間は日数よりも積算温度から推測できる可能性があると考えられた。べと病の卵胞子は地下部の根や葉鞘から侵入した後地上部へ進展し(渡邊・菖蒲, 2019; 三室ら, 2021)、葉身抽出部付近で複数の葉身に同時に感染が生じると考えられている(田代ら, 2019)。すなわち、根から侵入し

たべと病菌の菌糸が葉身抽出部付近まで到達し、そこで感染した茎葉が伸長して発病するまでの期間が、今回得られた積算温度の値と関係している可能性があると考えられた。事例が少ないため今後も検証が必要であるが、定植後最初の感染好適日からの積算温度を算出することで、初発日を推定できる可能性があるとし唆された。

ここで、図1では示せなかった3月5半旬以降の調査結果と年ごとの感染好適日の詳細な出現状況を図2, 3, 4, 5に示した。各感染好適日から積算温度による発病予測を行うと、3月末までに発病した株は、おおむね2月末までに感染が起こったと推察された。また、すべての年で確認された3月上旬頃の発病株の急激な増加は1月上旬~中旬頃までの感染によるものと推定され、べと病一次感染の主要な感染時期は1月上旬までであるとする田代ら(2018)の報告とほぼ一致した。積算温度による潜伏期間を考慮した発病予測日と実際の発病状況との適合性を検証すると、その的中率は67.5%(27/40)であった。なお、多くの年で予測と実測が適合していなかったのは2月下旬頃に感染し、3月中下旬以降に発病すると予測されたものであった。2020年度を除くほぼすべての年で、3月下旬以降は発病株の増加がみられなくなっており(図2, 3, 4)、2月下旬以降は感染が起こらない可能性が考えられた。田代ら(2018)の報告でも、2月1日定植のタマネギではわずかに一次感染株の発病がみられたものの、2月15日定植の場合は発病を認めなかった事例が確認されていることから、理由は明らかではないが、2月中下旬以降は一次感染が起こらない可能性があると考えられた。4月以降の発病調査を行えなかった年もあったため、今後も検証が必要である。

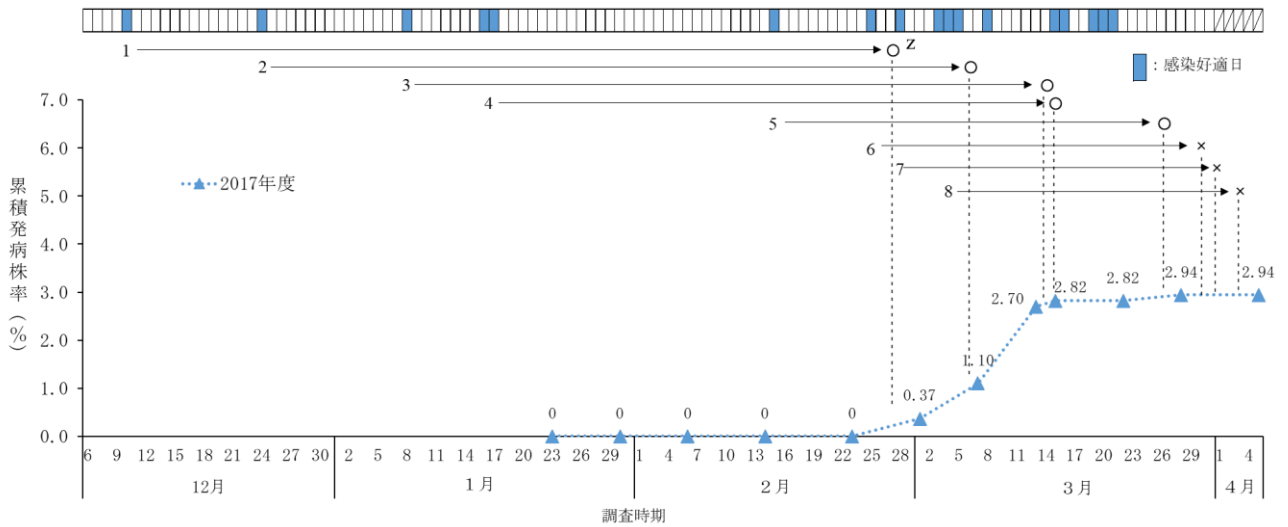


図2 2017年度の一次感染株の発病推移と感染好適日の出現状況および発病予測日^z。発病予測日に前調査日から発病株が増加していれば○を、増加していなければ×を示した^y。発病予測日は潜伏期間の下限值（373.8-25.8=348日度）から算出した

