

ダイコン黒芯症の発生要因と防除対策

岐阜県農業技術センター ^は堀 ^の之内 ^は勇 ^と人

はじめに

岐阜県の高冷地ダイコン産地では、夏期の冷涼な気象を生かし、夏ダイコンの生産が活発に行われている。しかし、2004年にダイコン根の内部のみが黒変する障害が多発した（以下、黒芯症と称す）。これまで産地では根部障害として、*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* による萎黄病や白さび病が起因するわっか症が発生していた。しかし、萎黄病の発病株では葉の黄化および萎凋と根部の導管褐変が、わっか症の発病株は根表面にわっか症状（リング症状）が観察されるため、生産者は被害株の除去が可能であった。また、これらの病害は土壤消毒または薬剤散布により、その発生は非常に少なくなっている。ダイコン根部表面および内部が褐変する症状は、竹内ら（1989）によって黒斑細菌病の一症状であることが報告されている。しかし、本県で発生した黒芯症は葉に黒斑細菌病の病斑が観察されるものの、その多くの株で根部表面の黒変は観察されない。このことは、出荷前に被害株を除去することが困難であるため、高品質なダイコンを生産するうえで深刻な問題となっている。そこで、黒芯症の発生原因とその対策について検討を行ったのでその内容を紹介したい。

I 症状および発生状況

黒芯症は、ダイコン根部表面は健全であるものの、根内部が黒変する障害である（口絵①）。その症状から、現場では「アンコが入る」と呼ばれている。内部の黒変は首部から下方へ進み、軟腐病による軟化腐敗、萎黄病による導管褐変とは明確に異なる。さらに黒芯症は根部の生育が良好な株でも発生するため、外観からの発生の有無の識別が非常に困難である。

黒芯症は、2004年には高冷地ダイコン産地の約3割の圃場でその発生が見られた。黒芯症の発生は、その後減少するものの、2005～07年では1割程度の圃場で発生が見られていた。当地のダイコンの作付けは、4月中旬からトンネル栽培で始まり、10月下旬まで露地で栽

培されている。黒芯症の多くは6月下旬～7月に播種して、8月下旬～9月に収穫する作型のダイコンで発症している。また、2004年当時、主に栽培されていた品種‘夏つかさ’では黒芯症の発生が多い傾向であった。

II 病原細菌の同定

2005年に黒芯症株のダイコン根内部の黒変部から常法により細菌の分離を行った。分離細菌菌株の病原性は、ダイコン（品種：夏つかさ）の本葉展開時に濃度 10^8 cells/ml に調整した細菌懸濁液を1株当たり100 ml を灌注接種して調査した。病原性が確認された菌株について、細菌学的性質を後藤・瀧川（1984）の方法に従って調査して同定を行った。ダイコン根内部の黒変部からは YPGA 培地上で乳白色のコロニーを呈するグラム陰性細菌が高率に分離された。分離菌株（GF690）を健全なダイコンに接種することで接種7日後に葉に黒斑細菌病の病斑が、接種40日後に根部に黒芯症が観察された。分離細菌菌株（GF690）は好気性で、King's B 培地上で水溶性黄緑色蛍光色素を産生した。また、グルコースを酸化的に分解し、レバン産生、カタラーゼ活性、ゼラチンの液化は陽性であった。オキシダーゼ活性、ジャガイモ塊茎腐敗、アルギニンジヒドロラーゼ活性、硝酸還元、リパーゼ活性、アミラーゼ活性は陰性で、37℃で生育できなかった。単一炭素源として、メリビオース、D-ソルビトール、D-マンニトール、イノシトール、クエン酸、キナ酸、D-酒石酸を利用したが、ラフィノース、乳糖、アドニトール、エリトリトール、アラビトール、トリゴネリン、L-酒石酸、アントラニル酸、DL-ホモセリンは利用しなかった。これらの性質は、対象として用いた *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* 菌株（MAFF730010, MAFF730087）の性質および SCHAAD ら（2001）の記載と比較した結果、トリゴネリンの利用性で異なるものの、他の性質は *P. syringae* pv. *maculicola* と一致した。以上の結果から、分離細菌を *P. syringae* pv. *maculicola* と同定した。これらのことから、黒芯症は黒斑細菌病の一つの症状であることが明らかになった。

