

レタスビッグベイン病抵抗性育種

野菜茶業研究所葉根菜研究部キク科育種研究室 かわ
ず
よう
いち
川 頭 洋 一

はじめに

レタスビッグベイン病は、絶対寄生菌の一種 *Olpidium brassicae* によって媒介される土壌伝染性のウイルス病で、葉脈に沿った部分の緑色が抜け落ち、葉脈 (vein) が太く (big) 見えることから名付けられた (口絵参照)。レタスがこの病気にかかっても枯死するわけではないが、商品価値を失うために問題となる病気である。

この病気は1934年にアメリカで初めて報告されたが (JAGGER and CHANDLER, 1934), その後世界各地のレタス産地で発生が報告され、国際的な問題となっている。海外においては、オーストラリアやニュージーランド、ヨーロッパ諸国 (イギリス・ドイツ・オランダ・スペイン・イタリア・フランス・ギリシア) で発生が見られる。日本においては、1978年に和歌山県での発生が初めて報告され (岩木ら, 1978), その後長野県、静岡県、埼玉県でも発生が認められるようになった。現在では兵庫県、香川県、静岡県、千葉県、沖縄県での発生が確認されており、被害が拡大している状況である。

防除法としては、クロルピクリンや太陽熱による土壌消毒が挙げられるが、防除するための手間や費用がかからないという点で、抵抗性品種の利用は最も効果的な防除法だと考えられる。そこで本稿では、ビッグベイン病抵抗性育種についての現状と課題について紹介する。

I 既存耐病性品種の育成経過

抵抗性育種はまずアメリカで始まり、USDA (アメリカ農務省) が1957年に育種プロジェクトを開始して、1981年に 'Sea Green' と 'Thompson', 1986年に 'Pacific' を育成している。'Sea Green' は、'Merit' と '2741' を素材として育成されている。'Thompson' は 'Merit', '2741', 'Calmar' を、'Pacific' は 'Merit', '2741', 'Salinas' をそれぞれ素材とし、交雑育種法により各素材の抵抗性遺伝子を集積して育成されている。抵抗性は 'Sea Green' よりも 'Thompson' と 'Pacific' の方

が強い。現在では国内外の種苗会社からも数多くの耐病性品種が販売されているが、その育成経過は不明である。

これまでに育成された耐病性品種の問題点は、それほど強い抵抗性を持っているわけではないという点であり、汚染の程度が高い土壌においては感受性の品種と同程度の発病を示す場合もある。そのため、より抵抗性の強い品種の開発が望まれている。

II 抵抗性検定法

抵抗性育種には、抵抗性検定法が不可欠である。そこで以下に検定法について述べる。

1 接種法

ウイルスが不安定なためか、汁液接種を行ってもほとんど成功しない。接種源としては、汚染土か、発病株由来の *Olpidium* 菌が用いられる。汚染土の場合は、汚染圃場を使用して自然に感染させる方法と、発病株の根と汚染土と一緒に乾燥させたものを保存しておき、使用する際に無病土あるいは養液栽培用の培養液に混入する方法がある (Bos and HUIJBERTS, 1990; 野田ら, 2001)。

一方 *Olpidium* 菌は絶対寄生菌で培養ができないため、*Olpidium* 菌を接種に用いる場合には発病株の根から *Olpidium* 菌を集める。発病株の根を水に浸して *Olpidium* 菌の遊走子を水中に放出させ、遊走子の濃度を調節してレタスの根元に接種する (Bos and HUIJBERTS, 1990)。菌の濃度を一定にする点で、より厳密な検定を行うことができると思われるが、遊走子は時間がたつと感染力を失うため、作業は迅速に行う必要がある。

以上のいずれの方法においても、接種後は20°C以下の冷涼な条件で栽培することが重要である。

2 抵抗性の評価方法

(1) 病徴による評価

発病の程度を調べる場合、環境の影響が大きいためか同じ品種でもばらつきが見られるため、現在のところ個体レベルで抵抗性を判定するのは難しい。そのため、同じ品種・系統内の複数株を用いて発病を調べる必要がある。評価方法の一つとしては、各個体の発病の激しさを数段階の数値で表現し、その平均を求める方法がある。あるいは、同一品種・系統内の50%の株が発病するまでの日数や、一定の生育期間中に発病した株の割合で抵