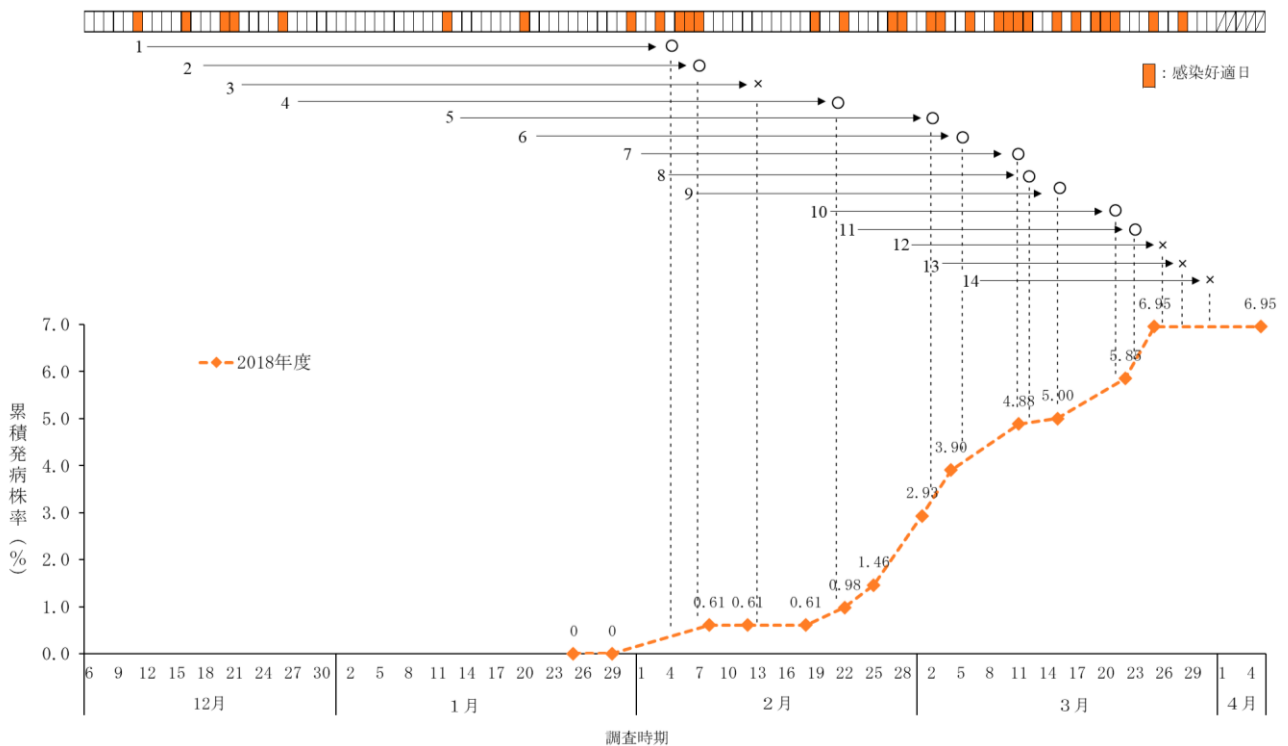


図3 2018年度の一次感染株の発病推移と感染好適日の出現状況および発病予測日

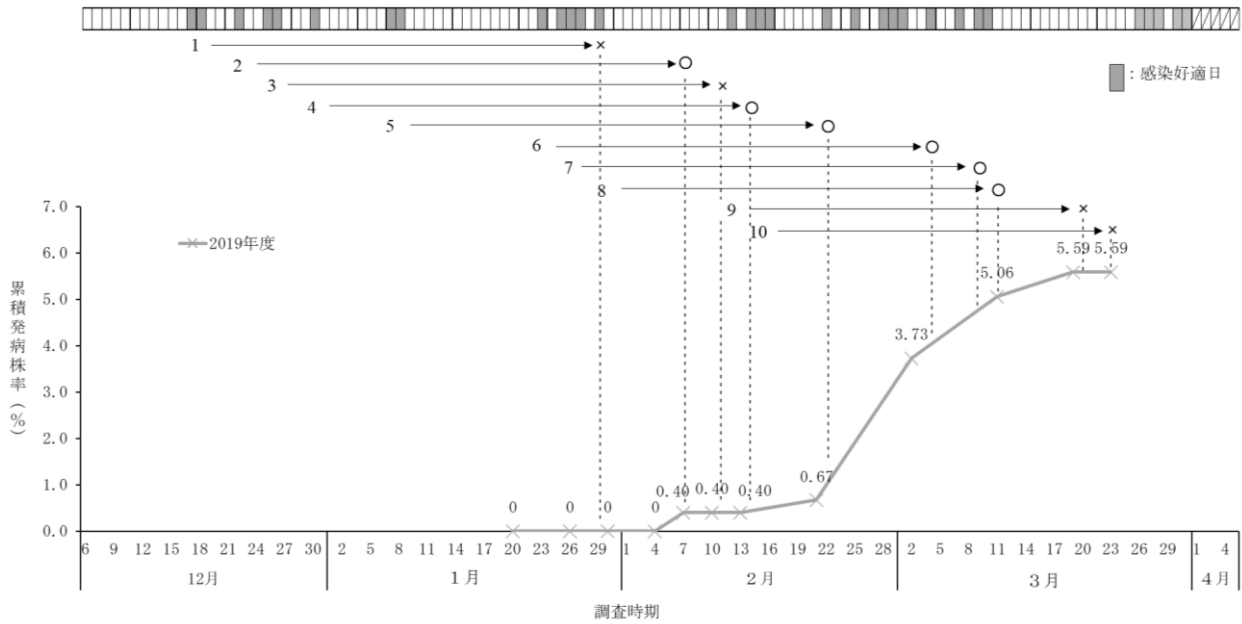


図4 2019年度の一次感染株の発病推移と感染好適日の出現状況および発病予測日

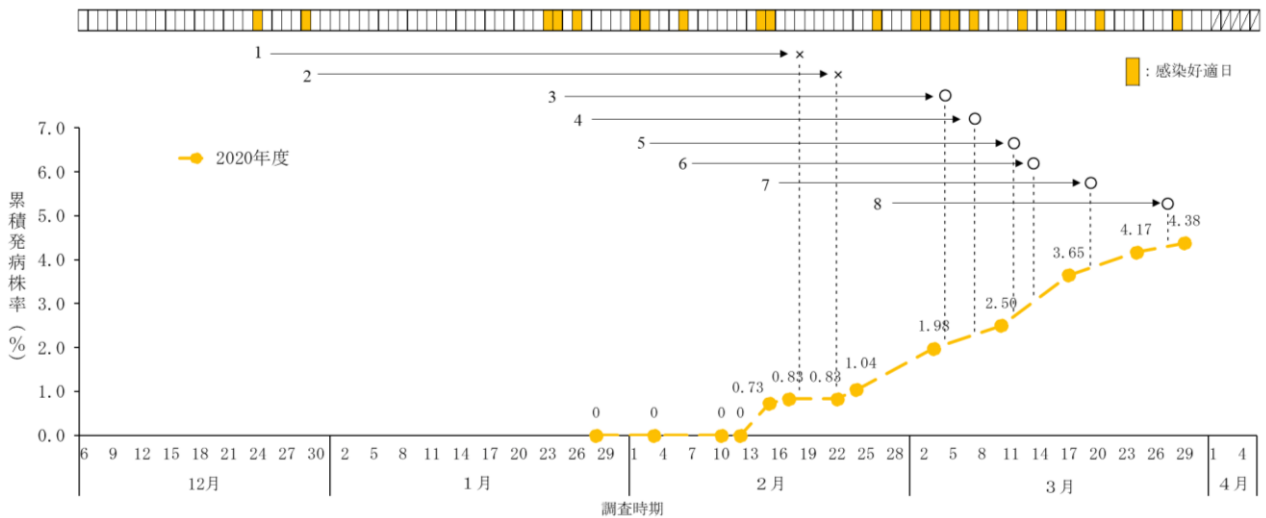


図5 2020年度の一次感染株の発病推移と感染好適日の出現状況および発病予測日

3. べと病一次感染に対する効果的な防除体系

べと病一次感染の主要な感染時期は、無マルチ栽培の場合1月上旬までとされており（田代ら，2018），この時期に薬剤散布を行うことで高い防除効果が得られると期待される．そこで本試験では、定植前後から定植4週間後の間で最も効果の高い散布時期を検討した．また、定植作業中や降雨後は防除適期に薬剤散布できない場合が想定