III 発生要因

黒斑細菌病による根内部の黒変症状は、台風や降雹で植物体に傷が付くなど特殊な条件で発生するとされてい

Occurrence and Control of Root Browning Symptom of Japanese Radish caused by *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*. By Hayato HORINOUCHI

（キーワード：ダイコン，黒芯症，黒斑細菌病，防除）

る。2004 年は 6～9 月にかけて台風が 7 回接近し、ダイコンに傷が付く機会が多かったことが黒芯症の多発生につながったと考えられる。しかし、2005 年以降は台風の接近がないものの、黒芯症が発生している。この地域の気象は、冷涼で、降水量が多く、強い風が吹く等の特徴がある。この気象条件は、黒斑細菌病の発病と病原細菌の蔓延に好適な条件でもある。圃場では、7 月下旬～8 月上旬に黒斑細菌病の病斑がダイコン葉に観察され(口絵②)、その後 8 月中下旬には一時的に発病葉は少なくなるものの、9 月に再び、多くの葉で黒斑細菌病の病斑が観察された。この黒斑細菌病の発生が黒芯症の発症につながったことは間違いがないが、本産地で発症した黒芯症は根部表面の黒変を伴わないことが特徴である。2004 年当時に作付けされていた品種は、耐暑性があり、萎黄病に強く、根長がそろい、播種後 60 日で収穫できる等非常に有望な特徴をもった青首ダイコンであった。しかし、本品種を栽培すると、栽培後半(播種約 30 日後)に下葉が容易に脱落した。黒芯症株を切断すると、この下葉の脱落痕から黒変が根内部へ進む様子が観察された。これらのことから、下葉の脱落する時期と黒斑細菌病が発生する時期が重なることで、病原細菌が脱落痕から容易に侵入可能となり、このことが根部表面の黒変を伴わない黒芯症の発症につながったと示唆された。

さらに、これまで産地ではダイコン白さび病(わっか症)が発生して、その対策として TPN 水和剤やカスガマイシン・銅水和剤が使用されていた。しかし、白さび病(わっか症)に対してメトラキシル粒剤が使用可能となり、一時的にこれらの散布薬剤の使用回数が少なくなったことも、黒斑細菌病および黒芯症の発生につながったと考えられる。

IV 薬 剤 防 除

黒芯症は黒斑細菌病の一つの症状であることから、そ

の対策として黒斑細菌病の発病を抑制することが重要となった。当初、黒芯症の発症株が 1 本でも市場へ流通すると問題になることから、黒斑細菌病が発病した株は抜き取り、圃場から持ち出して処分していた。しかし、黒斑細菌病の発病株数が多くなり、除去すべき株が多くなったことから防除対策の開発が急務となった。

そこで、産地で使用実績があるカスガマイシン・銅水和剤(1,000 倍)、オキシソリニック酸・カスガマイシン水和剤(1,000 倍)およびオキシソリニック酸水和剤(1,000 倍)を用い、黒斑細菌病と黒芯症の発病抑制効果を検討した(試験 1)。試験は、2007 年 8～11 月に岐阜市の農業技術センター内の圃場で行った。それぞれの薬剤は、播種 10、17 および 24 日後に背負い式動力噴霧器を用い 10 a 当たり 250 l 相当量を散布した。播種 15 日後に病原細菌(GF690 菌株)の細菌懸濁液(濃度約 10^8 cells/ml)を試験区のすべての株に 1 株当たり 120 ml を灌注接種した。葉での黒斑細菌病の発病は最終散布の 1 週間後に、根での黒芯症の発症は収穫時(播種 74 日後)に調査した。その結果、黒斑細菌病に関しては薬剤無散布区の発病度が 44.9 に対してカスガマイシン・銅水和剤は発病度 4.6、防除価 90 と高い防除効果を示した(表-1)。また、オキシソリニック酸・カスガマイシン水和剤も発病度 25.1、防除価 44 と発病抑制効果が認められた。しかし、黒芯症に対してはいずれの薬剤処理区でも発症株率が 48.1～56.0%と高く、多発生の場合では薬剤散布による発病抑制効果は不十分であった。また、黒斑細菌病菌をすべての株に高濃度で接種したことから、罹病葉が脱落し早期に枯死する株、根部表面が黒変する株も見られた。