Breeding for Resistance to Lettuce Big-Vein Disease. By.
Yoichi KAWAZU

(キーワード: レタスビッグベイン病, 土壌伝染性病害, ウィルス病)

抗性を評価する方法も使われている (RYDER and ROBINSON, 1995)。

(2) ウイルスの検出による評価

病徴による評価においては、ウイルスが増殖せず発病しない場合と、ウイルスが増殖しても発病しない場合とを区別することができない。そのため、ウイルスの検出による抵抗性の評価は、病徴による評価よりも厳しい評価となる。

ウイルスの検出方法としては、PCR による検出法と抗体を用いた検出法が挙げられる。最近になってビッグベイン病に関係する 2 種のウイルス (*Lettuce big-vein virus* と *Mirafiori lettuce virus*) の遺伝子が分離されたため (SASAYA et al., 2001; SASAYA et al., 2002; van der WILK et al., 2002; KAWAZU et al., 2003), これを用いて PCR 用のプライマーや抗体を作ることが可能となった。

2002 年になって、レタスビッグベイン病の病原体は *Lettuce big-vein virus* ではなく、*Mirafiori lettuce virus* ではないか、という報告がなされた (LOT et al., 2002)。しかし、2 種のウイルスとビッグベイン症状との関係はいまだ不明な点が多く、*Mirafiori lettuce virus* が病原体であるとは言い切れないのが現状である。

ウイルスの検出においても病徴と同様に、同じ品種でばらつきが見られると予想され、同じ品種・系統内の複数株を用いてウイルスの有無を調べる必要があると考えられる。ウイルスを定量することができれば、ウイルス量の平均を求めることにより抵抗性を評価することができる。一方、ウイルスを定量することができない場合は、一定の生育期間中にウイルスが検出された株の割合で評価する方法が挙げられる。

病徴に関しては、本葉が 5, 6 枚以上にならないと現れてこないため、レタスの生育がかなり進んでからでないと評価を行うことができない。一方、ウイルスの検定ではもっと若い苗で検出することができ、幼病検定が可能になると考えられる。しかし、ウイルスの検出はコストと手間がかかるという欠点もある。

III 抵抗性素材の検索

過去には主にアメリカで抵抗性素材の検索が行われ、見いだされた素材を用いて 'Sea Green', 'Thompson', 'Pacific' が育成されている。しかし、これらの品種も十分な抵抗性を持っているわけではない。今後、より抵抗性の高い品種を育成するためには、新たな抵抗性素材を見いだす必要がある。そこで、野菜茶業研究所・キク科育種研究室と近畿中国四国農業研究センター・野菜花き

研究室は共同で、2000 年度より抵抗性素材の検索を行っている。

レタス栽培種 (*Lactuca sativa*) には、クリスプヘッド型レタス (玉レタス), バターヘッド型レタス (サラダナ), リーフレタス, コスレタス (ロメインレタス), ステムレタスなど様々なタイプのレタスがある。そこで抵抗性の検定には各タイプのレタス (計 280 品種) を用い、レタスビッグベイン病の汚染圃場において検定を行った。その結果玉レタスについては、すべての品種で発病が認められたが、'Thompson' が最も強い抵抗性を示した。一方、他のタイプのレタスについて見ると、玉レタスとは異なり、全く発病が認められない品種が多数あり、全体的に見ても、玉レタスよりかなり強い抵抗性を示した。しかし、この検定で全く発病が認められなかった品種を一部選び、再度検定を行ったところ、発病度は低いものの無発病の品種は皆無であった。このように発病度に再現性がなかった原因の一つとしては、汚染圃場で検定を行ったために環境の影響を大きく受けたことが考えられる。また、病徴が出ていても軽度の場合無発病と評価してしまったり、玉レタス以外のタイプでは病徴が見にくい品種があることも、抵抗性検定の再現性を低下させた要因だと考えられる。このような検定上の問題もあり、現在のところ栽培種の中で強度抵抗性の素材だと断言できるものは見つかっていない。

