

第2章 いろいろな作物のべと病

第3章 べと病菌の性質

第2章 いろいろな作物のべと病

野菜以外の作物でも発生するべと病

べと病は野菜以外の作物でも発生します。第1表に日本で発生している野菜以外の主なべと病をまとめました。

現在、発生が多く、防除がよく行われているのが、ブドウのべと病（写真1）です。日本だけでなく、海外でも激発することが多く、有名な病気です。

イネでは黄化萎縮病があります。イネが洪水などで冠水すると、激発する性質があります。水田や水



(写真1) ブドウべと病
ブドウべと病の病徴(白い粉状に見えるのがべと病菌)

路などの基盤整備が十分でなかった1960年代の日本の水田地帯では、洪水が起こる度に激発していました。その後、水田基盤整備ができるにつれ、発生が著しく減少しました。

海外で激発し、日本への侵入が恐れられているべと病

第2表に、日本で発生していないが、海外で激発しているべと病をまとめました。トウモロコシべと病とタバコべと病です。

これらのべと病は海外で激発していますが、日本では全く発生していないため、日本に侵入しないように、空港や港の植物検疫などで細心の注意が払われています。タバコべと病や、前号の第1表と今月の第1表に記載したべと病のほとんどは、温帯でよく発生しますが、トウモロコシべと病だけは、

温帯や亜熱帯地域でよく発生します。

アジアから広がったトウモロコシべと病

第2表に示したように、トウモ

第1表 日本で発生している野菜以外の主なべと病の種類と病原菌

作物名	病名	病原菌(学名)
ソバ	べと病	<i>Peronospora ducometi</i>
テンサイ		<i>Peronospora schachtii</i>
アカクローバ		<i>Peronospora trifoliorum</i>
シロクローバ		<i>Peronospora trifoliorum</i>
アルファルファ		<i>Peronospora trifoliorum</i>
ヒマワリ		<i>Plasmopara halstedii</i>
ブドウ		<i>Plasmopara viticola</i>
ホップ		<i>Pseudoperonospora humuli</i>
イネ		黄化萎縮病
アワ	しらが病	<i>Sclerospora graminicola</i>

第2表 日本で発生していないが、海外で激発しているべと病の種類と病原菌

作物名	病名	病原菌(学名)
トウモロコシ	べと病	<i>Peronosclerospora maydis</i>
		<i>Peronosclerospora philippinensis</i>
		<i>Peronosclerospora sacchari</i>
		<i>Peronosclerospora sorghi</i>
タバコ	べと病	<i>Peronospora tabacina</i>

ロコシべと病の病原菌は4種類あります。これら4種類の病原菌は、大昔はインドネシア、インド、フィリピン、オーストラリア、台湾などで、それぞれ野生の草に寄生して生息し、各地域や地方で特有の病気を起こしていました。

大昔、これらの地域では、トウモロコシが栽培されることがありませんでした。ところが、作物として品種改良されたトウモロコシがアメリカからこれらの地域や地方に導入されて栽培されると、病原菌がトウモロコシに感染し、べと病が発生するようになりました。トウモロコシが導入される以前に、野生の草に寄生していたべと病菌が、トウモロコシに感染する能力をすでに持っていたのか、あるいは、トウモロコシが導入されて栽培されるようになってから、べと病菌が変異して、トウモロコシに感染するようになったのか、

トウモロコシベと病の全身発病株



(写真2)

ウイルス病のように全身発病している(インドネシアにて撮影)。



(写真3)