そこで、試験 1 で黒斑細菌病に対して高い防除効果を示したカスガマイシン・銅水和剤を用い、黒芯症が少から中発生となる条件下で試験を行った。試験 2 は 2008 年 4～6 月に、試験 3 は 2008 年 8～10 月に行い、

表-1 薬剤によるダイコン黒斑細菌病と黒芯症の発病抑制効果(試験 1)

処理区	黒斑細菌病(葉部)		収穫時の発病(根部)	
	発病葉率 (%)	発病度	枯死株率 (%)	黒芯症株率 (%)
カスガマイシン・銅水和剤	16.3	4.6	4.2	48.1
オキシソリニック酸・カスガマイシン水和剤	50.3	25.1	31.5	56.0
オキシソリニック酸水和剤	70.4	40.9	39.6	48.3
無処理	72.3	44.9	16.2	75.5

発病度 = $\Sigma(\text{発病指数} \times \text{同葉数}) / (4 \times \text{調査葉数})$ 、発病指数 0: 葉に病斑がない, 1: 葉面積の 25% 以下に病斑がある, 2: 葉面積の 25～50% に病斑がある, 3: 葉面積の 50～75% に病斑がある, 4: 葉面積の 75% 以上に病斑がある。

それぞれ播種 19 日, 13 日後に試験区と隣接する畝の株に病原細菌の細菌懸濁液 (濃度約 10^7 cells/ml) を 1 株当たり 100 ml 灌注接種した。薬剤は播種約 2, 3 および 4 週間後に背負い式動力噴霧器を用い散布し, 収穫時 (共に播種 63 日後) に黒芯症の発症を調査した。試験 2 および 3 は, 直接試験区の株に病原菌を接種しなかったことから, 薬剤無散布区の黒芯症の発症株率はそれぞれ 54.1%, 8.3% であった。この場合は, カスガマイシン・銅水和剤を播種約 2, 3 および 4 週間後の 3 回散布することで黒芯症の発生を抑制することができ, 試験 2 と 3 の処理区の発症株率はそれぞれ 3.3%, 0% と高い防除効果が認められた (図-1)。

試験 4 では, ダイコンに登録がある 6 種類の殺菌剤を用い, 再度, 黒斑細菌病と黒芯症の発病抑制効果を検討した。試験は 2009 年 4 ~ 6 月に実施し, 播種 26 日後に試験区の全株に供試菌の細菌懸濁液 (濃度約

10^7 cells/ml) を 1 株当たり約 50 ml 灌注接種した。それぞれの薬剤は播種 25 日, 32 日および 39 日後に背負い式動力噴霧器を用い散布し, 最終散布 7 日後に葉部の黒斑細菌病を, 収穫時 (播種 69 日後) に黒芯症の発症を調査した。黒斑細菌病に対しては, 薬剤無処理区は発病葉率が 93.0%, 発病度 45.3 であったが, カスガマイシン・銅水和剤は防除価 90.1 と高い防除効果が認められた (表-2)。次いで, オキシリニック酸・ストレプトマイシン水和剤およびノニルフェノールスルホン酸銅水和剤は防除価 70.6, 69.5 と防除効果が認められた。しかし, オキシリニック酸・ストレプトマイシン水和剤は散布後に顕著な葉害 (葉の周縁が黄化) が認められた。オキシリニック酸水和剤, オキシリニック酸・カスガマイシン水和剤およびオキシテトラサイクリン水和剤は防除価が 6.6 ~ 25.4 と低かった。

黒芯症に対しては, 無処理区の発症株率は 38.1% であったのに対して, カスガマイシン・銅水和剤は発症が全く見られず, これまでと同様に高い発病抑制効果が認められた。オキシリニック酸・ストレプトマイシン水和剤およびノニルフェノールスルホン酸銅水和剤, オキシテトラサイクリン水和剤は防除価が 64.2 ~ 87.5 と抑制効果が認められた。しかし, これらの薬剤散布区では, 黒芯症が発症した株の根部表面の黒変がなく, 出荷前に黒芯株を除去することが困難であることが改めて確認された。一方, オキシリニック酸水和剤およびオキシリニック酸・カスガマイシン水和剤はこれまでの試験と同様の結果となり, 黒芯症に対する防除効果はそれぞれ防除価 42.9, 8.7 と低かった。