されるため、定植前のセルトレイ苗に薬剤散布したときの防除効果もあわせて検討した．

1) 材料および方法

試験は2017～2019年度に前出の干拓営農研究室のべと病汚染圃場で実施した．散布した薬剤および散布時期は表8のとおりであり、それ以降は最終調査日まで殺菌剤の散布は行わなかった．ま

た、散布量は250L～300L/10aとし、展着剤は加用しなかった。なお、定植前の育苗セルトレイ苗への散布は、散布薬液量をセルトレイの面積（32×62cm/枚）に換算して実施した。発病株の調査方法はP3の方法と同様であり、各年の調査日および

調査株数は表9に示したとおりである。

また、本試験では統計解析にRおよびRコマンダーの機能を拡張した統計ソフトウェアであるEZR（V1.55）およびパッケージRVAideMemoireを使用した。

表8 試験期間中の薬剤散布実績

試験年度	区No.	散布時期(散布日)				
		定植7～1日前	定植直後	定植7日後	定植12～14日後	定植28日後
2017	1-1	●+○(12/6)	—	—	●+○(12/21)	—
	1-2	—	●+○(12/7)	—	●+○(12/21)	—
	1-3	—	—	—	●+○(12/21)	●+○(1/4)
	2-1	◎(12/6)	—	—	◎(12/21)	—
	2-2	—	◎(12/7)	—	◎(12/21)	—
	2-3	—	—	—	◎(12/21)	◎(1/4)
	3-1	—	■(12/7)	—	■(12/21)	—
	3-2	—	—	—	■(12/21)	■(1/4)
	4	—	—	—	—	—
2018	1-1	□(11/30)	—	□(12/14)	—	—
	1-2	—	□(12/7)	—	□(12/19)	—
	1-3	—	—	—	□(12/19)	□(1/4)
	2-1	▲(11/30)	—	▲(12/14)	—	—
	2-2	—	▲(12/7)	—	▲(12/19)	—
	2-3	—	—	—	▲(12/19)	▲(1/4)
	3-1	●+○(11/30)	—	●+○(12/14)	—	—
	3-2	—	●+○(12/7)	—	●+○(12/19)	—
	3-3	—	—	—	●+○(12/19)	●+○(1/4)
4	—	—	—	—	—	
2019	1-1	△(12/4)	—	—	□(12/20)	—
	1-2	△(12/4)	—	—	—	□(1/3)
	1-3	△(12/4)	—	—	□(12/20)	□(1/3)
	2	△(12/4)	—	—	—	—
	3	▲(12/4)	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	—

● マンジプロパミド水和剤 2000倍液

○ アズキシストロビン水和剤 2000倍液

◎ フルアジナム水和剤 1000倍液

■ アメトクトラジン・ジメトモルフ水和剤 1500倍液

□ オキサチアピプロリン・マンジプロパミド水和剤 2000倍液

▲ ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤 1000倍液

△ フルオピコリド・ベンチアバリカルブイソプロピル水和剤 3000倍液

+ は混用を表す

表9 各年の調査時期および調査株数

試験年度	調査時期 (調査間隔)	調査株数
2017	2018年1月23日～4月5日 (2～9日)	1区132～140株, 3連制 計400～420株
2018	2019年1月25日～4月5日 (3～11日)	1区135～140株, 3連制 計407～416株
2019	2020年1月20日～3月23日 (3～10日)	1区140～188株, 3連制 計432～476株

2) 結果

2017年度の試験では、マンジプロパミド水和剤+アゾキシストロビン水和剤 (混用) の定植当日と定植14日後の散布区, 同薬剤の定植14日後と定植28日後の散布区で有意に発病を抑制した (図6)。また, 両散布区は無散布区と比較して初発日が21日遅かった。

2018年度の試験では、オキサチアピプロリン・マンジプロパミド水和剤の定植当日と定植12日後の散布区, ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤の定植7日前と定植7日後の散布区, 同薬剤の定植当日と定植12日後の散布区, 同薬剤の定植12日後と定植28日後の散布区, マンジプロパミド水和剤+アゾキシストロビン水和剤の定植7日前と定植7日後の散布区, 同薬剤の定植当日と定植12日後の

