

ハクサイ黄化病の伝染源としての野生ダイコン （ハマダイコン）バーティシリウム黒点病

粕山 新二・山本 秀夫*

Verticillium Black Spot of Wild Japanese Radish 'Hama-daikon'
as an Infection Source of Chinese Cabbage Disease Caused by *Verticillium longisporum*

Shinji Kasuyama and Hideo Yamamoto*

緒 言

ハクサイ黄化病は、我が国では1966年に長野県で初めて発生し、その後、山梨県、茨城県、愛知県などでも発生した。岡山県では1982年に瀬戸内海に面した畑作地帯の邑久町と牛窓町で初めて確認された。

牛窓町は当時ハクサイとキャベツの指定産地になっており、1982年におけるハクサイの栽培面積は、2～3月移植栽培（4月上・中旬までトンネル栽培）の春ハクサイと8月末直播栽培から10月上旬移植栽培までの秋冬ハクサイを合わせて約120haであった。また、キャベツの栽培面積は、カリフラワー、ブロッコリーを含めて約120haであった。ハクサイやキャベツの後作は主にカボチャであった。

栽培農家の聞き取り調査によると、初発生圃場では1971年以前に水田裏作としてハクサイを栽培していた頃には黄化病は発生していなかった。しかし、1971年の水稲生産調整を契機に畑地化基盤整備を実施してハクサイとカボチャの輪作を行うようになってから、本病が発生し始めたようである。

1983年に著者がハクサイ黄化病の初発生圃場を調査すると、その周辺に自生している多くの野生ダイコン（ハマダイコン）に*Verticillium* sp.による病害が発生していた。

そこで、ハマダイコンでの発病・分布状況を調査するとともに、これらの罹病株とハクサイ黄化病の伝染源との関

係を検討した。

本試験研究に当たって、ご助言を賜った京都大学教授河野昭一博士、大阪府立大学山口裕文博士、農林水産省農業研究センター萩原廣博士、野菜茶業研究所堀内誠三博士と調査にご協力して頂いた岡山農業改良普及所邑久支所（現在、岡山農業改良普及センター）の各位に厚くお礼申し上げる。

材料及び方法

1. ハマダイコンの自生地及びハクサイ黄化病の発生圃場

1982年～'85年にかけて、岡山県内の瀬戸内海沿岸に自生しているハマダイコンの*Verticillium* sp.による発病状況及びその近辺で栽培されているハクサイの黄化病やダイコンのバーティシリウム黒点病の発病状況などを適宜調査した。

2. 供試菌株

1984年に県内の瀬戸内海沿岸沿いの7地域に自生していたハマダイコンの発病株から分離した8菌株（*Verticillium* sp.：V-1～8）及び邑久郡邑久町のハクサイ黄化病の発病株から分離した1菌株（*Verticillium* sp.：V-9）を用いた。

3. 分離菌の病原性及び培養性質

播種16～35日後のナス（品種：千両2号）、トマト（品種：ポンデローザ）、ピーマン（品種：エース）及びハクサイ（品種：タキイ交配耐病60日）の苗を、PSA培地

*元岡山県立農業試験場

本報告の一部は昭和60年度日本植物病理学会関西部会で発表した。

2002年5月29日受理

で21日間培養した菌叢を殺菌水中で粉碎して作成した菌体懸濁液（シャーレ5枚分/100ml）に約5分間浸漬後、園芸培土を入れた9cmポリポットに移植した。さらに、残りの菌懸濁液を株元に1株当たり10mlを灌注接種した。ダイコン（品種：平安早太り時無）は菌懸濁液10mlを灌注したポットに播種した。接種後、ポット苗などは25℃の定温器内に保ち42日後に胚軸部を切断して維管束褐変程度を調査するとともに、分離菌がどのグループに属するかを萩原らの方法（萩原・竹内、1985）によって検定した。各菌株区ともナス、トマト、ピーマン、ハクサイは2～6個体、ダイコンは11～39個体を調べた。

供試9菌株（V-1～9）の培養形態はPSA培地で25℃、10～20日間培養したものについて調査した。生育と温度については、V-1、2とV-9の3菌株を供試して、5mmのコルクボーラーで打ち抜いた菌叢片を9cmシャーレの中央に置き、5～35℃の7段階とした定温器内で10日間保った後、菌叢直径を測定した。各菌株区とも各温度当たり5シャーレを供試した。