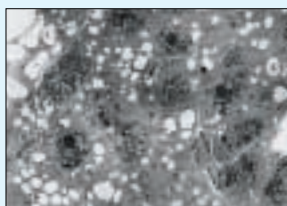
激発した圃場ではほとんどの株が全身発病株になっている(インドネシアにて撮影)。



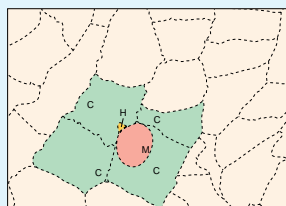
トウモロコシに感染するようになったベと病菌

大昔、野生の草に寄生して生息していた病原菌が、作物として栽培され始めたトウモロコシに感染し、ベと病が発生した。

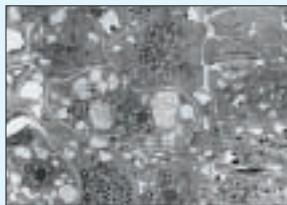
第1図 トウモロコシベと病の全身発病株での生長点組織中の菌糸と吸器(電子顕微鏡写真)



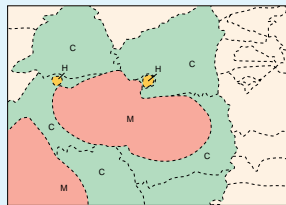
生長点では細胞間隔がないが、ベと病菌の菌糸が狭苦しそうに生育し、吸器もつくっている(高橋賢司 原図)。



ベと病菌の菌糸は、葉原基の組織に次々と侵入し、新しく展開してくる第6~8葉以降の葉に伸びていく。



ベと病菌の菌糸は生育して太くなり、吸器もつくっている(高橋賢司 原図)。



M=細胞間隙中の菌糸
H=吸器
C=トウモロコシの生長点の細胞

全身発病するトウモロコシベと病

トウモロコシベと病は全身発病

真実は今でも分かっていません。トウモロコシベと病が学術的に記載されたのが、インドネシアで1897年、インドで1907年、台湾で1909年、オーストラリアで1910年、フィリピンで1916年でした。その後、これらの地域から各大陸へ広がっていき、1924年にアフリカ、1958年にパナマ、1961年にアメリカ合衆国、1967年にブラジルでそれぞれ発生しました。

する性質があります。例えば、インドネシアで発生しているペロノスクレロスポラ・メイディスによるベと病を紹介します(写真2、写真3)。

圃場で発芽した若い2~3葉期のトウモロコシが、ベと病菌の分生胞子によって感染すると、ベと病菌の菌糸がトウモロコシの生長点の組織まで達します。生長点付近の組織の超薄切片をつくって、電子顕微鏡で観察すると、容易にベと病菌の菌糸や吸器を見つけることができます(第1図)。

生長点で生息しているベと病菌の菌糸は、その後、生長点から分化してくる葉原基の組織に次々と侵入します。このため、新しく展開してくる第6~8葉以降の葉は、次々に感染・発病して、病徴が現れて展開してきます。その結果、全身発病するわけです。全身発病株では収穫できなくなるので、ベと病は大変恐ろしい病気です。

第3章 ベと病菌の性質

ベと病菌の種類と特徴

ベと病に罹った野菜の発病株が高湿度条件に遭遇すると、病斑部の気孔から分生子柄が伸びてきます(写真4、5、6)。

第2図にキュウリベと病菌の分生子柄形成の様相を模式的に描きました。一つの気孔から1本~数本の分生子柄が伸びてきます。その後、分生子柄は3~5回分岐して樹枝状になり、その先端に分生胞子がつくられます(写真7、8)。分生胞子には、キュウリベと病菌のように乳頭状の膨らみがある場合(写真9)と、エダマメやホウレンソウのベと病菌のように乳頭状の膨らみが全くない場合があります(写真10、11)。

ベと病菌の分け方

前号の第1表と、今月号の第1表、第2表に記載したベと病菌が所属する分類上の属の数は、七つです。この七つの属のベと病菌の分類方法を第3表にまとめました。基本的には、分生胞子の発芽の方法が間接発芽であるか、直接発芽であるかによります。