散布区で有意に発病を抑制した (図7)。特に効果が高かったオキサチアピプロリン・マンジプロパミド水和剤の定植当日+定植12日後散布区, ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤の定植当日+定植12日後散布区およびマンジプロパミド水和剤+アゾキシストロビン水和剤の定植7日前+定植7日後散布区では初発日が無散布区と比較して21～45日遅かった。

2019年度の試験では、フルオピコリド・ベンチアバリカルブイソプロピル水和剤を定植2日前に散布し, オキサチアピプロリン・マンジプロパミド水和剤を定植14日後と28日後に散布する区で有意に発病を抑制しており, 初発も無散布区と比較して32日遅かった (図8)。

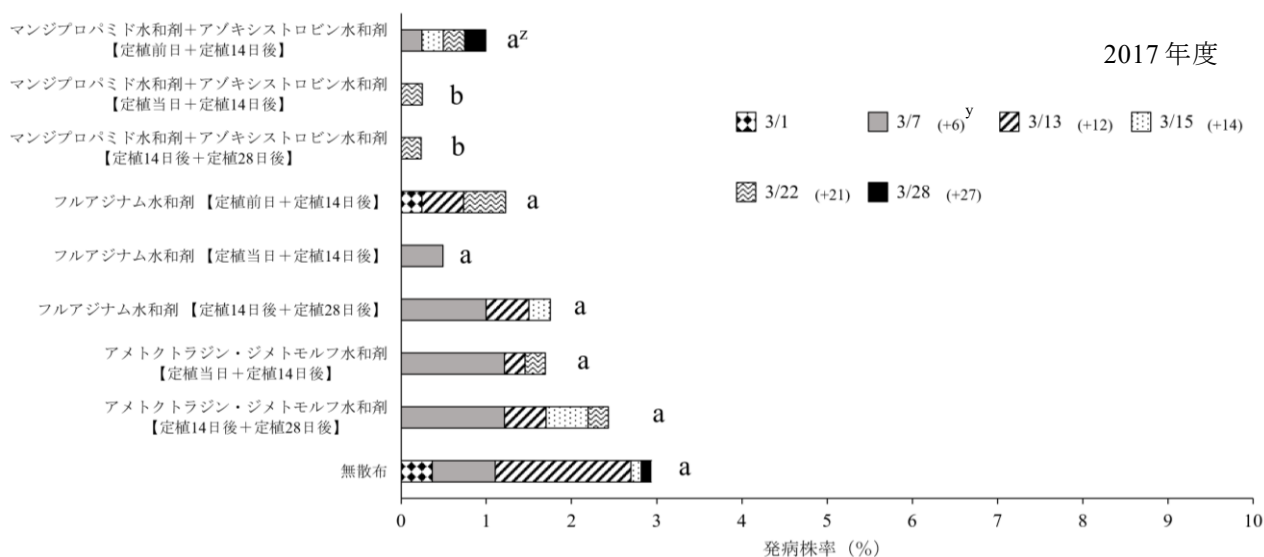


図6 べと病一次感染に対する各薬剤の防除効果 (2017年度試験)