4. ハマダイコン罹病株からの種子伝染及び生存期間

1984年5～7月に3回、ハマダイコンの罹病莢を13個の布袋（1袋当たり約100莢）に入れ牛窓町の海岸で海水中に浸漬した後、適宜1袋ごと引き上げ、殺菌土に莢のまま埋めた。浸漬期間は最長23日まで行った。その後、適宜発病調査を行い、1985年6月22日に最終調査を行った。種子の生死は発芽の有無、*Verticillium* sp.の生死は発芽したハマダイコンの発病の有無で判定した。また、1984年8月3日に岡山県立農業試験場（現在、岡山県農業総合センター農業試験場）内で海水を入れたバットに、発病株の莢（無病徴）を最長8日間浮遊させた後殺菌土に播種し、発病の有無を調査した。

一方、莢の外表面の維管束だけでなく、胎座部分まで褐変している罹病莢があったので、1985年5月24日に罹病ハマダイコンの菌核形成莢、維管束褐変莢、病徴不明莢（莢全面が黒変していたり、莢の外表面が崩壊しているため、病徴が明瞭でないもの）及び無病徴莢をそれぞれ種子、殻、稔実不良種子に分け、種子は30分間流水で水洗後殺菌土に播種し、殻と稔実不良種子は殺菌土を混和後にダイコン（品種：平安早太り時無）を播種して、7月12日にダイコンの発病状況を調査した。

結 果

1. ハマダイコンの病徴及びその発生分布とハクサイ栽培圃場との関係

ハクサイ黄化病が初発した圃場の畦畔には、ハマダイコンが多数自生しており（図版I-1）、9月初め頃から発芽

し始めた。そして、10月下旬頃から下位葉の黄化が認められ（図版I-2）、これらの株の根部を切断すると、維管束が黒変していた（図版I-3）。黄化葉は概ね下位葉に限られており、中には根部が黒変していても、黄化葉が認められない株もあった。ハマダイコンは翌年の3月頃から抽苔し、4月始め頃から開花し始める。そして、4月終わり頃から花茎の維管束が黒変し始め（図版I-4）、6月始め頃から花茎や莢（図版I-5, 6）の維管束には*Verticillium* sp.特有の菌核（図版I-7）が多量に形成されていた。

1983～'85年に、ハクサイ黄化病初発圃場周辺以外の県内の瀬戸内海沿岸でハマダイコンの発生分布を調査したところ、各地にハマダイコンが自生しており（図1）、それらの多くには*Verticillium* sp. 特有の菌核が多量に形成されていた。罹病ハマダイコン自生地の近くで栽培されているハクサイ、ダイコンなどを調査すると、邑久郡邑久町、岡山市などの海岸沿いのハクサイで、*V. longisporum* によるハクサイ黄化病（図1、図版I-8, 9）やダイコンパーティシリウム黒点病の発生が認められた。

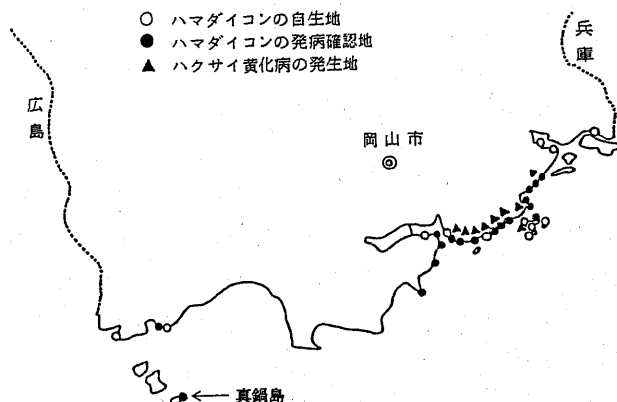


図1 ハマダイコンの分布と
ハマダイコン・ハクサイの発病地

2. 分離菌の病原性及び培養形態

ハマダイコンから分離した*Verticillium* sp.の8菌株（V-1～8）とハクサイ黄化病菌1菌株を、ナス、トマト、ピーマン、ダイコン及びハクサイ苗に接種すると、V-1～7及びV-9菌株はハクサイに病原性が強く、次いでダイコンであり、ナス、トマト、ピーマンには病原性が認められなかった。V-8菌株もほぼ同じであったが、ナスに病原性が認められた（表1）。この結果を萩原（1990）による*Verticillium* の系統判別で分類すると、ハマダイコンから分離したV-1～7の7菌株及びハクサイ黄化病菌1菌株（V-9）はアブラナ科系で菌群はD、V-8はナス系のAに分類された。