べと病菌の分生子柄と分生胞子



(写真4) キュウリべと病菌

キュウリべと病菌の分生子柄。



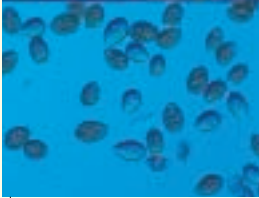
(写真5) メロンべと病菌

メロンべと病菌の分生子柄。



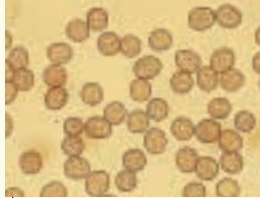
(写真6) ホウレンソウべと病菌

ホウレンソウべと病菌の分生子柄。



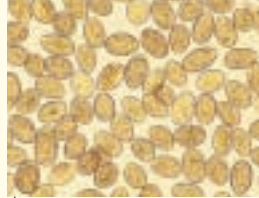
(写真9) キュウリべと病菌

キュウリべと病菌の分生胞子(先端に乳頭状の膨らみがあるのが特徴)。



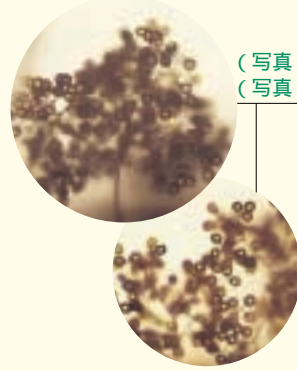
(写真10) エダマメべと病菌

エダマメべと病菌の分生胞子(乳頭状の膨らみが全くない)。



(写真11) ホウレンソウべと病菌

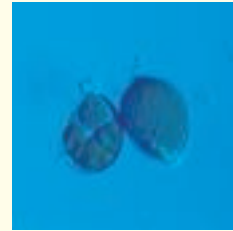
ホウレンソウべと病菌の分生胞子(乳頭状の膨らみが全くない)。



(写真7) エダマメべと病菌
(写真8)

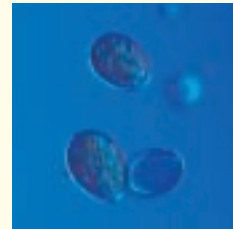
エダマメべと病菌の分生子柄の先端に形成された分生胞子の様子(何本もの分生子柄が森林の木々のようにつくられる)。

間接発芽



(写真12) キュウリべと病菌

キュウリべと病菌の分生胞子の乳頭状の膨らみの部分に穴が開き、そこから遊走子が出てくる様子。



(写真13) メロンべと病菌

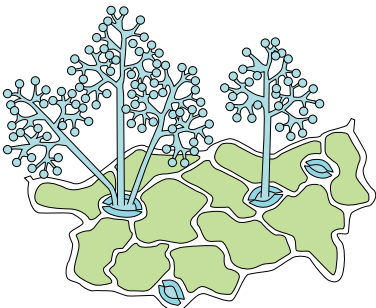
メロンべと病菌の分生胞子の乳頭状の膨らみの部分に穴が開き、そこから遊走子が出てくる様子。

分生胞子の内容物がアメーバ状の構造物、つまり、遊走子に分化しているのがわかる

第3表 べと病菌の七つの属の分類方法

宿主植物の種類	分生胞子の発芽の方法	
	間接発芽 (遊走子を放出)	直接発芽 (発芽管で発芽)
被子植物	<i>Pseudoperonospora</i> 属のべと病菌	<i>Peronospora</i> 属のべと病菌
	<i>Plasmopara</i> 属のべと病菌	<i>Bremia</i> 属のべと病菌
イネ科植物	<i>Sclerospora</i> 属のべと病菌	<i>Peronosclerospora</i> 属のべと病菌
	<i>Sclerophthora</i> 属のべと病菌	