^z各年の異なる文字間にはFisherの正確確率検定の多重比較 (Holm補正免除率5%) で有意差あり
^y() 内の数字は初発日からの経過日数を示す

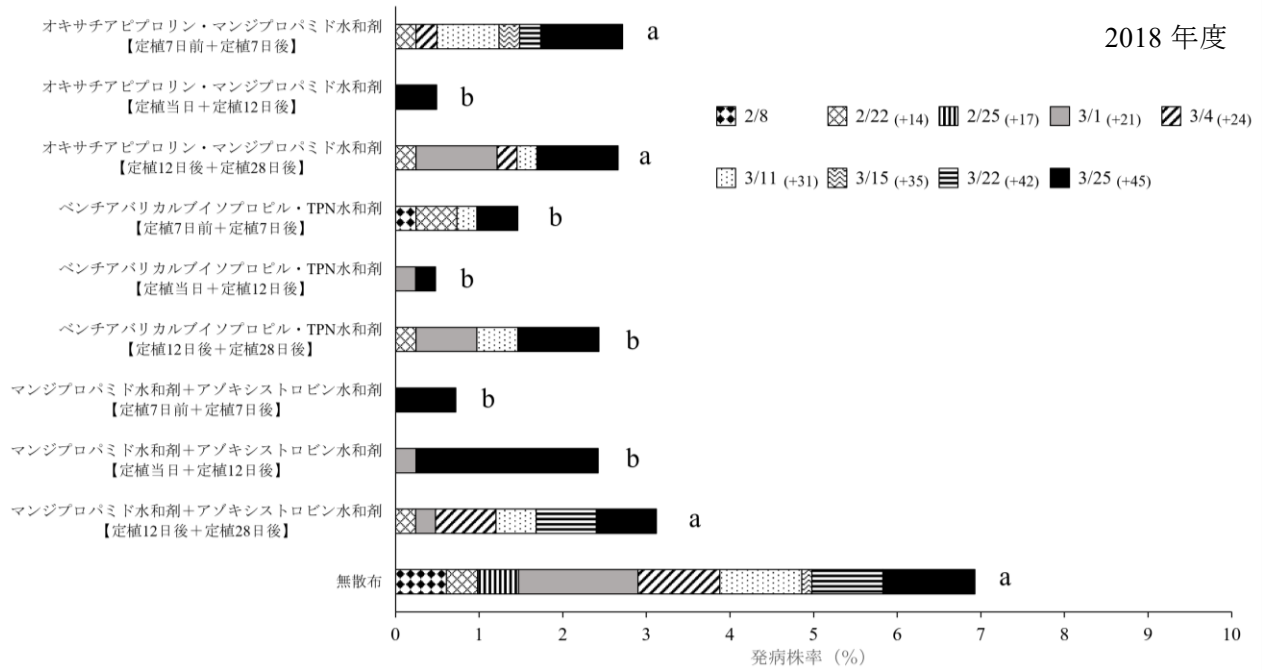


図7 ベと病一次感染に対する各薬剤の防除効果 (2018年度試験)

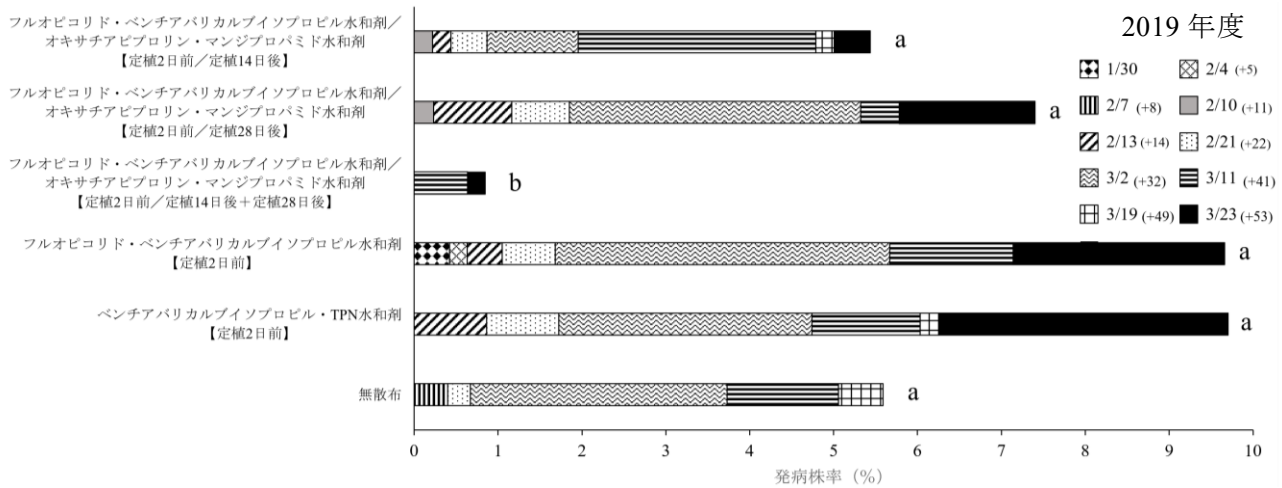


図8 ベと病一次感染に対する各薬剤の防除効果 (2019年度試験)

3) 考察

(1) 一次感染に効果的な防除時期について

2017年度および2018年度の試験結果から、多くの薬剤で定植当日と定植約2週間後に2回散布する体系が安定して一次感染を抑制し、初発日を遅らせることが明らかとなった。2017年度および2018年度はそれぞれ定植3日後と定植4日後に最初の感染好適日が出現しており(表5)、定植直後から散布を開始することで初期の感染を抑制できたと考えられた。また、防除効果が高かった散布区で初発が確認されたのは2017年度が3月下旬、