PSA培地上における形態はV-8以外の菌株はほぼ同じであった。すなわち、分生子柄は多産で、その基部細胞は無色、各節に2～6本のフィアライドを車軸上に生じた。

表1 ハクサイ、ハマダイコンから分離された *Verticillium* sp. のナス科、アブラナ科野菜への病原性

分離菌	分離源	採集場所	接種植物 ^{a)}					系統の菌群判定
			ナス	トマト	ピーマン	ダイコン	ハクサイ	
<i>Verticillium</i> sp. V-1	ハマダイコン	牛窓町鹿忍港	0/4	0/4	0/4	0/18	4/4	アブラナ科系D
V-2	〃	牛窓町師楽港	0/3	0/3	0/2	0/12	2/2	〃 D
V-3	〃	牛窓町蕪埼	0/6	0/6	0/6	0/16	4/4	〃 D
V-4	〃	牛窓町前島	0/4	0/4	0/4	0/17	4/4	〃 D
V-5	〃	邑久町虫明	0/3	0/3	0/2	10/39	2/2	〃 D
V-6	〃	岡山市正儀	0/4	0/4	0/4	0/22	4/4	〃 D
V-7	〃	岡山市小串	0/4	0/4	0/4	2/11	2/2	〃 D
V-8	〃	笠岡市真鍋島	1/5	0/5	0/4	1/35	4/4	ナス系 A
V-9	ハクサイ	牛窓町鹿忍	0/6	0/6	0/4	0/16	4/4	アブラナ科系D

a) 発病数/接種数

表2 ハマダイコンの罹病莢の浸漬期間と種子・病原菌の生存^{a)} (1984)

浸漬方法	浸漬月日	浸漬期間(日)と種子・病原菌の生存								
		1	3	5	8	9	13	16	17	23
海中に浸漬	6.15	+	-						-	
〃	7.2	(+)	(+)						(+)	
〃	7.25			-		+	±	-		
				(+)		(+)	(+)	(+)		
海水に浮遊	8.3		-	-	-					
			(+)	(+)	(+)					

a) () 内は種子の生存、その上段は病原菌の生存で、+は生存、-は生存せず、±は根部維管束の一部が黒変していたが、黒変部分から病原菌は分離できなかったことを示す。

分生子はフィアライドの先端から生じ、集合して擬頭状を呈して、無色、単胞、長楕円形~円筒形、2.5-8.0×1.4-3.2 μmであった。また、黒褐色で、垂球形、大きき40-80×30-60 μmの微小菌核を多数生じる。V-1菌株はハクサイ黄化病菌(V-9)と同様に5-30℃で生育し、22-24℃が最適であった。

以上のように、供試菌株のV-1~7の7菌株は、菌叢の色、分生子柄基部細胞の無色、微小菌核の形態、PSA培地上において30℃で生育可能なことから、ハマダイコンからの分離菌(V-1~7)はハクサイ黄化病菌と同じ *Verticillium longisporum* と同定された。V-8菌株は *V. dahliae* のナス系と判定された。

3. 野生のハマダイコンパーティシリウム黒点病の伝染

ハマダイコン罹病莢を23日間海水中に浸漬した莢の種子は27日後に発芽したが、発病しなかった。9日間浸漬した種子では発芽した苗が発病していた。1又は3日間浸漬した罹病莢では7日後に発芽し、その後発病した。また、海水に浮遊させた場合はいつまでも浮いており、8日間浮遊させていたものでも発芽したが、無病徴莢であったためか発病は認められなかった(表2)。

以上の結果から、ハマダイコンの莢中の種子は23日間、パーティシリウム黒点病菌は9日間の間、海中に浸漬した状態で生存できることが判明した。

一方、ハマダイコンの菌核形成莢の種子は318粒中89株が生育して9株が発病し、維管束褐変莢の種子は1685粒中

表3 ハマダイコンパーティシリウム黒点病の種子伝染^{a)}

発病株の莢の症状	種子又は部位	発芽数	発病粒数
無病徴	604(粒)	164(株)	0(粒)
〃	殻	88	0
〃	不良種子	39	0
病徴不明	993	237	0
〃	殻	39	1
〃	不良種子	66	0
導管褐変	1685	269	4
〃	殻	50	0
〃	不良種子	8	0
菌核形成	318	89	9
〃	殻	36	5
〃	不良種子	67	2

a) 1985年5月24日に播種し、7月12日に調査した。

殻、不良種子は無病土に混和後、ダイコンを播種して調査した。

269株が生育して4株が発病した(表3)。また、菌核形成莢の殻と稔実不良種子、病徴不明莢の殻の混和土壤に播種したダイコン(品種:平安早太り時無)も発病し、ダイコンパーティシリウム黒点病と同様の病徴を示した。