第2図 キュウリべと病菌の分生子柄の形成状況



分生子柄は、一つの気孔から1本~数本伸びてくる

間接発芽とは、写真12や13のように、分生胞子から遊走子が出てくる発芽方法です。
このタイプに属するべと病菌では、分生胞子が水滴の中に入ると、分生胞子の内容物が分化してアメーバ状の構造物、つまり、遊走子がつくられます。その後、分生胞子の中の浸透圧が次第に高まって、ついには、分生胞子の先端にある乳頭状の膨らみの部分に穴が開きます。その穴の部分から遊走子が群をなして、水滴中に放出されます。
一般的に、一つの分生胞子から16~32個の遊走子が放出されます。遊走子は鞭毛(むち毛)を持っているので、水滴中を泳ぐことができます。
このように、間接発芽するべと病菌では、分生胞子から遊走子が出てくるため、分生胞子を「遊走子のう」ということもあります。
これからは「遊走子のう」も分生

一方、タマネギ、ホウレンソウ、ダイコンなどのべと病菌のように、分生胞子が直接発芽する場合、分生胞子から伸長した発芽管によって宿

キュウリやミツバのべと病菌のように、分生胞子が間接発芽して遊走子を放出する場合、遊走子は水滴中を泳いだ後、葉の気孔の付近で被のう胞子となります。この被のう胞子が発芽して発芽管が伸長し(写真15)、気孔から侵入します。

吸器をつくって栄養分を吸収するべと病菌

これから紹介する野菜のべと病菌の分類上の属は、次のようになります。第3表に示したように、野菜は被子植物なので、間接発芽するブシユウドペロノスポラ属、プラズモパラ属、直接発芽するペロノスポラ属、ブレミア属の四つの属に所属するべと病菌が話題になります。

野菜の「べと病菌」の属の名前

これに対して、写真14(次頁)のように、分生胞子から発芽管が出てくる場合を、直接発芽といいます。発芽管は、一つの分生胞子から1本だけ伸長します。

主の組織に侵入します。

野菜の葉への「べと病菌」の侵入

被のう胞子や分生胞子から伸長した発芽管は、多くの場合、気孔から侵入しますが、葉の表面の細胞縫合部や角皮から直接侵入することもあります。

キュウリ、ミツバ、タマネギ、ホウレンソウのべと病菌は気孔から侵入します。また、ダイコンのべと病菌は、気孔、細胞縫合部からも侵入しますが、角皮からの侵入が多いようです。

第3図に、キュウリべと病菌のキュウリ葉への侵入と組織での生育状況を模式的に示しました。遊走子が気孔の上で被のう胞子になります。

直接発芽



(写真14) ホウレンソウべと病菌

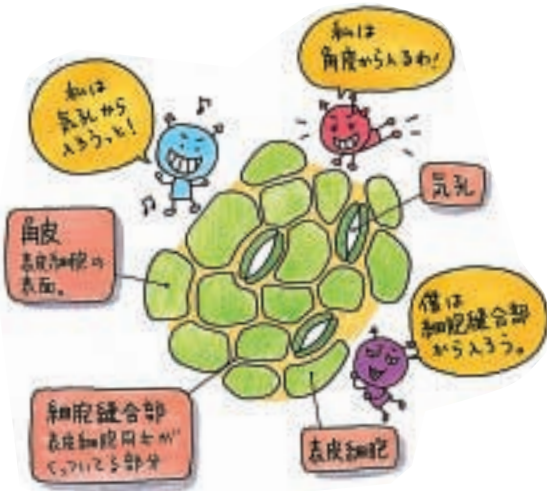
ホウレンソウべと病菌の分生胞子の発芽管による直接発芽。



(写真15) キュウリべと病菌

キュウリべと病菌の被のう胞子の発芽状況(内容物がなくなった部分が被のう胞子で、そこから発芽管が伸長している)。

野菜の葉へのべと病菌の侵入方法



野菜の葉での「べと病菌」の生育

その後、被のう胞子が発芽して発芽管を伸長し、気孔から侵入します。キュウリべと病菌は、細胞縫合部や角皮から侵入することはない、気孔だけから侵入します。気孔の直下にある細胞間隙は、比較的広いスペースなので、菌糸は幅が広く太った状態になりますが、その後、ほぼ一定の幅で細胞間隙を生育します。

