

アブラナ科野菜根こぶ病とこの防除剤の石灰窒素

岐阜大学名誉教授(元岐阜大学教授 植物病学研究室)

池上 八郎

根こぶ病

わが国で根こぶ病が初めて発生したのは 1892 年頃で、現在は北海道から九州までのほとんど全地域に発生している。

根こぶ病はアブラナ科植物にのみ特異的に発病する典型的な土壌伝染性病害で、一度発生すると、連作によって急速に汚染度が高まって甚だしい被害をもたらす難防除病害のひとつである。

本稿では根こぶ病の解説と石灰窒素の防除効果などについて述べる。

根こぶ病菌

根こぶ病菌の学名の *Plasmiodiophora brassicae* Woronin は世界で最初に根こぶ病についての研究論文を公表したソ連の Woronin が命名している。

休眠孢子

根こぶ病の伝染源である休眠孢子(直径は平均 $3.2\mu\text{m}$)の形成数は夥しく、ハクサイとカブの老化こぶでは生重 1g 当たり約 10 億個にもおよぶ(図版 I-7)。これらが土壌中に分散して不良環境に耐えて根こぶ病の恐るべき伝染源として数年間生存し続け、これが難病といわれる一因でもある。そこで、汚染土壌中の生存休眠孢子数がわかれば、後述の防除手段を決めることができる。この方法には間接法と直接法があり、前者は根毛内遊走子のう集団数の計数(図-1)、後者は蛍光色素染色(図版 I-9,10)とノマルスキー微分干渉顕微鏡下での計数(図版 I-2,11,12)がある。

休眠孢子的発芽

休眠孢子は好条件下ではほとんど休眠期間なしで発芽する。発芽は $6\sim 27^{\circ}\text{C}$ の範囲で起こり、 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ でよく発芽する。pH は $4.0\sim 7.5$ で発芽し、pH 6.0 付近で良好、8.0 では発芽しない。

土壌中で休眠孢子は発芽して一次遊走子を生じ(図版 I-1~3)、これは外界に対する抵抗力は弱く、宿主なしで早急に死滅すると思われる。休眠孢子的発芽促進物質はまだ発見されていないが、早急の発芽が望まれ、これの汚染土壌への施用で菌密度の減少となる。

休眠孢子的生存期間

休眠孢子は土壌中で徐々に発芽して減ってゆくが、アブラナ科野菜を栽培しなくても土壌中に単独で $5\sim 8$ 年間は生存し続け、また水田のような嫌気条件下でも容易に死滅しない。空気の流通不良な土壌では $10\sim 15$ 年間生き延びたという。休眠孢子は水中で 19 ヶ月以上生存するとの報告もあり、水による伝播が示唆される。

休眠孢子的熱耐性

カブ根こぶ病の汚染土をポリ袋に密封し、熱処理後、早生大カブを播種して発病の有無で死滅温度を推定した。 $45^{\circ}\text{C}-5$ 日、 $43^{\circ}\text{C}-20$ 日、 $40^{\circ}\text{C}-30$ 日で死滅し、高汚染土では $47^{\circ}\text{C}-5$ 日、 $45^{\circ}\text{C}-10$ 日で死滅したが、 43°C 以下では死滅しなかったとの報告がある。また、汚染土壌に最大容水量が 100% となるように水を加えて湛水状態として $45^{\circ}\text{C}-5$ 日間で発病が著しく減少し、また汚染土壌とキャベツ病根中の根こぶ病菌は $45^{\circ}\text{C}-48$ 時間以上あるいは $50^{\circ}\text{C}-24$ 時間以上の持続で死滅するとの報告もある。

病徴

根こぶ病の発生時期は春から秋にわたるが、春作では播種 15~20 日目、秋作では 20~25 日目に根こぶ形成による病徴が現れる。本病は日長と関係があり、1 日当たり 16 時間の受光で最も多発生し、11.5 時間以下では発病し難い。初期の病徴は日中のみ萎れ、病状が進むと茎葉は淡黄緑色となり、全体が萎れて生育は衰え、遂には枯死する(図版 II-1)。病根は褐色などに変色して腐敗とともに悪臭を放ち、この悪臭は圃場全体に漂う。