考 察

Verticillium. dahliae は多犯性であり、多くの野菜で半身萎凋病やパーティシリウム黒点病の病原菌として、また、雑草も宿主として報告されている(萩原・竹内1985、萩原1983、萩原ら1986、1987、橋本1986、飯嶋1983、北沢・鈴井1980a、1980b)。これまで*Verticillium dahliae* は形態学的特徴や病原性の違いからアブラナ科系、ナス系など7つの系統(5群)に分類されていた(萩原、1990)が、最近、本病菌のゲノム解析などの結果から、*Verticillium dahliae* のアブラナ科系(D群)を*Verticillium longisporum* とし(小池、1998)、その他の系統はこれまでどおり*Verticillium dahliae* としている。

ハクサイ黄化病の伝染源はハクサイ病葉に形成される微小菌核とされているが、雑草も伝染源としての可能性が示唆されている。すなわち、ハクサイ黄化病の圃場やその周辺に自生しているノボロギクから本病菌が分離されたことから、これから野菜への伝染を示唆している(萩原ら、1986)が、ノボロギクでの発病はまれとされている。また、シロザでも同様な報告がある(高林ら、1980)が、症状は軽微で、実際には健全株との区別は難しいとされている。両報告とも自然条件下における種子伝染は確認していない。また、本病菌によるナス、トマト、ヒマワリ、ベニバナなどで種子伝染が知られているが、伝染源としての価値は低いとされている(萩原ら、1987)。

ところが、1982年に岡山県で初発生したハクサイ黄化病の伝染源について、初発生圃場の周辺及び県内の瀬戸内海の沿岸沿いを調査すると、発生圃場の周辺や人家から隔離された浜辺にもハマダイコンが多数自生しており、それらの多くは*Verticillium* sp.による発病がみられ、形態学的な特徴や病原性から、ハクサイ黄化病菌と同じ*Verticillium longisporum* と同定された。

以上のことから、岡山県牛窓町のハクサイの初発生圃場における本病の伝染源は*V. longisporum* が高率に発病しているハマダイコンと判断した。

本病菌は7つの系統に分類されており(萩原、1990)、アブラナ科系(D群)の系統は、ハクサイ、ダイコンに病原性が強く、ナスには無~弱の病原性で、トマト、ピーマンには病原性がない。本試験で供試したハマダイコン、ハクサイからの分離菌のうち、V-1~7はハクサイには強い病原性を示し、ダイコンへの病原性は無~中で

あったが、アブラナ科系(D群)と判定した。一方、V-8はナスに病原性があることや菌の形態から、ナス系(A)と判定した。ダイコンへの病原性が弱かったのは、ダイコンの検定品種である‘若駒’の代わりに‘平安早太り時無’を用いたことによるものと考えられた。

ナス系(A群)の菌株(V-8)が分離されたハマダイコンの自生地笠岡市真鍋島では、ハマダイコンの近くで栽培されているキクに半身萎凋病が多発していた。このキク半身萎凋病がナス系(A群)菌だったので、キクからハマダイコンに伝染したと考えられた。このことから、ハマダイコンはナス系(A群)菌も拡散させる可能性が示唆された。

ハクサイ黄化病の周辺から採取したハマダイコンの種子は、最低23日間は海水中で漂流しても生存できること、パーティシリウム黒点病菌は莢の殻で生存するとともに種子伝染し、海水中で最低9日間は生存できることが明らかになった。普通、ハマダイコン莢は海水中に沈まず浮遊することから、種子、病原菌はさらに長期間生存するものと考えられる。

山口(1984)によると、ハマダイコンは少なくとも弥生時代から自生していて、その自生地は岡山県ばかりではなく、北海道から八重山諸島、硫黄島まで広く分布し、福井県や和歌山県の沿岸では、パーティシリウム黒点病と思われる病害が発生している(私信)とした。また、河野(1986)によると、ハマダイコンはダイコンの栽培種が逸出して野生化したのではなく、元来野生種であると考えられる(私信)とした。これらのことから、ハマダイコンの種子と病原菌は海水によって漂流して、海岸沿いに広く拡散し、たまたま、岡山県のように海岸沿いで栽培していたハクサイに黄化病を引き起こしたものと考えられる。また、ハマダイコンはナス系(A群)菌も海水を介して拡散させる可能性がある。