イネのいもち病菌をはじめ、普通の植物病原糸状菌の菌糸は、宿主の細胞を殺したり、貫通したりしますが、べと病菌の菌糸は、細胞を殺したり、貫通したりすることは全くなく、必ず細胞間隙だけを生育します。このため、細胞が密集して、細胞

葉脈組織を乗り越えたり、貫通したりできないべと病菌



間隙が全くない葉脈組織に直面すると、べと病菌の菌糸は、それを乗り越えたり、貫通したりできませんから、これが原因で、べと病の病斑が葉脈に囲まれた角型になるわけです。これが、べと病の大きな特徴の一つです。

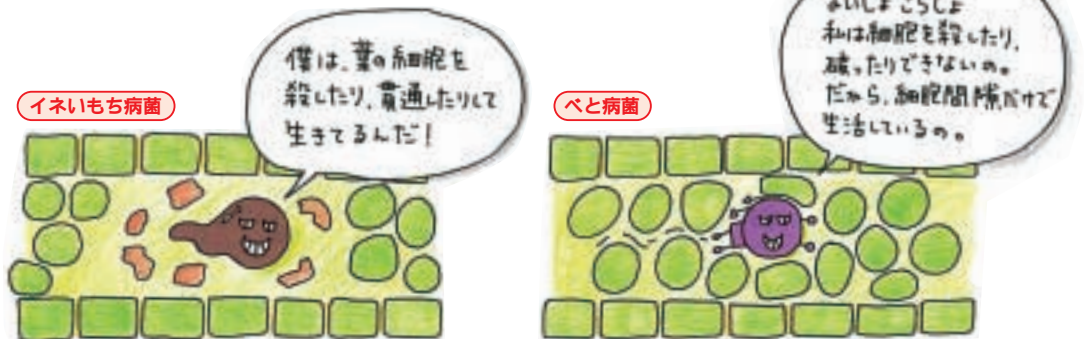
また、多くの植物病原糸状菌では、菌糸に隔膜といって、ビルディングの長い廊下に設置された防火壁のような壁がありますが、べと病菌では全く隔膜がありません。従って、べと病菌の菌糸の細胞質は、菌糸の先端部と基部でつながっています。

いろいろな形をした吸器

病斑の組織中のべと病菌の菌糸は、宿主の細胞の中に吸器をつくって、栄養分を吸収して生育します。

イネいもち病菌とべと病菌

イネいもち病菌は葉の細胞を殺したり、貫通したりするが、べと病菌はできない。べと病菌は細胞間隙だけを生育する。



吸器の形態は、べと病菌の種類によつて違い、それぞれ特徴があります。第4図にタマネギ、ホウレンソウ、エダマメ、キャベツのべと病菌の吸器の模式図を示しました。タマネギべと病菌の吸器(第4図、写真16、17)は、若い時は棍棒状ま

べと病菌の吸器

タマネギ



(写真16)
糸状の長い吸器が1個見られる

(写真17)

糸状の長い吸器が宿主細胞のあちこちに複数見られる



ホウレンソウ



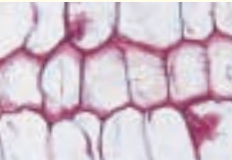
(写真18)
叉状になった吸器が見られる

(写真19)

叉状に何回か分かれた吸器が見られる



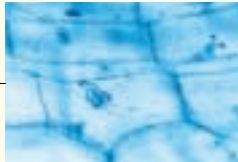
エダマメ



(写真20)
特徴ある吸器が2個見られる

(写真21)