根こぶ病の伝播

汚染圃場由来の休眠孢子を含む降雨、農業用水、水田の灌漑水などは根こぶ病未発生地への重要な伝染をもたらす。

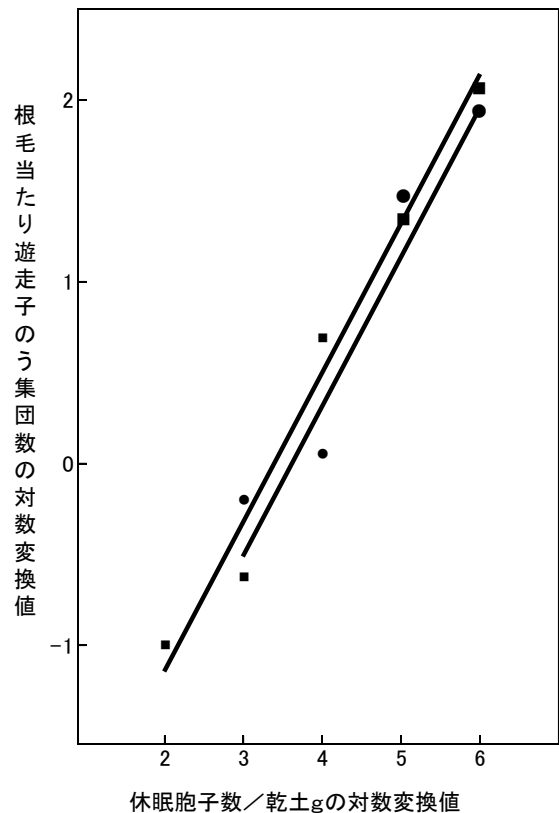


図-1 土壌中の休眠孢子濃度と根毛中の遊走子のう集団数(実験2回)

なわち汚染地帯からの下流水系での本病の伝播は顕著である。

汚染畑を水田に転換し、この水田の稲わらを家畜に踏ませでの厩肥、またアブラナ科野菜の発病株を家畜などにそのままあたえた場合、休眠胞子は消化管を素通りして本病の伝染源になる。根こぶ病発生地の茎葉、また汚染地で栽培した非アブラナ科作物の生産物の不用部の堆肥も伝染源となる。

耕うん機の共同使用による汚染地の土壌が非汚染地への伝播となる場合もある。

発病に関与する条件

土質

キャベツの大生産地である群馬県嬬恋村において、黒色表土では低い根こぶ病菌休眠胞子の密度でも著しい発病をみたが、下層の浮石土と黄褐土では高い菌密度でも発病しないか、発病しても軽微であったとの報告がある。岩手県の造成圃場で、下層土が露出した褐色土壌で根こぶ病の発病抑止現象がみられ、また筆者は1985年、愛知県で道路を挟んで隣り合わせた畑での根こぶ病の多発と無発生圃場を見聞している。

根こぶ病抑止型土壌が実際にあるのか、あるとすればその土壌中に休眠胞子を死滅させる物質、あるいは発芽促進物質の存在などが考えられ、今後、さらなる研究が望まれる。

土壌中の菌量

発病の激しい畑では10～20 cmの深さに休眠胞子は多く、30～40 cmでは少ないとの報告、また土質に関係なく0～5 cmの表層土壌に休眠胞子が多く、20～30 cmの深さまで休眠胞子の存在する圃場が多いとの報告もある。

一般に休眠胞子の密度と根こぶ病の発病との関係は、罹病性の高いアブラナ科野菜では低い密度で、抵抗性のものでは高い密度のとき発病するといえよう。

土壌の水分とpH

根こぶ病の発生は土壌水分が80%以上で多く、60%ではやや少なく、40%でさらに少なく、20%で全くみられない。

わが国の研究では発病の最適pHは5.0付近で、7.0以上で発病は極めて少なくなり、7.2～7.4が発病への限界である。

前述から土壌pHが中性から弱アルカリ性で根こぶ病の発生を効果的に抑制できる。根こぶ病の発生はアブラナ科野菜の播種または定植後20日ぐらいまでの期間の土壌pHと関係が深く、この幼苗期の一次遊走子による根毛感染と二次遊走子による主根と側根への皮層感染(図版I-3～5)はpH7.2～7.4ぐらいで阻止されよう。