以上の結果, 黒斑細菌病および黒芯症に対してカスガマイシン・銅水和剤は有効な防除薬剤であることが明らか

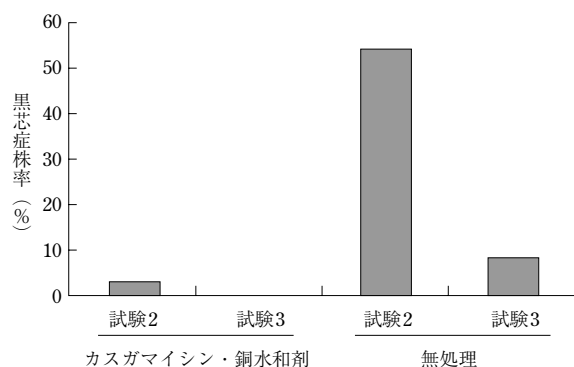


図-1 ダイコン黒芯症に対するカスガマイシン・銅水和剤の防除効果 (試験 2, 3)

表-2 薬剤によるダイコン黒斑細菌病と黒芯症の発病抑制効果 (試験 4)

処理区	調査株数	黒斑細菌病 (葉部)		黒芯症 (根部)	
		発病度	防除価	発症株率 (%)	防除価
カスガマイシン・銅水和剤	22	4.5	90.1	0.0	100.0
オキシリニック酸水和剤	23	38.8	14.3	21.7	42.9
オキシリニック酸・カスガマイシン水和剤	23	42.3	6.6	34.8	8.7
オキシテトラサイクリン水和剤	21	33.8	25.4	4.8	87.5
オキシリニック酸・ストレプトマイシン水和剤	22	13.3	70.6	13.6	64.2
ノニルフェノールスルホン酸銅水和剤	24	13.8	69.5	12.5	67.2
無処理	21	45.3		38.1	

発病度 = Σ (発病指数 $\times$ 同葉数) / (4 $\times$ 調査葉数). 発病指数 0: 葉に病斑がない, 1: 葉面積の 25% 以下に病斑がある, 2: 葉面積の 25 ~ 50% に病斑がある, 3: 葉面積の 50 ~ 75% に病斑がある, 4: 葉面積の 75% 以上に病斑がある。

かになった。4回の試験を通じて薬剤散布時の気温は、現地7～8月の気温と比較して低かったことから、本剤の散布によって葉に褐色小斑点の葉害は認められるものの、ダイコン根部への葉害は発生しなかった。しかし、現地の黒芯症が発生する作型では、薬剤散布時期（播種2, 3および4週間後）が夏期の高温期間となる。カスガマイシン・銅水和剤をはじめ銅剤は、高温時に散布することで葉害が発生しやすいため十分に注意をする必要がある。また、ダイコンにおいても減農薬栽培が進む状況から、防除に有効な散布タイミングを把握して、薬剤の散布回数の削減を図る必要がある。

おわりに

岐阜県の高冷地産地で発生したダイコン根内部のみが黒変する黒芯症は黒斑細菌病の一症状で、黒斑細菌病に対して登録があるカスガマイシン・銅水和剤は黒芯症に対して高い防除効果が認められた。

黒斑細菌病菌 *P. syringae* pv. *maculicola* は、ダイコンのほかにはハクサイ、カブ、キャベツ等アブラナ科植物に病害を引き起こすことが知られている。ダイコン産地の周辺でアブラナ科作物が作付けされている場合は黒斑細菌病菌の伝染源として注意する必要がある。しかし、この産地ではニンジンとアスパラガスが一部で栽培されているものの、ほぼダイコンのみが栽培されている。さらに、ダイコン圃場は萎黄病対策としてクロロピクリンによる土壌消毒が実施されている。この状況下でも2005年以降、黒芯症が発生しているため、黒芯症の根絶のためには、病原細菌の伝染源の解明が求められている。