特徴ある吸器が1個見られる



キュウリ

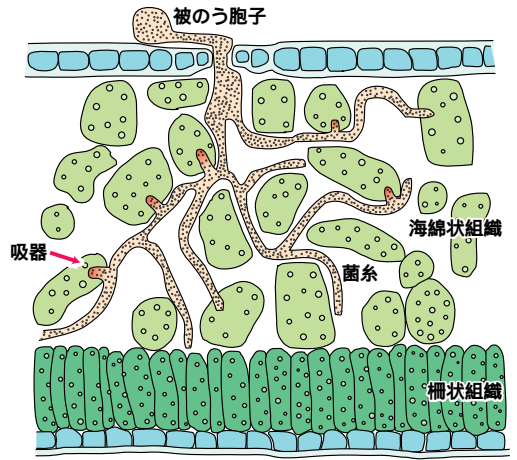


(写真22) (写真23)
特徴ある吸器が1個見られる

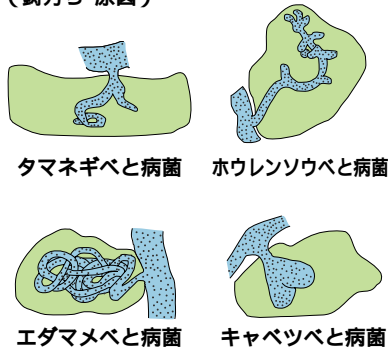
胞から吸器によって栄養分を吸収して生育すること、本菌が人工培養できないこと、何か関連があるのかもしませんが、現在の科学的な知見では、まだよく分かっていません。

第3図
キュウリべと病菌の
キュウリ葉への侵入と
組織での生育状況

被のう胞子から伸長した発芽管は、気孔から侵入する。宿主細胞の中に吸器をつくって栄養分を吸収しながら、菌糸は細胞間隙を生育する。



第4図
各種べと病菌の吸器の模式図
(鑄方ら 原図)



たは羊角状で、簡単な形ですが、成熟したものは途中で回転して輪をつくったり、迂曲して曲腸状になります。
ホウレンソウべと病菌の吸器(第4図、写真18、19)は、若いものは簡単な棒状ですが、成熟したものは長く延びて、途中で盛んに分岐し、樹枝状になっています。

エダマメべと病菌の吸器(第4図、写真20、21)は、若いものは簡単に輪をつくったり、曲がった格好ですが、成熟したものは大変複雑で、長いひもが回転して捻れたり、羊腸のようにうねったり、曲がったりしています。ただ、分岐することがないのが特徴です。
キャベツべと病菌の吸器(第4図)は、他のべと病菌の吸器に比べ、大きな特徴があります。若いものは徳利形で、頸の部分が細く、胴の部分が広くなっています。成熟すると、先端で二つに分かれます。
キュウリべと病菌の吸器(写真22、23)は、ほとんどが棍棒状です。
このように、吸器はべと病菌の大きな特徴です。べと病菌が宿主の細胞から吸器によって栄養分を吸収して生育すること、本菌が人工培養できないこと、何か関連があるのかもしませんが、現在の科学的な知見では、まだよく分かっていません。

**人工培養できない
べと病菌の保存法**

糸状菌や細菌など、多くの植物病原菌は人工培地で生育・増殖しますが、べと病菌は人工培地で生育・増殖できません。人工培養できないべと病菌を保存するためには、宿主植物にべと病菌を繰り返して接種するのが一般的です。

第5図(次頁)にキュウリべと病菌をキュウリ葉に繰り返し接種して保存する方法を示しました。

自然発病葉の採集方法

ステップ1では、露地やハウスなどで自然発病したキュウリの発病葉を採集して実験室に持ち帰ります。

大きな角型で淡緑色の病斑がある発病葉を採集します。淡緑色の病斑では、多くの分生胞子がつくられるためです。黄色の病斑がある発病葉では、分生胞子があまりつもられないので適していません。