従来の抵抗性検定は病徴で評価するものだったが、最近では 2 種のウイルス (*Lettuce big-vein virus* と *Mirafiori lettuce virus*) に対する抗体が利用できるようになり、ウイルス検定により抵抗性素材を検索することが可能となった。ビッグベイン病のウイルス検定については、これまでに藤井らが行っている (藤井ら, 2002)。藤井らは、各タイプのレタス (計 60 品種) を汚染圃場に定植し、発病調査とウイルス検定を行った。その結果、結球性レタス間で比較すると、耐病性品種の発病度は罹病性品種に比べて低く、さらに 2 種のウイルスが検出される時期も遅れる傾向にあった。また、全体的に見ると結球型より非結球型の発病度は低く、発病が認められなかった品種もあった。しかしながら、無病徴の品種も含め、すべての供試品種から 2 種のウイルスが検出された。ウイルス感染に関する品種比較については今のところ藤井らの報告しかなく、ウイルスに強度抵抗性を有する品種は今のところ見つかっていない。

今後は病徴を発現しない素材の検索と、ウイルス抵抗性素材の検索を引き続き行っていく必要があるだろう。商品価値の点では、ウイルスが増殖しても病徴さえ出なければ問題とならない。しかし、圃場で病原ウイルスを

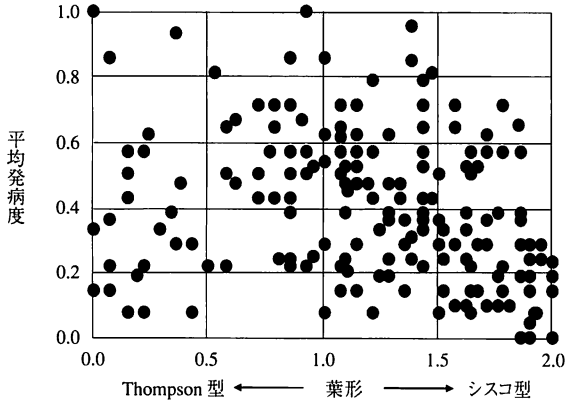


図-1 各F₃ ('Thompson'×'シスコ')系統の葉形と発病度に対する分布
 発病程度は、0：発病が認められない、1：発病が認められる、の2段階評価。葉の形質は、0：葉縁の波打ちが激しい、1：葉縁が少し波打っている、2：葉縁の波打ちと切れ込みがほとんどない、の3段階評価。各ポイントは各系統21株の平均を示す。'Thompson'と'シスコ'の平均発病度は0.07と1.0であった。

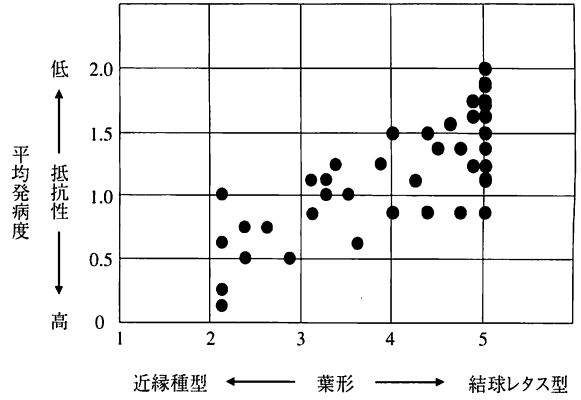


図-2 種間雑種後代の葉形と平均発病度
 各ポイントは、各系統8株の平均を示している。'Thompson' (抵抗性)と'シスコ' (罹病性)の平均発病度は0.75と2.0であった。

増やすことになるため、抵抗性素材としては、ウイルスの増殖に対しても抵抗性がある方が望ましい。

IV 耐病性品種と実用品種を用いた交雑育種

現在のところレタス栽培種 (*L. sativa*) の中では強度抵抗性のレタスは見いだされておらず、交雑育種により強度抵抗性品種が育成される見込みは立っていない。そのため現時点では、既存の耐病性品種が持っている抵抗性遺伝子を、レタス産地で用いられている実用品種に導入することが現実的な方法である。

我々は現在 'Thompson' の抵抗性を、レタス産地で冬作用として用いられている 'シスコ' に導入しようと試みている。具体的には、まず 'シスコ' を花粉親にして 'Thompson' と交配し、高温長日処理により世代促進を行い、F₃ 種子を得た。次に F₃ 世代 200 系統を汚染圃場で栽培し、発病程度と葉形を調査した。その結果、供試系統は発病程度も葉形も幅広く分布し、抵抗性が高く葉の形質がシスコに近い系統も多数確認された (図-1)。現在、選抜した系統から F₄ 種子を得ているので、これを用いて F₄ 世代の選抜を行う予定である。