防除

根こぶ病根の処分

昼間のみ萎ちょうの発病初期の若い病根、その後でも病根の腐敗前に残らず掘り出して処分することが最も確実な防除法といえよう。また、圃場のナズナなどのアブラナ科雑草も同様に処分する。

輪作とおとり作物

表-1は濃厚汚染圃場におけるハクサイとダイコンの連作実験の結果である。ハクサイ連作区での発病率と発病度は連作のAとBにおいて、また年度により差があったが、全体的に毎年高い発病程度を示したのに対して、ダイコン連作区では1978年の春作に対して秋作では発病がかなり少なく、1979～1980年ではさらに著しく少なく、1981年の春作から無発病になった。

1982年はハクサイとダイコンともに春作は4月17日播で図版II-9,10は5月20日の生育状況である。

抵抗性品種の栽培

根こぶ病抵抗性品種は根毛感染までで、増殖過程である皮層感染による根こぶ形成は抑制される。すなわち、これらの品種の栽培によって休眠胞子の発芽を誘導し、その結果として土壌中の菌密度を低減させる働きも持っているといえる。

わが国における根こぶ病抵抗性品種はハクサイ、ツケナ、キャベツ、カブ、ブロッコリーなど計120品種以上が育成され普及している。抵抗性品種の罹病化は地域によって問題となっており、これらを侵す菌系と侵さない菌系の存在もみられ、また高温で抵抗性遺伝子の発現が弱まったとの報告もある。

表-1 濃厚汚染圃場で連作したハクサイとダイコンの根こぶ病の発生状況

項目	連作	1978年		1979年		1980年		1981年		1982年		
		春作	秋作	春作	秋作	春作	秋作	春作	秋作	春作	秋作	
ハクサイ (五十日 白菜)	発病率%	A	100.0	95.5	99.2	68.5	69.2	83.5	53.4	41.0	55.4	34.4
		B	94.1	89.1	97.9	56.5	85.6	97.5	80.2	70.6	94.8	92.4
	発病度	A	98.4	90.5	94.2	44.0	50.6	64.3	37.6	23.4	46.2	25.7
		B	97.4	81.7	85.2	29.6	67.1	92.4	57.8	45.9	90.9	81.7
ダイコン (春蒔美濃 早生大根)	発病率%	A	43.0	28.1	3.9	2.2	2.5	2.3	0	0	0	0
		B	62.8	22.1	7.6	2.9	3.6	3.8	0	0	0	0
	発病度	A	10.4	2.9	0.4	0.2	0.3	0.2	0	0	0	0
		B	35.4	6.7	0.8	0.3	0.4	0.6	0	0	0	0

薬剤防除

わが国で 2010 年3月5日現在、登録となり市販されている根こぶ病防除薬剤は各種あるが、根こぶ病防除と根こぶ病菌への作用機作について次のような報告がある。TPN 剤は土壤残留性が低く、施用後およそ 40 日でほとんど本剤は土壤中で消失する。フルアジナム剤は休眠胞子に殺菌的に作用し、根毛感染と皮層感染を抑制する。また、フルスルファミド剤は休眠胞子の発芽と根毛感染を抑制するとの報告がある。

石灰窒素

石灰窒素を土壤に施用すると加水分解して主成分に由来するシアナミド(H_2CN_2)となり、これが土壤中の病原菌、センチュウ、害虫、雑草などの防除への農業効果を発揮する。

露地・石灰窒素法

この方法は汚染圃場の菌密度が比較的低い場合(生存休眠胞子 $10^3 \sim 10^4$ / 乾土 g)に効果的である。

表-2は 2004~2006 年、露地・石灰窒素法によるハクサイとキャベツの根こぶ病の日植防委託試験をまとめたものである。根こぶ病汚染圃場で定植前に石灰窒素を全面土壤混和している。試験の結果は石灰窒素施用区は無施用区と比べて全試験において「実用性がある」との結論となっており、薬害は認められなかった。