摘 要

岡山県で発生したハクサイ黄化病の伝染源を検討した。岡山県では、1982年に牛窓町で初めて本病が発生した。その周辺にはハマダイコンが多数自生しており、それらの株の多くは下葉が黄化していた。下葉黄化株の花茎や莢には本病菌特有の菌核が多数形成された。また、これらの病斑からは*Verticillium* sp.が高率に分離され、その形態学的特徴から、*Verticillium longisporum* と同定された。

県内の瀬戸内海の沿岸沿いで栽培されているハクサイのうち、黄化病の発生圃場にはハマダイコンが自生しており、これらの株にはパーティシリウム黒点病の発病がみられた。また、ハマダイコンと本病原菌は海水中でも9日間は生存でき、本病菌が海を介して拡散することが分かった。

これらのことから、海岸近くで栽培されていたハクサイに黄化病が発生したのは、*V. longisporum* に感染していたハマダイコンが伝染源の可能性が高いと考えられる。

引用文献

- 萩原 廣・竹内昭士郎（1985）各地から収集した *Verticillium dahliae* の数種作物に対する寄生性及び形態的特徴。日植病報，51（3）：326.
- 萩原 廣（1983）パーティシリウム病の伝染経路と雑草の役割。植物防疫，37：96-99.
- 萩原 廣・駒田 旦・国安克人（1986）*Verticillium dahliae* による畑地雑草ノボロギクの自然発病。関東病虫研報，33：142-143.
- 萩原 廣・諏訪澄長・駒田 旦・国安克人（1987）*Verticillium dahliae* による畑地雑草シロザの萎ちょう症状について。関東病虫研報，34：95-97.
- 萩原 廣（1990）日本産パーティシリウム病菌 *Verticillium dahliae* の寄生性分化。植物防疫，44：299-303.
- 橋本光司（1986）ナス半身萎ちょう病の種子伝染。関東病虫研報，33：87-89.
- 飯嶋勉（1983）我が国におけるパーティシリウム病の発生現状。植物防疫，37：89-95.
- 北沢健二・鈴木孝仁（1980）*Verticillium dahliae* Klebahn による各種作物の半身萎ちょう病。日植病報，46：267-270.
- 北沢健二・鈴木孝仁（1980）ダイコンのパーティシリウム黒点病。日植病報，46：271-273.
- 小池正徳（1998）パーティシリウム属菌のゲノム解析。植物防疫，52：351-354.
- 高林実・小林紀彦・駒田 旦（1980）ハクサイ黄化病発生圃場に発生する雑草からの *Verticillium* 菌の検出。雑草研究，25：294-296.
- 山口浩文（1984）ハマダイコンにみられる非分裂葉とあざみ葉の地理的分布。育種学雑誌，34（別冊1）：236-237.

Summary

Verticillium wilt caused by *Verticillium longisporum* of Chinese cabbage in Okayama first occurred along the Seto Inland sea in 1982. The disease was also found on Wild Japanese radish (*Raphanus raphanistroides* L., 'hama-daikon') around the Chinese cabbage field. Field survey showed that the weed widely distributed to seaside district, and many of them were infected with *V. longisporum*.

Severe symptom was seen on over-wintered wild radish, of which vascular bundle system turned brown up to flower stalk and flower organ. After maturing stage, in June, a mass of microsclerotia of the pathogen was visible on siliques infected. Isolates of the pathogen from the weed were pathogenic to Chinese cabbage. Consequently, the disease was surmised to be introduced into fields of Chinese cabbage through the wild host. As the weed was considered to spread through siliques drifting on the sea, viability of the pathogen was examined under similar condition. When diseased siliques were immersed in sea water, seeds inside of them were capable of germinating after 23 day's immersion and the disease occurred on plants originated from seeds after 9 day's immersion. Naturally siliques were floatable, and it seemed quite possible that the pathogen on them could survive much more days and could be carried as a source of inoculum.

図版説明

- I-1. 自生ハマダイコンの開花状況
- I-2. ハマダイコンの下葉黄化株
- I-3. ハマダイコン発病株の根の維管束の褐変
- I-4. ハマダイコンの発病花茎
- I-5. ハマダイコンの発病花茎にみられる *Verticillium* sp. の微小菌核
- I-6. ハマダイコンの莢の発病
- I-7. ハマダイコンの発病莢の維管束の褐変
- I-8. ハクサイ黄化病の発生圃場
- I-9. ハクサイ黄化病発病株の根の維管束の褐変