V 近縁種の利用

レタスの近縁種として *L. virosa*, *L. saligna*, *L. serriola* などが挙げられるが、*L. virosa* はほとんど病徴を示さないことが報告されている (CAMPBELL, 1965)。ま

た、*L. virosa* の系統によっては、激発条件下でも全く発病しないものが報告されている (Bos and HUIJBERTS, 1990) ことから、*L. virosa* はビッグベイン病に対して強度抵抗性であり、有用な育種素材だと思われる。

L. virosa を利用する上での問題点は、レタス (*L. sativa*) と *L. virosa* との種間交雑 F₁ が不稔になり、後代を得るのが難しいことである。しかし、野菜茶業研究所ではこれまでに、胚培養等を行うことにより *L. virosa* との種間交雑後代と考えられる系統を得ている。そこで、種間交雑後代 53 系統について、抵抗性と葉形を調査した (図-2)。その結果、抵抗性についてはかなり強い系統が見られたが、それらは近縁型に近い葉形であった。全体的に見ると、葉形が結球性レタスに近づくほど、発病程度が高くなる傾向が見られた。このように、近縁種の形質と抵抗性の間にリンクが見られるため、今後結球性レタスで抵抗性の高いものを得るには、多数の系統から選抜する必要があると考えられた。あるいは、ある程度の抵抗性を示す結球性レタスの系統と、既存の抵抗性品種を交配することで、より抵抗性の高い品種を育成することができるとも考えられる。

おわりに

レタスビッグベイン病は世界各地で問題になっているにもかかわらず、1980年代にアメリカで耐病性品種が育成されて以来、これを越える品種はでていない。これは、栽培種の中で有用な抵抗性素材が見つかっていないためである。有用な育種素材を見つけるのはなかなか難しいかもしれないが、今後もねばり強く素材検索を行っていく必要があるだろう。

今のところ、育種素材としては扱いにくい近縁種 *L. virosa* が強度抵抗性であることが知られている。この抵抗性を栽培レタスに付与するには時間はかかるかもしれないが、既存の耐病性品種よりも強い品種の育成が期待される。また、今後は遺伝子組換えや人為的な突然変異など、交雑育種以外の方法を用いて品種開発に取り組むのも有効であろう。

ビッグベイン病に対しては土壤消毒や耕種の防除、抵抗性品種を組み合わせる総合的な防除を行う必要があるが、その中で抵抗性品種への期待は大きく、今後さらに研究を積み重ねて抵抗性品種づくりを目指していきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) BOS, L. and N. HUIJBERTS (1990): Crop Protection 9: 446~452.
- 2) CAMPBELL, R. N. (1965): Canadian J. Botany 43: 1141~1149.
- 3) 藤井寛也ら (2002): 日植病報 68(2): 213.
- 4) 岩木満朗ら (1978): 日植病報 44: 578~584.
- 5) JAGGER, I. C. and N. CHANDLER (1934): Phytopathology 34: 1253~1256.
- 6) KAWAZU, Y. et al. (2003): J. Gen. Plant Pathol. 69(1): 55~60.
- 7) LOT, H. et al. (2002): Phytopathology 92: 288~293.
- 8) 野田啓良ら (2001): 園学雑 70(別2): 143.
- 9) RYDER, E. J. and B. J. ROBINSON (1995): J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 741~746.
- 10) SASAYA, T. et al. (2001): J. Gen. Virol. 82: 1509~1515.
- 11) SASAYA, T. et al. (2002): Virology 297(2): 289~297.
- 12) van der WILK, F. et al. (2002): J. Gen. Virol. 83: 2869~2877.

新しく登録された農薬 (15.4.1~4.30)

掲載は、種類名、〈商品名〉(登録番号:製造業者又は輸入業者)登録年月日、有効成分および含有量、対象作物:対象病害虫:使用時期および回数など。ただし、除草剤については、適用雑草:使用方法を記載。(…日…回は収穫何日前まで、何回以内散布又は摘採何日前まで何回以内の散布の略)。(登録番号210~210)新規成分にはアンダーラインを付した。