表-2 露地・石灰窒素法による根こぶ病の防除試験

試験年	発生状況	石灰窒素 10a 当たり (kg)	施用月/日	施用後定植までの日数	試験地 府県	試験年	発生状況	石灰窒素 10a 当たり (kg)	施用月/日	施用後定植までの日数	試験地 府県
2004	多	100 200	4月6日	15	京都府	2004	甚	100	4月7日	8	愛知県
2005	甚	100	4月18日	7	三重県	2006	多	220	5月1日	7	秋田県
2006	中	200	4月26日	20	京都府	2004	中	100 200	6月11日	14	岩手県
2005	中	100	6月19日	14	岩手県	2006	少	100	6月25日	14	岩手県
2006	中	200	6月25日	14	岩手県	2004	甚	100	7月26日	8	秋田県
2005	中	100	7月29日	14	京都府	2006	少	100	8月8日	23	京都府
2004	甚	100	8月11日	10	岩手県	2006	中	100	8月30日	7	和歌山
2006	甚	100 200	8月30日	7	和歌山	2006	甚	100 200	8月31日	16	大阪府
2004	多	100 200	9月10日	5	和歌山	2004	甚	100	9月3日	8	大阪府
						2004	中	100 200	9月10日	5	和歌山

露地・石灰窒素・薬剤法

この方法は汚染圃場の菌密度がかなり高い場合に行われている。

表-3は露地・石灰窒素・農業法の防除試験で、いずれも根こぶ病汚染圃場に石灰窒素を全面土壤混和して 10~15 日経過後、根こぶ病防除薬剤を播種か定植前に施用した。各試験ともに石灰窒素単独の場合より薬剤の併用によって高い防除効果があった。なお、ダゾメット剤では土壤施用後 13~14 日間ビニール被覆をして除去後、2回ガス抜きをした後、播種することで効果大となった。

太陽熱・石灰窒素法

この方法は土壤を湛水状態にし、ビニール被覆内の空気と土壤を暖め、主に熱によって土壤中の耐久性の胞子や菌核の病原菌、種々な害虫の卵、幼虫、蛹、雑草の種子などを殺滅する太陽熱処理に加えて、石灰窒素と牛ふん、鶏ふん、稲わらなどを同時に汚染土壤にすき込んでビニール被覆によりさらに根こぶ病の防除効果を増す方法である。

太陽熱・石灰窒素・農業法

この方法は根こぶ病汚染圃場において、菌密度がかなり高い場合(生存休眠胞子 10^6 以上 / 乾土 g)に有効である。

愛知県でのハクサイ根こぶ病について、夏の普通年に石灰窒素(150 kg / 10a)と稲わら(1t / 10a)として、7月 26 日から 33 日間ビニール被覆し、ハクサイを播種前日に当時使用されていた農業のトリクラミド剤を施用した結果、根こぶを完全に防除している。

表-6 露地・石灰窒素・農薬法による根こぶ病の防除試験

野菜・作物	石灰窒素 10a 当たり kg	農 薬	研究者, 年
ハクサイ	100.0	NK-483 剤、ダゾメット剤	小出ら, 1981
ナバナ	100.0	トリクラミド剤	内山ら, 1991
ハクサイ	100.0	TNP 剤、フルアジナム剤	千原ら, 1993