ダイコン黒芯症と同様の障害は、2004年前後には群

馬県など他県でも発生事例があり、黒斑細菌病を含めた黒芯症の全国的な広がりが懸念された。しかし、その後他県では本症状の発生はなくなり、岐阜県の一部の産地でのみ発生する状況となっている。このことは、岐阜県で栽培されていた品種は、黒芯症が発生しやすい品種であることが示唆される。産地への品種導入には、収量性などの栽培特性は重要な要因であるが、改めて病害抵抗性の有無の重要性が示される結果であった。しかし、品種特性として、萎黄病、ウイルス病の耐病性の有無は記載されているが、黒斑細菌病に関して記載はないため、黒斑細菌病の耐病性品種の探索も今後の課題となっている。

現在、岐阜県の産地では作付け品種を替えるとともに、カスガマイシン・銅水和剤を用いた地域一斉防除を行うことで黒芯症の発生は激減している。しかし、黒芯症の撲滅のためには、黒斑細菌病の発生に早めに気づき、対処（薬剤散布、引く抜き処分等）することが重要であるが、葉に発生する黒斑細菌病の初期病斑は小さく、虫害による食害痕やカスガマイシン・銅水和剤の葉害症状と似ていることから、初期診断が困難な場面がある。そのため、産地からエライザ法などを用いた迅速で簡易な診断技術の開発も要望されており、今後の課題となっている。

引用文献

- 1) 後藤正夫・瀧川雄一 (1984): 植物防疫 38: 385～389; 432～437; 479～484.
- 2) SCHAAD, N. W. et al. (2001): Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria 3rd Edition, APS PRESS, The American Phytopathological Society, p. 90～94.
- 3) 竹内妙子ら (1989): 関東病虫研報 36: 60～62.

(新しく登録された農薬7ページからの続き)

わさびだいこん: コナガ: 収穫7日前まで
 はつかだいこん: アブラムシ類: 収穫14日前まで
 かぶ: キスジノミハムシ, アブラムシ類: 収穫21日前まで
 非結球あぶらな科葉菜類: アブラムシ類: 収穫7日前まで
 非結球あぶらな科葉菜類: キスジノミハムシ: 収穫7日前まで
 いちご: アブラムシ類, コナジラミ類, ヒラズハナアザミウマ, ミカンキイロアザミウマ: 収穫前日まで
 つるな: アブラムシ類: 収穫14日前まで
 バジル: アブラムシ類: 収穫21日前まで
 レモンバーム: アブラムシ類: 収穫14日前まで
 はっか: アブラムシ類: 収穫7日前まで
 セージ: アブラムシ類: 収穫21日前まで
 パセリ: アブラムシ類: 収穫3日前まで
 茎ブロッコリー: アブラムシ類: 収穫前日まで
 メキャベツ: アブラムシ類: 収穫7日前まで
 非結球メキャベツ: アブラムシ類: 収穫7日前まで
 食用さくら(葉): アザミウマ類: 収穫3日前まで

あけび(果実): アブラムシ類: 収穫7日前まで
 たまねぎ: ネギアザミウマ: 収穫7日前まで
 ねぎ: ネギアザミウマ: 収穫7日前まで
 わけぎ: アザミウマ類: 収穫7日前まで
 あさつき: アザミウマ類: 収穫7日前まで
 アスパラガス: アブラムシ類, コナジラミ類
 ネギアザミウマ, ジュウシホシクビナガハムシ: 収穫前日まで
 レタス: アブラムシ類: 収穫7日前まで
 非結球レタス: アブラムシ類, アザミウマ類: 収穫7日前まで
 オクラ: アブラムシ類: 収穫前日まで
 食用ぎく: アブラムシ類, アザミウマ類: 収穫14日前まで
 食用ゆり: アブラムシ類: 収穫前日まで
 にら: アブラムシ類, アザミウマ類: 収穫前日まで
 てんさい: テンサイトビハムシ, テンサイモグリハナバエ: 定植前
 にがうり: アブラムシ類: 収穫前日まで

(22ページに続く)