「殺虫剤」

●アリガタシマアザミウマ剤

〈アリガタ:21060:アリスト〉2003/4/22

アリガタシマアザミウマ成虫 50頭/50m²

なす・きゅうり(施設栽培):ミナミキイロアザミウマ:発生初期:放飼

●イミダクロプリド粉末

〈ガウチョ WS:21042:バイエルクロップサイエンス〉2003/4/8

イミダクロプリド 70%

とうもろこし:アブラムシ類:は種前:種子処理機による種子粉衣

●エトフェンブロックス・クロチアニジン液剤

〈ベニカ D スプレー:21044:住化武田〉2003/4/8

エトフェンブロックス 0.05%

クロチアニジン 0.008%

ばら:アブラムシ類, きく:アブラムシ類・マメハモグリバエ(以上:4回), ガーベラ:オンシツコナジラミ, つばき:チャドクガ・ロウムシ類, さざんか:チャドクガ・ロウムシ類, カトレア:カイガラムシ類, クロトン:ミカンコナカイガラムシ(以上:6回), いずれも:原液:散布

●カルボスルフファン粒剤

〈ガゼット粒剤:21046:石原バイオ〉2003/4/8

カルボスルフファン 3%

水稻(箱育苗):イネミズゾウムシ・イネドロオイムシ・イネゾウムシ・イネヒメハモグリバエ・ヒメトビウンカ・ツマグロコバイ・イネシガラセンチュウ:移植前3日~移植当日:育苗箱の苗の上から均一に散布する。さとうきび:ハリガネムシ・メイチュウ類・コガネムシ類幼虫:植付時:植溝土壌混和, 培土時:株元土壌混和:1回, なす:ミカンキイロアザミウマ・アブラムシ類・ミナミキイロアザミウマ:定植時:株元散布又は植穴土壌混和, アブラムシ類・ミナミキイロアザミウマ:育苗期後半:株元散布:, きゅうり:アブラムシ類:定植時, ピーマン:アブラムシ類・ミナミキイロアザミウマ:定植時, 育苗期後半, すいか:アブラムシ類:定植時, 育苗期後半, 以上育

苗期後半:株元散布, 定植時:株元散布又は植穴土壌混和:1回, とうがん:ミナミキイロアザミウマ:定植時:植穴土壌混和:1回, だいこん:キスジノミハムシ:は種時:播溝土壌混和:1回, だいこん:キスジノミハムシ・コナガ:は種覆土後:作条土壌散布:1回, キャベツ:コナガ:生育初期(但し, 収穫45日前まで), 育苗期後半:株元散布:2回, コナガ・アオムシ・アブラムシ類:定植時:株元散布又は植穴土壌混和:2回, はくさい:コナガ・アブラムシ類:定植時:株元散布又は植穴土壌混和:1回, アブラムシ類:育苗期後半:株元散布, ねぎ:ネギハモグリバエ・ネギアザミウマ:定植時:植溝土壌混和, ネギハモグリバエ・ネギアザミウマ生育期:(但し, 収穫45日前まで)ネギハモグリバエ・ネギアザミウマ:育苗期後半:株元散布:2回, ネギコガ:定植時:植溝土壌混和, 生育期(但し, 収穫45日前まで):株元散布, ブロッコリー:コナガ:定植時:株元散布又は植穴土壌混和, 育苗期後半:株元散布, ばれいしょ:ナストビハムシ:は種時:播溝土壌混和, かんしょ:アリモドキゾウムシ・イモゾウムシ:生育期(但し, 収穫45日前まで):株元散布:4回, ハリガネムシ・コガネムシ類幼虫:植付時:植溝土壌混和:4回, いちご(仮植床):コガネムシ類幼虫:植付時:全面土壌混和:1回, いちご(本圃):アブラムシ類・キンケクチプトゾウムシ幼虫:定植時:株元散布又は植穴土壌混和:1回, メロン:アブラムシ類・ミナミキイロアザミウマ:定植時, 育苗期後半:育苗期後半:株元散布, 定植時:株元散布又は植穴土壌混和:1回, たばこ:アブラムシ類:定植時:作条土壌混和:1回, きく:アブラムシ類:定植時:株元散布又は植穴土壌混和, ネグサレセンチュウ:定植時:全面土壌混和, ミカンキイロアザミウマ:生育期:株元散布, ストック:コナガ:定植時:全面土壌混和, 株元散布:1回, シクラメン・ベゴニア・プリムラ・イチイ:キンケクチプトゾウムシ幼虫:生育期:株元散布:1回, プリムラ:キンケクチプトゾウムシ成虫:生育期:株元散布:1回, つつじ:ツツジシジミバイ:生育期:株元散布:1回, つつじ:コガネムシ類:定植時及び(16ページに続く)