まとめ

予防

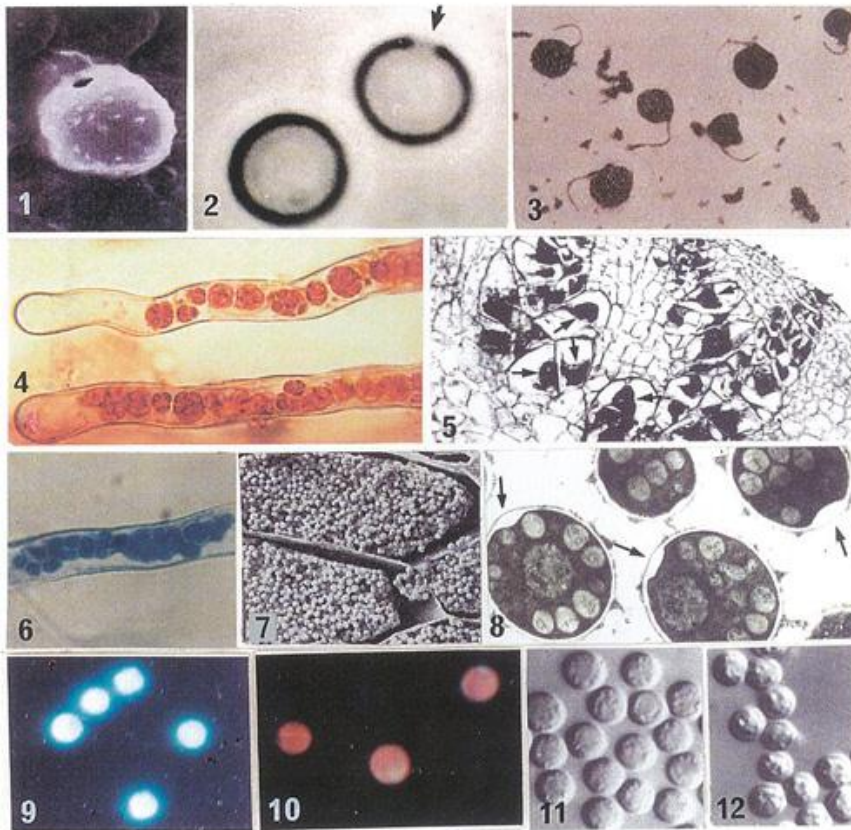
アブラナ科野菜の根こぶ病の伝播法などを熟知して、圃場で根こぶ病が発生しないように常時心がける。

防除

汚染圃場となった場合は休眠孢子密度が増えないように、また減るように種々な方法を実施する。これは生活環における土壌中の休眠孢子、一次遊走子および二次遊走子を種々な方法で殺滅することである。

最後に、汚染圃場における生存休眠孢子数を蛍光色素染色法などの検診法で知り、菌密度に応じた防除手段を講じることが重要である。

すなわち、菌密度が比較的低い圃場からかなり高い圃場に対して、石灰窒素法 → 石灰窒素・農薬法 → 太陽熱・石灰窒素法 → 太陽熱・石灰窒素・農薬法で対応できよう。



図版 - I

- 1: 発芽孔のある休眠孢子、
- 2: 発芽した空休眠孢子で
矢印は発芽孔、 3: 一次
遊走子(鞭毛染色で褐色、
成田・西山)、 4: カブ根毛
内の成熟した二次遊走子
のう(中性赤で染色、松宮)
- 5: 二次変形体(矢印)のある
肥大細胞、
- 6: スイカの根毛内二次遊走
子のう集団(コットン青で染
色)、 7: 感染細胞内に充
満した成熟休眠孢子、
- 8: 休眠孢子の矢印は発芽
孔部分、 9・10: 蛍光色素
染色した青色(生存)と赤色
(致死)休眠孢子、 11・12:
11が生存、12は60℃・10分
処理の顆粒の目立つ致死
休眠孢子

注) 1・7: 走査型電顕写真、
8: 超薄切片電顕写真、
2・11・12: ノマルスキー微分
干渉顕微鏡写真、
3・4・5・6・9・10: 光顕写真



図版一Ⅱ

「アブラナ科野菜根こぶ病とこの防除剤の石灰窒素」

- 1: 激しく罹病したハクサイ、
- 2: 罹病して著しい生育障害を受けたキャベツ、
- 3～7: 順にハクサイ、キャベツ、カブ、ダイコンおよびナズナ、
- 8: 赤カブの病根、
- 9・10: 濃厚汚染圃場で年2回、4年間、8回連作した
- 9が生育良好な「おとり植物」のダイコン、
- 10は生育不良の罹病ハクサイ