2018年度が3月上旬であり、この時期に発病した株の感染時期はいずれの年も1月上～中旬頃であると推定された(図2, 3)。散布後の降雨や日照の影響で変化すると思われるが、定植2週間後に行った2回目の散布の残効期間は、本試験では2～3週間程度であったと推察された。

(2) 一次感染に効果的な薬剤について

本試験で一次感染に対する高い防除効果が認められたのは、マンジプロバミドやベンチアバリカルブイソプロピルなどのCAA系薬剤を含む混合剤であった。タマネギは茎葉が直立しているた

め散布した薬液が流れやすく、さらに定植直後は株がまだ小さいため散布ムラが生じやすいと考えられる。そのような中、CAA系薬剤は浸透性や根部からの浸透移行性を有するため（平田・林，2009；境ら，2010），株全体に有効成分が行き渡ることにより高い防除効果を示したと考えられた。なお、本試験では同一薬剤を連続で散布したが、CAA系薬剤は耐性菌発達のリスクが高いため（石井，2018），生産現場では同一系統薬剤の連用は避けるのが望ましい。

(3) 定植前のセルトレイ苗への散布による省力的な防除体系について

2017年度および2018年度の試験結果から、定植前のセルトレイ苗へ1回目の散布を行い、その約2週間後に2回目の散布を行う体系が、定植直後から散布する体系に比べて防除効果はやや劣る場合もあるものの、一定の効果を得られることが明らかとなった（図6，7）。本体系は1回目の散布を少ない薬液量で行えるため省力的かつ低コストに防除が可能であり（表10），大規模経営農家など定植後すぐに防除が困難な場面で活用が期待

できると考えられた。

一方で、2019年度の試験では本体系の防除効果は著しく低かった（図8）。試験区では、3月11日に発病株が多く確認され、この発病に関わる感染を抑制できなかったことが原因として考えられた。この時期に発病した株は1月下旬頃に感染したものと推定され（図4），この時には定植2週間後に行った散布の残効期間は既に過ぎていたものと考えられた。対して、定植28日後に3回目の散布を追加で行った区では3/11の発病株が少なく、3回目の散布により1月下旬頃の感染が抑制されたものと考えられた。したがって、12月までに感染好適日数が多く出現するなど、発病株の増加が予測される場合には、定植28日後に3回目の散布を追加することが望ましいと考えられた。今後は、より安定して高い防除効果が得られる散布体系を確立するために、展着剤の加用効果や2回目の散布までに降雨が予想される場合の降雨前散布について検討するとともに、さらなる防除の低コスト化を図るために散布薬液量を減らした場合の防除効果について検討する必要がある。

表10 試験区の一次感染株に対する防除効果と防除経費

防除体系	防除価 ^z		防除経費試算（円/10a）		
	2017年度	2018年度	薬剤費 ^y	労働費 ^x	合計
定植直後・定植2週間後 2回散布	86.9	83.7	4400	4000	8400 ^w
定植2週間後・4週間後 2回散布	64.8	60.6	4400	4000	8400
定植前・定植10日後 2回散布	65.2	76.6	2600	2500	5100

^z 防除価は（1-供試薬剤の発病株率/無散布の発病株率）×100で算出した。

各年の防除価は試験した薬剤の平均値を示した。

無散布区の発病株率は2017年2.82%，2018年6.95%であった。

^y 薬剤費はベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤の末端購入価格を用い、散布量300L/10aで試算した。

^x 労働費は1回の散布作業を定植後の場合2人×1時間×単価1000円/時で、定植前の場合2人×15分×単価1000円/時で試算した。

^w 防除経費の（ ）内は定植直後・定植2週間後の散布を100とした場合の比率を示した。

4. 摘要

タマネギ定植後の気象要因がべと病一次感染株の感染および発病に及ぼす影響を調査するとともに、効果的な防除方法を検討した。その結果、下記のことが明らかとなった。

- 1) 一次感染に好適な気象条件は、本試験では日平均気温6.9℃以上かつ降水量1mm以上の日と推定される。
- 2) 一次感染株の発病株率は、定植日から12月末までの感染好適日数を算出することで大まかに予測できる。
- 3) 最初の感染好適日からの積算温度が373.8±25.8日度に達する頃に一次感染株の初発がみられる。
- 4) 一次感染に対しては、定植直後とその2週間後に殺菌剤を2回散布することで高い防除効果が得られる。
- 5) 散布する薬剤として、マンジプロパミドやベンチアバリカルブイソプロピルなどのCAA系薬剤を含む混合剤の防除効果が高い。
- 6) 定植前のセルトレイ苗から散布を開始する体系は定植直後から開始する体系に比べて防除効果はやや劣る場合もあるものの、省力的かつ低コストに発病を抑制できる。なお、12月までの感染好適日数が多いなど、発病株の多発が予測される場合には定植28日後に3回目の散布を追加するのが望ましい。