実験室に持ち帰って、発病葉の裏面を太い毛筆で軽くなでるようにして水道水で洗い、露地やハウスですでにつくられていた分生胞子を取り除きます。その後、ティッシュペーパーで水滴を取り、湿室に入れます。

病斑上に分生胞子を つくらせる方法

ステップ2では、温室で分生胞子をつくらせます。温室は次のように準備します。幅40cm、長さ70cmぐらいの厚手のビニール袋の底の部分に30 ぐらいの湯で湿らせた脱脂綿を入れます。

次に、一つのビニール袋に4〜6枚の発病葉を入れ、ビニール袋の上部を輪ゴムで封じ、20 の暗黒下に置きます。実際には20 の部屋に茶箱を置き、その中にビニール袋を入れると便利です。

30 ぐらいの湯で湿らせた脱脂綿を入れたビニール袋を20 に置くため、ビニール袋の中は高湿度になり、発病葉の病斑部で多くの分生胞子がつくれます。翌日、病斑部の裏面につくられた分生子柄、分生胞子を肉眼でも観察できます（写真24）。

接種に使う 分生胞子懸濁液の作り方

ステップ3では、分生胞子懸濁液

キュウリベと病の 分生胞子



（写真24）

キュウリベと病の病斑の裏面につくられた多くの分生胞子（実体顕微鏡写真）

を調整します。病斑部につくられた分生胞子を、毛先が極細の毛筆で採集します。まず、毛筆をピーカーの蒸留水で一度ぬらし、毛筆を持った手を振って、毛筆の水を切ります。次に、毛筆の毛に分生胞子をまぶすように丁寧に着させ、その毛筆をピーカーの蒸留水で洗います。再び、毛筆の水を切り、同じことを繰り返して、分生胞子懸濁液を調整します。その後、二重のガーゼでろ過し、分生子柄を除いて、接種に使用します。

噴霧接種の方法

ステップ4では、分生胞子懸濁液をキュウリ葉の裏面に噴霧接種します。葉の裏面に小さな水滴ができるように噴霧します。あまり過剰に噴霧すると水滴が落ちて、上手に接種できません。

その理由は、キュウリベと病菌は

間接発芽し、分生胞子から遊走子が出て、それが被のう胞子になるまで、水滴が必要だからです。被のう胞子は、発芽管を出して気孔から侵入し、感染、発病するようになります。

ステップ5では、接種した植物は20 の温室に20時間保った後、温室または20 のコイトロン内に置きます。

接種に使うキュウリの育て方

べと病菌を接種するキュウリの品種には、「相模半白」のようなべと病罹病性のものが適しています。素焼き鉢に苗を移植し、7〜10葉で摘芯した、播種50〜70日後のキュウリの葉に接種するのが最適です。

接種するとき、葉の厚さがうすいと、病斑が現れたころには病斑部の組織が急激に壊死し、分生胞子が全くつくられなくなるので、適してい

ません。

ところが、接種するとき、葉の厚さが十分であれば、病斑が壊死することなく、接種5〜8日後に多くの分生胞子がつくれます。従って、葉が厚いキュウリを準備することがポイントです。

接種して現れた発病葉の採集時期

ステップ5に示したように、接種したキュウリを自然光下のコイトロンの中に置きます。その後、分生胞子をつくらせるため、病斑が淡緑色になった接種6〜8日後の晴天日の夕方、発病葉を採集します。

分生胞子をつくらせるために、いつ発病葉を採集するかは大切なことです。分生胞子は、接種6〜8日後の淡緑色の病斑では多くつくられませんが、接種9〜10日後以降の黄色の病斑では、ほとんどつくられません。また、雨天日や曇天日より晴天日に採集した方が多くの分生胞子がつくれます。さらに、朝とか昼間よりも夕方に採集した方が多くの分生胞子がつくれます。

このように、第5図に示したステップ1〜5に従って、接種を繰り返してべと病菌を保存し、いろいろな研究を行うわけです。