5. 引用文献

- 出水忠夫. 1963. タマネギベと病の流行機作ならびに治病に関する研究. 大阪府農業試験場調査研究報告. 4
- 江頭桃子・中村吉秀. 2018. 長崎県におけるタマネギベと病一次伝染株発生と気象要因の関連の解析. 日本植物病理学会報. 84 : 243(講要)
- 平田哲也・林 敬介. 2009. 新規殺菌剤マンジプロパミド (レーバス®) フロアブルの特徴と使い方. 植物防疫. 63 : 525-528
- 石井英夫. 2018. CAA系薬剤耐性菌と薬剤使用ガイドライン. 植物防疫. 72 : 373-378
- 三室元気・関原順子・守川俊幸. 2021. 定植時セルトレイ灌注によるタマネギベと病の防除. 日本植物病理学会報. 87 : 50(講要)
- 農林水産省大臣官房統計部生産流通消費統計課. 2022. 令和3年産指定野菜(春野菜, 夏秋野菜等)の作付面積, 収穫量及び出荷量. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files/data?sinfid=000032195734&ext=xls>
- 農林水産省消費・安全局植物防疫課. 2016. 発生予察事業の調査実施基準. <http://www.jppn.n>
- e.jp/jpp/bouteq/yosatu_data/6_tomato_etc.pdf
- 境 潤悦・三浦一郎・柴田 卓・米倉範久・日吉英孝・高垣真喜一・永山孝三. 2010. 殺菌剤ベンチアバリカルブイソプロピルの開発. 日本農薬学会誌. 35 : 501-507
- タマネギベと病防除技術開発コンソーシアム(佐賀県・佐賀大学・農研機構・兵庫県). 2019. タマネギベと病防除対策マニュアル. https://www.pref.saga.lg.jp/kiji00370267/3_70267_145580_up_82jy2qdq.pdf
- 田代暢哉・正司和之・松尾洋一・高木里歩・草場基章. 2018. タマネギベと病の本圃における一次感染時期の推定. 日本植物病理学会報. 84 : 240(講要)
- 田代暢哉・川上 顕・高木里歩・浦川綾子・中山伸一・宮崎尚子・園田亮一・藤原和樹・田中義樹・宮坂 篤・草場基章. 2019. タマネギベと病の全身発病症状の再現と病斑形成の規則性. 日本植物病理学会報. 85 : 74(講要)
- 渡邊幸子・菖蒲信一郎. 2019. タマネギベと病菌卵胞子の地下部接種によるタマネギ苗の全身発病. 日本植物病理学会報. 85 : 233(講要)

Summary

We investigated the meteorological factors affecting the primary infection and onset of onion downy mildew. In addition, we also studied effective control systems against the disease. As a result, follows became clear.

1) It is presumed that the weather condition : average daily temperature is not less than 6.9°C and amount of daily rainfall is not less than 1mm is preferred for primary infection in this study.

2) By calculating the number of optimal days for primary infection from the planting day to the end of December, it is broadly possible to forecast the rate of occurrence of diseased onion plants caused by primary infection.

3) The first occurrence of diseased onion plants caused by primary infection is detected when the accumulated temperature from the first optimal day for primary infection reaches $373.8 \pm 25.8^\circ\text{C}$.

4) It is effective for primary infection to spray two times : immediately after planting and two weeks later after that.

5) Admixtures which contains CAA (Carboxylic Acid Amide) system agrichemicals ; for example, mandipropamid and bentiavalicarb-isopropyl is effective for primary infection.

6) Spraying on cell tray seedlings before planting is slightly inferior in control effect compared to the above system : 4) in some cases, but it was possible to control the occurrence of the disease in a labor-saving and low-cost manner. By the way, it is good to spray at four weeks later after planting by way of rider when it is forecast to occur the diseased onion plants caused by primary infection at a high level ; for example, the number of optimal days for primary infection from the planting day to the end of December.